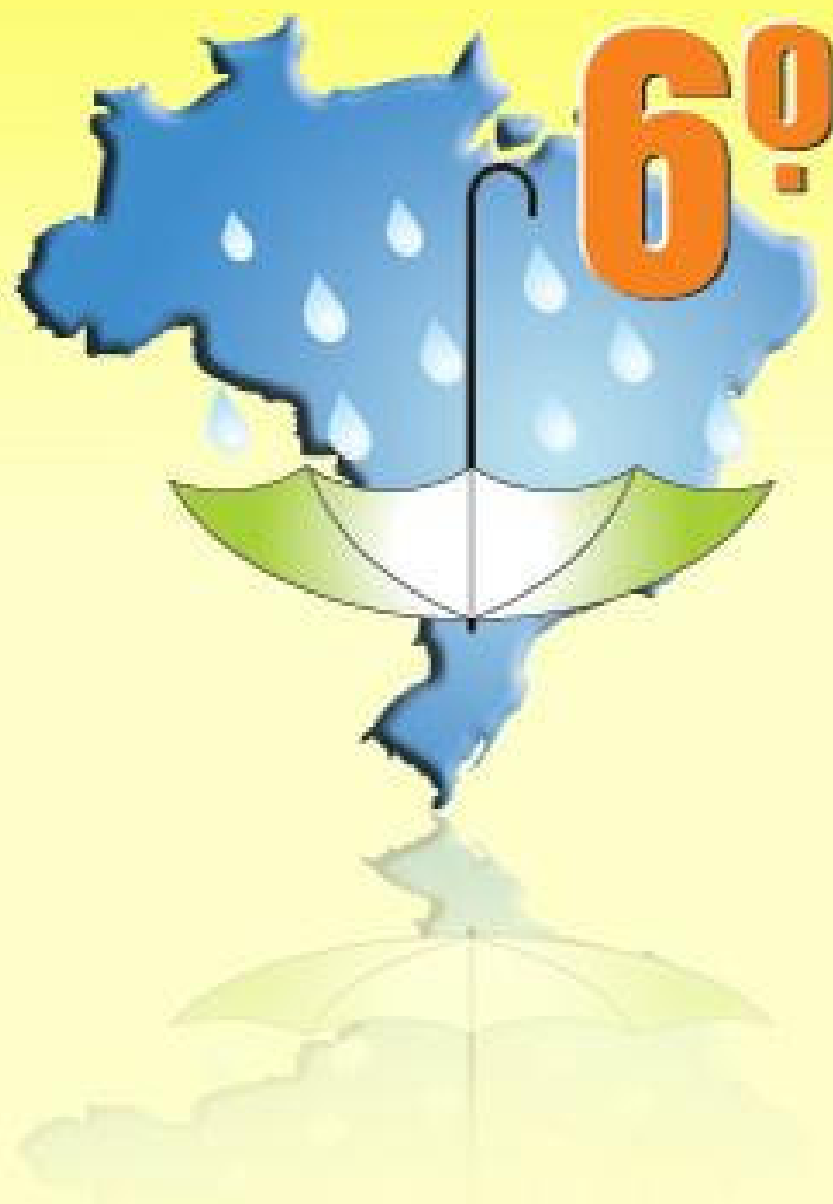




Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva

ORGANIZAÇÃO





**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**EFEITO DO MANEJO DO SOLO NA CONTENÇÃO DO ESCOAMENTO
SUPERFICIAL NO SEMI-ÁRIDO**

Thais Emanuelle Monteiro dos Santos¹; Abelardo Antonio de Assunção Montenegro²;
Valdemir de Paula e Silva Junior³; Júlio José do Nascimento Silva⁴.

¹ Av.Boa Viagem n.3196, CEP: 51020-001, Recife-PE.

Resumo:

O presente trabalho tem por objetivo avaliar o efeito de diferentes formas de manejo do solo na contenção do escoamento superficial. O estudo foi desenvolvido na Bacia representativa do Riacho Mimoso, no semi-árido pernambucano. Foram estabelecidos os seguintes tratamentos de manejo do solo, distribuídos ao acaso, em três repetições: feijoeiro cultivado em nível (N1) com barramentos de pedra entre cada fileira de plantio do feijoeiro, no espaçamento de 0,5 m; feijoeiro cultivado morro abaixo (MA) e feijoeiro em nível com cobertura morta (CM). A intensidade da chuva simulada foi de 60 mm/h. Com base nos dados de coleta do material de enxurrada observou-se que as proteções fornecidas pela cobertura morta e pelo barramento em pedra reduziram a velocidade da enxurrada e aumentaram a capacidade de retenção e de infiltração de água no solo, com reduções médias de 73,25 e 34,76%, respectivamente, em relação à condição morro abaixo.

Palavras-chave: práticas conservacionistas; infiltração; erosão do solo.

1. Introdução

A utilização do solo pela agricultura, em geral, vem sendo feita de maneira inadequada no que se refere às práticas de manejo, ocasionando um acelerado empobrecimento das terras agrícolas pela erosão (Lopes et al., 1987). A erosão causa, também, problemas na qualidade e disponibilidade de água, decorrentes da poluição e do assoreamento dos cursos de água, favorecendo a ocorrência de enchentes, no período chuvoso, e a escassez de água no período de estiagem (Carvalho et al., 2003). O processo erosivo causado pela água das chuvas tem principal abrangência nas áreas com clima tropical, onde os totais pluviométricos são bem mais elevados do que em outras partes do Planeta. Além disso, em muitas dessas áreas, as chuvas concentram-se em certas estações do ano, o que agrava, ainda mais, a erosão.

O uso de práticas conservacionistas como a construção de barramentos ou pequenos diques é uma das formas de controlar a erosão em terrenos onde os fatores chuva, solo e topografia favoreçam a sua aceleração. Nas áreas onde ocorre a erosão laminar (entressulcos), em que a energia de impacto das gotas de chuva é fundamental no processo de desagregação, os resíduos vegetais na superfície podem reduzir consideravelmente a erosão hídrica. A erosão entressulcos, torna-se importante pelo transporte do escoamento superficial, por arraste e suspensão das partículas superficiais desagregadas do solo (sedimentos), onde se encontram a matéria orgânica e os nutrientes fundamentais para a produção agrícola. Portanto a utilização destes diques permite o acúmulo de sedimentos, conseqüentemente o armazenamento de água e de solo, recuperando encostas degradadas permitindo o desenvolvimento vegetal (Montenegro et al., 2005).

Silva et al. (2005), analisando as perdas de solo e água em um Argissolo Vermelho Amarelo para diferentes percentagens de cobertura do solo, encontraram redução de 99% nas perdas de solo para um percentual de cobertura de 88%. Castro et al. (2006) encontraram 80% de perda de água nas parcelas sem cobertura vegetal em relação às com cobertura. Por esta razão, a cobertura do solo por resíduos culturais assume grande importância junto ao papel desempenhado pela rugosidade superficial em termos de redução da erosão hídrica, uma vez que ela protege a superfície do solo contra a ação de impacto direto das gotas da chuva. O uso do plantio em nível em substituição ao morro abaixo se tem mostrado eficiente no controle das perdas por erosão hídrica, como constataram Albuquerque et al. (2002). Estes mesmos autores, analisando os efeitos do manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas sobre perdas por erosão hídrica de um Luvisolo Crômico Órtico, encontraram redução de 53,4% para o cultivo em nível em relação àquele em desnível.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de práticas conservacionistas nas perdas de água por erosão hídrica, num Neossolo Flúvico, na região semi-árida de Pernambuco.

2. Metodologia

O experimento foi desenvolvido numa encosta com 6% de declividade, localizada na Bacia Representativa do Alto Ipanema. A bacia está situada no município de Pesqueira, localiza-se entre 08° 34' 17" e 08° 18' 11" de Latitude Sul, e 37° 01' 35" e 36° 47' 20" de Longitude, na região oeste do Agreste do Estado de Pernambuco, e exhibe clima semi-árido muito quente tipo Estepe, segundo Köppen. A precipitação média anual na região é de 730 mm, a temperatura média é de 23°C e a evapotranspiração é de cerca de 1683 mm (Montenegro & Montenegro, 2006). A vegetação predominante é a caatinga hipoxerófila, cactáceas e bromeliáceas. Os principais solos presentes são Arenoso, Litólico, Bruno não-cálcico, Planossolo, Podzólico Vermelho-Amarelo, e Regossolo (Montenegro et al., 2004).

Foram estabelecidos os seguintes tratamentos de manejo do solo, distribuídos ao acaso, em três repetições: feijoeiro cultivado em nível com barramentos de pedra entre cada fileira de plantio do feijoeiro, no espaçamento de 0,5 m (N1); feijoeiro cultivado morro abaixo (MA) e feijoeiro em nível com cobertura morta (CM). A unidade experimental foi constituída por uma parcela com 1x3 m, com a maior dimensão no sentido do declive, construídas com chapas metálicas de 20 cm de altura, sendo aproximadamente 10 cm cravados no solo, as quais possuíam na parte inferior uma calha de PVC, com 75mm de diâmetro, para coleta da enxurrada

Cada parcela experimental recebeu um total de três chuvas simuladas. A primeira foi realizada vinte dias após a semeadura, e a partir daí em intervalos regulares de 30 dias durante o ciclo do feijoeiro, correspondendo às seguintes fases fenológicas da cultura: crescimento, floração e o período de enchimento das vagens. Cada simulação de chuva teve intensidade constante de 60 mm/h, com duração de 80 minutos, utilizando-se para isso um simulador de chuvas.

2.1 Avaliação das taxas de perda e taxas de desagregação do solo

A intensidade de precipitação foi aferida através de uma malha composta por 14 pluviômetros espalhados ao redor da área útil das parcelas, cada pluviômetro possui as seguintes dimensões: 100 mm de diâmetro e 21 mm de altura. Após os testes mediu-se o

conteúdo dos pluviômetros com proveta, conseqüentemente obteve-se a intensidade de precipitação segundo a equação:

$$I = (V/A)/t \quad (1)$$

sendo, I = Intensidade de precipitação em mm/h; V = volume médio de chuva coletado nos pluviômetros em mm³; A = área dos pluviômetros em mm²; t = tempo de precipitação em horas.

A taxa de infiltração foi obtida pela diferença entre a intensidade de precipitação e a taxa de escoamento superficial resultante (Brandão et al., 2006). As taxas de perdas totais de água foram avaliadas a partir do percentual de chuva aplicada.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, sendo a subparcela a fase fenológica na qual a cultura se encontrava, podendo ser crescimento, floração ou vagens. O delineamento foi composto por seis tratamentos e três repetições durante as três fases de desenvolvimento da cultura, resultando num total de 54 ensaios de chuva simulada.

Foi observada a influência entre a fase fenológica, a qual se encontrava a cultura e os tratamentos aplicados nos resultados dos parâmetros avaliados, através do teste de análise de variância (ANOVA).

A análise estatística foi realizada utilizando-se o programa SAS- Statistical Analytical System (SAS Institute, 1998). A comparação entre as médias de tratamentos foi realizada pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

3. Resultados

Na Tabela 1 encontram-se os valores de taxa de infiltração básica (mm/h). A parcela com cobertura morta apresentou os maiores valores, com diferença significativa entre as médias dos tratamentos. Na fase de crescimento, as reduções das parcelas com cobertura morta foram de 42,47 e 74,22% em relação aos tratamentos N e MA, respectivamente.

As Figuras 1a e 1b ilustram que a proteção fornecida pelos barramentos e pela cobertura morta, respectivamente, reduziu a velocidade da enxurrada e aumentou a capacidade de retenção e de infiltração de água no solo, o que concorda com as verificações de Bertol (1994) e Schick et al. (2000). Os valores de infiltração de N1 e CM são considerados altos, segundo classificação sugerida por Reichardt (1990).

Tabela 1. Taxa de infiltração básica (mm/h) nas diferentes práticas conservacionistas estudadas, para as diferentes fases de desenvolvimento da cultura do feijoeiro.

Tratamento	Crescimento	Florescimento	Vagens
Nível	32,12 bA	27,83 bA	15,26 bB
Morro abaixo	14,39 cA	10,41 cA	9,66 bA
Cobertura morta	55,84 aA	44,36 abAB	36,01 aB

C.V.: 10,84%. Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna e de letras maiúsculas na mesma linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.



Figuras 1a e 1b. Plantio em nível com utilização de barramentos de pedra, e plantio em nível com cobertura morta respectivamente.

Na Figura 2 encontram-se os valores de taxas de infiltração durante o ciclo da cultura do feijoeiro, nos diferentes tratamentos. Considerando-se que a infiltração reflete as condições físicas do solo, como estrutura, porosidade e ausência de camadas compactadas (Centurion et al, 2001), deduz-se que nos solos estudados a infiltração sofreu modificações, em função do manejo adotado em cada parcela. Observa-se que os valores iniciais de taxa de infiltração de água no solo foram elevados em todos os tratamentos, o que pode ser devido principalmente pelo baixo teor de umidade do solo no momento de realização dos testes de infiltração (Tabela 2). Bertol et al. (2001) e Cruz et al. (2003), verificando taxas de infiltração de água no solo sob diferentes sistemas de manejo, também encontraram altos valores de infiltração inicial com rápido decréscimo, para solos com baixos valores de umidade inicial. Ainda percebe-se que a taxa de infiltração do solo sob cobertura morta e nível apresentam-se mais elevadas em relação condição morro abaixo. O aumento da infiltração foi favorecido pela presença de barreiras físicas e de cobertura vegetal, evitando a desagregação provocada pelo

impacto das gotas de chuva e a formação do selamento superficial, conseqüentemente, resultando numa redução do escoamento superficial (Silva et al., 2005).

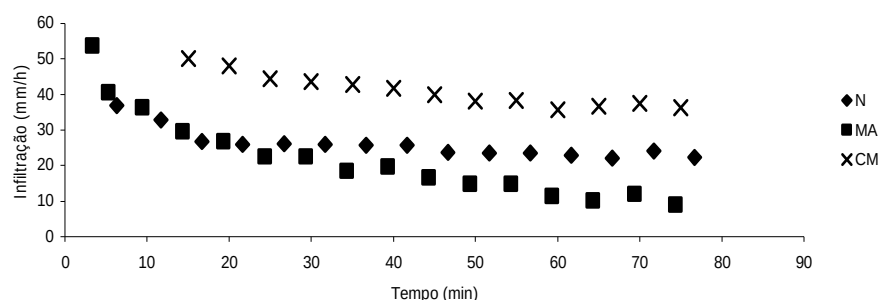


Figura 2. Taxas de infiltração obtidas para as diferentes formas de manejo do solo durante ciclo do feijoeiro.

No tocante ao escoamento superficial, houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos (Tabela 2). A condição com cobertura morta, mais uma vez apresentou as menores taxas erosivas, com redução média durante o ciclo de 73,25% em relação à condição morro abaixo. Da mesma forma a condição em nível apresentou-se mais eficiente na contenção do escoamento superficial, reduzindo em média 34,76% o deflúvio, em relação à condição MA. Observa-se então que a condição de Morro a Baixo (MA), mostrou-se mais favorável à geração de escoamento e transporte de sedimentos, aumentando assim, o risco de erosão (Figura 3).

Na fase de crescimento, não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos onde não havia prática conservacionista.

Tabela 2. Escoamento superficial (mm/h) nas diferentes práticas conservacionistas estudadas, para as diferentes fases de desenvolvimento da cultura do feijoeiro.

Tratamento	Crescimento	Florescimento	Vagens
Nível	25,26 cA	37,71 bA	31,91 bA
Morro abaixo	43,15 abA	55,33 aA	46,24 aA
Cobertura morta	5,27 dB	15,75 cA	18,28 cA

C.V.: 7.74%. Médias seguidas de letras minúsculas na mesma coluna e de letras maiúsculas na mesma linha, não diferem entre si, ao nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey.



Escoamento superficial.

Figura 3. Escoamento superficial em condição de plantio de Morro a Baixo.

4. Conclusões

A proteção fornecida tanto pela cobertura morta como pelo barramento em pedra (pequenos diques) reduziu a velocidade da enxurrada e aumentaram a capacidade de retenção e de infiltração de água no solo, com reduções médias de 73,25 e 34,76%, respectivamente, em relação à condição morro abaixo;

Tais metodologias constituem-se em opções promissoras para conservação do solo em áreas de agricultura familiar, requerendo baixos investimentos para suas aplicações.

5. Referências bibliográficas

- ALBUQUERQUE, A. W.; NETO, F. L.; 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, v.6, n.1, p.136-141, 2002.
- BERTOL, I. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico distrófico sob diferentes preparos de solo e rotação de cultura. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.18, n.2, p.267-271, 1994.
- BERTOL, I.; BEUTLER, J.F.; LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. Scientia Agrícola, v.58, n.3, p.555-560, 2001
- BRANDÃO, V.S.; CECÍLIO, R.A.; PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D. Infiltração da Água no Solo. 3 ed. Viçosa, UFV, 2006. 120p.

CARVALHO, D. F.; MONTEBELLER, C.A.; CRUZ, E.S.; LANA, A.M.Q.; SILVA, W.A. Efeito da Cobertura Morta e do Preparo do terreno nas perdas de Solo e Água em um Argissolo Vermelho-Amarelo. Engenharia na Agricultura. Viçosa, v.11, n.1-4, p. 15-22, 2003.

CASTRO, L.G.; COGO, N.P.; VOLK, L.R.S. Alterações na rugosidade superficial do Solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. Revista Brasileira Ciência do Solo, v.30, n.3, p.339-352, 2006.

CENTURION, J.F.; CARDOSO, J.P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5, n.2, p.254-258, 2001.

CRUZ, A. C. R.; PAULETTO, E. A.; FLORES, C. A.; SILVA, J. B. Atributos físicos e carbono orgânico de um Argissolo Vermelho sob sistemas de manejo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 27, n.6, p.1105-1112, 2003.

LOPES, P.R.C.; COGO, N.P.; CASSOL, E.A. Influência da cobertura vegetal morta na redução da velocidade da enxurrada e na distribuição dos sedimentos transportados. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.11, n.1, p.193-197, 1987.

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.

MONTENEGRO, A.A.A.; MONTENEGRO, S.M.G.L.; ANDRADE, T. S.; COSTA NETO, M., L., Programa de Educação Ambiental com Enfoque na Água Subterrânea. Apostila Preparada para o(a)s Professores(a)s pelo Projeto KaR/DFID. 82p, 2005.

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, v.10, n.1, p.30-37, 2006.

REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. Ed. Manole. Piracaba, 1990. 188p.

SAS Institute, Inc. The SAS System for windows: Release v. 6.8, Cary, 1998. 1 CD-ROM.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O. & BALBINOT JR., A.A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.24, n.4, p.427-436, 2000.

SILVA, D. D.; PRUSKI, F.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; AMORIM, R.S.S.; PAIVA, K.W.N. efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho Amarelo utilizando simulador de chuva. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.2, p.409-419. 2005.



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE ÁGUA DE CHUVA ARMAZENADA EM CISTERNAS DE PLACAS, CONSTRUÍDAS EM COMUNIDADES RURAIS DO MUNICÍPIO DE ARAÇUAÍ-MG.

Carolina Ventura da Silva ⁽¹⁾

Nutricionista formada pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Valter Lúcio de Pádua

Engenheiro Civil formado pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC - USP). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.

Endereço ⁽¹⁾: Avenida Coronel Aristides Bittencourt, 02/101. B. Silvestre. Viçosa – MG. CEP: 36570-000. Email: carolventurasilva@yahoo.com.br

Resumo: O objetivo do presente estudo foi avaliar a qualidade microbiológica da água de chuva destinada ao consumo humano, armazenada em cisternas de placas, construídas em comunidades rurais de Araçuaí, município localizado no Médio Jequitinhonha, MG. Procurou-se também verificar o estado de conservação das cisternas, assim como os cuidados dos proprietários durante os processos de captação e armazenamento da água de chuva, relacionando-os com a qualidade da água. Para isso, realizou-se um monitoramento no período de agosto de 2005 a fevereiro de 2006 de coliformes totais e de *E.coli*, comparando os resultados da qualidade da água de chuva armazenada em cisternas de placas com a legislação pertinente à potabilidade da água para o consumo humano (Portaria 518/04, do Ministério da Saúde), onde se estabelece que deve haver a ausência de indicadores de contaminação fecal (*Escherichia coli*). Dos 112 resultados obtidos no monitoramento, aproximadamente 70% apresentou resultados insatisfatórios de acordo com a Portaria 518, sendo a maior parte (75%) pertencente às cisternas que já estavam armazenando mais de um ciclo de chuva, ou seja, possuíam mais de um ano de construção. Uma explicação para isso seria o mau estado de conservação dessas cisternas, com a presença de rachaduras/vazamentos (52% das cisternas), tampas entortadas pelo calor do sol, formando fendas; e o não-cumprimento de alguns cuidados durante o armazenamento da água, como a não-realização da cloração da água, como medida de desinfecção. Concluiu-se que é necessário rever os processos construtivos das cisternas de placas e também das atividades de educação sanitária passadas para a

população, que devem ser enfáticas e constantes, para passarem a fazer parte da rotina dos moradores.

Palavras-chave: água de chuva; qualidade microbiológica, medidas de proteção sanitária, educação sanitária.

Qualidade microbiológica de água de chuva armazenada em cisternas de placas, construídas em comunidades rurais do município de Araçuaí-MG.

1. Introdução

De acordo com dados da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2000), ainda existe cerca de 1,1 bilhão de pessoas sem acesso a um sistema de abastecimento de água adequado e, com o crescente desenvolvimento mundial, estima-se que até o ano 2025 a população atingirá aproximadamente 8 bilhões de habitantes, o que significa que mais pessoas estarão expostas à incerteza de possuir (ou não) água diariamente para o consumo humano.

Situação mais grave é encontrada principalmente em zonas rurais de regiões de climas árido e semi-árido. Nesses locais, o período chuvoso é curto e os mananciais tornam-se escassos durante vários meses ao ano, devido à elevada taxa de evapotranspiração. Então, para obter água para o consumo diário, os moradores têm que recorrer a fontes de água mais próximas, o que não significa que essa se encontra realmente perto de suas residências; e levam para casa uma água, que por sua vez, possui qualidade duvidosa.

Como alternativa para suprir a carência de água para as pessoas que convivem com a seca, têm-se utilizado soluções alternativas de abastecimento, como açudes, poços, cacimbas, e sistema de captação/armazenamento de água de chuva em cisternas.

O sistema de captação e armazenamento de água de chuva em cisternas é uma forma simples de obtenção de água, e tem sido amplamente adotado em todo o mundo há vários séculos para o consumo humano. Consegue-se, mesmo com o baixo índice pluviométrico típico de regiões semi-áridas, uma quantidade de água capaz de suprir as necessidades básicas de uma família, para beber e cozinhar, durante o período de maior escassez.

O governo federal, por meio da Articulação no Semi-Árido Brasileiro (ASA), criou em 2000 o “Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC”. O programa tem como meta principal a construção de 1

milhão de cisternas até 2010, beneficiando aproximadamente 5 milhões de pessoas residentes em locais de difícil acesso à água (BRASIL, 2004a). Até março de 2006, já tinham sido construídas 143 mil cisternas, com a aplicação de 235 milhões de reais pelo Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome, atendendo a 586 mil pessoas (BRASIL, 2006). No entanto, apesar de amenizar o problema de quantidade de água para a população de zonas rurais, principalmente do semi-árido, no que diz respeito à qualidade da água para consumo humano, a questão precisa ser melhor estudada.

Para tornar a água de chuva armazenada em cisternas adequada para o consumo humano, torna-se necessária a adoção de medidas preventivas a fim de evitar contaminações, divididas basicamente, em dois grupos: fazer uso de ações para criar uma barreira física aos possíveis contaminantes e a aplicar formas de tratamentos da água da cisterna (AMORIM e PORTO, 2003).

As barreiras físicas são medidas que buscam evitar a entrada de agentes poluidores nas cisternas, como folhas, animais e matérias particuladas que possam estar presentes no telhado/superfície de captação. Algumas dessas medidas são: limpeza periódica e manutenção do sistema de coleta e da cisterna; desvio da primeira água; retirada da água evitando a utilização de baldes e cordas; telamento das entradas e saídas das cisternas, além da verificação da existência de rachaduras e problemas com as tampas das cisternas, que podem se tornar portas de entradas para contaminantes (AMORIM e PORTO, 2003). Ainda assim, por ser um sistema aberto, a água de chuva armazenada em cisternas está sujeita a recontaminações, principalmente se a retirada da água for manual (baldes e cordas), o que implica na constante abertura da cisterna, possibilitando a entrada de agentes contaminantes.

Após o processo de captação, a água de chuva destinada ao consumo humano deve passar por tratamento adequado, a fim de remover a contaminação microbológica e torná-la potável. O método mais freqüentemente adotado é a cloração, por ser considerada uma alternativa simples, relativamente barata e por ter atividade residual. Dentre outras formas de desinfecção, pode-se citar a fervura e a desinfecção solar (SODIS).

2. Metodologia

O monitoramento da qualidade microbológica de água de chuva foi realizado mensalmente, com 16 amostras armazenadas em cisternas, em duas comunidades rurais de Araçuaí,

município localizado no Médio Jequitinhonha, MG, durante sete meses (agosto de 2005 a fevereiro de 2006).

Os indicadores de contaminação fecal analisados foram os coliformes totais e *Escherichia coli*, como é recomendado pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde para água destinada ao consumo humano. A quantificação dos coliformes totais e *E.coli* foi realizada pela utilização do teste enzimático Colilert® (9223B), citado no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998).

Paralelamente ao monitoramento microbiológico, realizou-se uma atividade de cadastramento das cisternas construídas em Araçuaí (20 a 29 de julho de 2006), para quantificar as cisternas, assim como para conferir as técnicas de construção utilizadas na região. Durante o cadastro, verificou-se o estado de conservação dos sistemas de captação e de armazenamento de água de chuva, como também os cuidados dos moradores com o tratamento da água e a manutenção das cisternas, para relacionar a análise visual com os dados de qualidade microbiológica.

3. Resultados

As Figuras 1 e 2 ilustram as médias geométricas mensais de coliformes totais e *E.coli* das 16 cisternas analisadas. Percebe-se que a qualidade da água de chuva varia muito entre as unidades, apresentando dados bastante heterogêneos. Por ser uma fonte de água uni - familiar, as cisternas podem receber cuidados diferenciados entre os proprietários, o que, por sua vez, podem influenciar na qualidade microbiológica das mesmas.

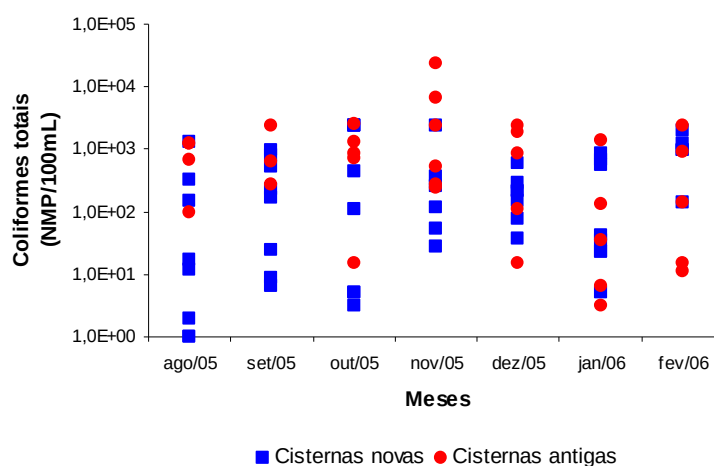


Figura 1 – Médias geométricas dos sete meses de monitoramento de coliformes totais das 16 cisternas analisadas em Araçuaí, MG.

Por ser a *E.coli* o microrganismo mais indicado para verificar a contaminação fecal, a discussão a seguir foi baseada apenas na detecção dessa.

A Tabela 1 apresenta os dados do monitoramento de *E.coli* durante os sete meses de coleta e as médias geométricas de cada cisterna. Dos 112 resultados obtidos, aproximadamente 70% apresentou resultados insatisfatórios de acordo com a Portaria 518/2004 (BRASIL, 2004b), isto é, houve a detecção de *E.coli* 78 vezes nos dados do monitoramento.

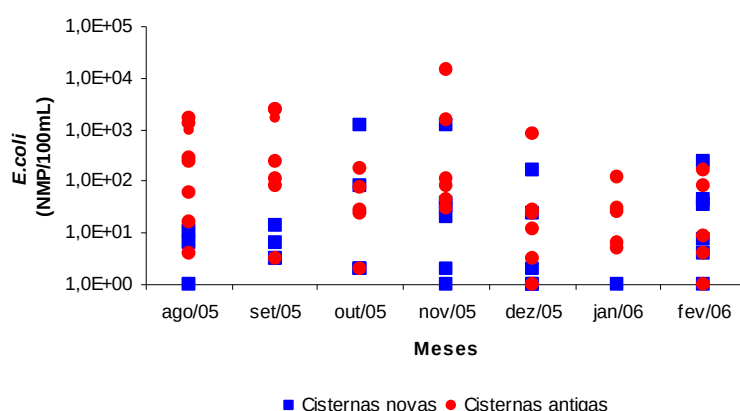


Figura 2 – Médias geométricas dos sete meses de monitoramento de *E.coli* das 16 cisternas analisadas em Araçaí, MG.

Tabela 1 – Resultado do monitoramento da qualidade microbiológica da água de chuva armazenada em cisternas, através da quantificação de *E.coli*.

COLETA	ago-05	set-05	out-05	nov-05	dez-05	jan-06	fev-06	Média geométrica
Amostra	<i>E.coli</i> (NMP/100mL)							Cisterna
1	6,20E+00	ND	2,00E+00	2,00E+00	2,00E+00	ND	4,10E+00	3,26E+00
2	ND ⁽¹⁾	ND	ND	ND	2,00E+00	ND	ND	2,00E+00
3	1,10E+01	3,10E+00	ND	1,00E+00	ND	1,00E+00	ND	4,03E+00
4	1,00E+00	ND	2,00E+00	ND	1,00E+00	ND	7,40E+00	2,85E+00
5	ND	1,40E+01	2,00E+00	3,90E+01	2,40E+01	ND	4,30E+01	2,44E+01
6	ND	3,10E+00	1,20E+03	3,20E+01	1,00E+00	ND	1,00E+00	2,47E+02
7	ND	ND	ND	1,20E+03	1,60E+02	ND	3,40E+01	4,65E+02
8	ND	6,30E+00	8,20E+01	2,10E+01	ND	ND	2,40E+02	8,73E+01
9	6,00E+01	3,10E+00	2,00E+00	8,50E+01	ND	ND	1,70E+02	6,40E+01
10	1,60E+01	8,20E+01	2,80E+01	3,00E+01	1,00E+00	ND	1,00E+00	2,63E+01
11	1,30E+03	2,40E+03	7,40E+01	1,50E+03	2,40E+01	1,20E+02	8,40E+00	7,75E+02
12	4,10E+00	1,10E+02	2,30E+01	4,30E+01	2,80E+01	2,60E+01	8,30E+01	4,53E+01
13	2,40E+02	NR	1,80E+02	1,10E+02	3,10E+00	3,00E+01	ND	1,13E+02
14	2,90E+02	2,40E+02	>2,4E+03	1,40E+04	8,10E+02	6,30E+00	ND	3,07E+03
15	9,80E+02	1,70E+03	NR ⁽²⁾	NR	2,80E+01	ND	ND	9,03E+02
16	1,70E+03	2,40E+03	NR	NR	1,20E+01	5,20E+00	4,10E+00	8,24E+02

Nota: (1) ND = não detectado (resultado dado em <1,0 NMP/100mL)

(2) NR = não realizado (morador não presente na residência no dia de coleta)

Resultado semelhante foi encontrado por Brito *et al* (2005), em amostras de água de chuva armazenadas em cisternas de zona rural de Petrolina, PE, onde foi detectado *E.coli* em 70% das amostras. No entanto, segundo os autores, esse dado não reflete exatamente a qualidade microbiológica da água de chuva, pois as cisternas também eram abastecidas com águas de outras fontes (carro-pipa).

Observando a Figura 2 e a Tabela 1, nota-se que os menores valores, inclusive os não detectados (valor abaixo do limite de detecção da metodologia), apareceram com maior frequência nas cisternas 1 a 8. Isso pode ser explicado considerando o fato de que essas cisternas possuem apenas um ano de construção, ou seja, estão armazenando o primeiro ciclo de chuva e não possuem resíduos dos outros períodos; acredita-se também que os proprietários estejam cumprindo as recomendações de cuidados/tratamento da água, por terem sido recentemente passadas.

O mesmo não ocorreu com as cisternas mais “antigas” (9 a 16), onde houve ocasiões que foi necessária a diluição de amostras, pois os valores estavam ultrapassando o valor máximo de detecção da metodologia (NMP $>2,4 \times 10^3/100\text{mL}$). As cisternas com maior período de construção já armazenaram mais de um ciclo de chuva e a estrutura física das mesmas já sofreu deterioração do tempo (tampas de zinco entortadas, com a formação de fendas; trincas nas paredes, com vazamento); as informações sobre os cuidados com a água e com o sistema já foram passadas para a população há mais tempo e não foram reforçadas, podendo não estar sendo cumpridas rotineiramente.

Pelo resultado do cadastramento, quantificou-se 117 cisternas em 17 comunidades rurais visitadas. O município possui 66 comunidades, porém, pela longa distância entre elas, não houve a possibilidade de atingir todas. Mas foi possível verificar os dados apresentados a seguir, que podem auxiliar no entendimento dos resultados de qualidade microbiológica:

- A técnica de construção de cisterna mais utilizada foi a de placas pré-moldadas de cimento (90%);
- Todas famílias fazem o desvio da primeira água de chuva – etapa realizada para lavar a superfície e a tubulação de captação;
- O problema mais comumente encontrado foi a presença de rachaduras, com vazamentos (37% das cisternas) – as fendas com a presença de vazamentos indicam que há o contato do interior da cisterna com o exterior, criando uma porta de entrada

de contaminantes, além da possível perda de volume de água, principalmente quando a fenda localiza-se nas placas mais inferiores;

- 71% das famílias disseram fazer a limpeza anual da cisterna – é recomendado que sempre antes do início de um novo período de chuva, que a cisterna seja totalmente esvaziada e limpa, para evitar que haja ressuspensão dos resíduos. Algumas famílias disseram não realizar essa etapa por ainda ter um volume considerável de água antes do início do período chuvoso e têm medo de descartá-la;
- 72% das famílias retiravam a água das cisternas manualmente – baldes ou outros vasilhames – a constante abertura da cisterna e a utilização de vasilhames (que podem não estar devidamente higienizados) podem ter recontaminado a água, mesmo que já tenha sido desinfetada;
- 58% das famílias usavam cloro ou água sanitária para desinfecção da água – várias famílias alegaram não tratar a água com cloro por não saber qual é o melhor agente desinfetante. E também existia uma crença local de que o cloro, principalmente na forma de água sanitária, fazia mal à saúde (“pode cortar as tripas”);
- Das 16 cisternas monitoradas, 8 apresentavam as tampas de zinco entortadas pelo sol, formando fendas – estas fendas tornam-se portas de entrada para partículas e animais, (re)contaminando a água armazenada. Nas cisternas mais recentemente construídas, o problema parece ter sido solucionado (Figura 3);



Figura 3 – Tampas das cisternas antigas e das novas, respectivamente.

- Foram encontrados animais (“pererecas”) nas cisternas – a existência de animais em contato com a água pode ilustrar que há portas de entrada para contaminantes.

4. Conclusões

Ao final da pesquisa, foi possível constatar que ainda há pontos que podem ser modificados no sistema de captação de água de chuva, tanto no aspecto construtivo quanto no tratamento, melhorando realmente a qualidade de vida da população que depende dessa água para

sobreviver. Considerando que o P1MC tem como objetivo construir 1 milhão de cisternas, o quadro encontrado na presente pesquisa pode ilustrar os sérios problemas que mais de 520 mil pessoas que já possuem o sistema podem ter futuramente.

Além do aspecto construtivo, a educação sanitária dos proprietários das cisternas também demonstra ser uma importante ferramenta para a manutenção da qualidade da água. Ela deve ser feita de forma contínua e permanente, para tornar os cuidados com o sistema de captação e armazenamento e o manuseio da água parte da rotina da população, sendo realizados automaticamente, assim como são as outras atividades domésticas. É importante reforçar para os moradores que são eles os principais responsáveis pela qualidade da água de chuva a ser consumida, que os cuidados são simples e não despedem muito tempo e, o mais importante, o quanto essas medidas podem trazer benefícios para a saúde de toda comunidade.

5. Referências bibliográficas

AMORIM, M.C.C.; PORTO, E.R. Considerações sobre controle e vigilância da qualidade de água de cisternas e seus tratamentos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA, 4., 2003. Juazeiro-BA: ABCMAC. *Resumos...* Juazeiro-BA: ABCMAC, 2003.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA; WEF. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 20. ed.. Washington: APHA, 1998.

BRASIL. Presidência da República. *Fome Zero*. Projeto Cisternas: Cisternas – Articulação no Semi-Árido, 2004. Disponível em: <<http://www.fomezero.gov.br>>. Acesso em: 19 Maio. 2005. 2004a.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. O mutirão que usa chuva para gerar renda. *Construção de cisternas transforma a vida de milhares de pessoas no semi-árido*. Disponível em: <<http://mds.gov.br/ascom/Fomezero/balanco.index.htm>>. Acesso em 29 Maio. 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 518, de 23 de março de 2004. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências*. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/sitefunasa/legis/pdfs/portarias_m/pm1518_2004.pdf>. Acesso em: 21 Maio. 2005. 2004b.

BRITO, L.T.; PORTO, E.R.; SILVA, A.S.; SILVA, M.S.L.; HERMES, L.C.; MARTINS, S.S. Avaliação das características físico-químicas e bacteriológicas das águas das cisternas da comunidade de Atalho, Petrolina-PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA. CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA PARA SUSTENTABILIDADE DE ÁREAS RURAIS E URBANAS – TECNOLOGIAS E CONSTRUÇÃO DA CIDADANIA, 5., 2005. Teresina-PI: ABCMAC. *Resumos...* Teresina-PI: ABCMAC, 2005

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Almost half the world's people have no acceptable means of sanitation. 22 Nov. 2000. Disponível em: <<http://www.who.int/inf-pr-2000/en/pr2000-73.html>>. Acesso em: 13 maio 2006.



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

PROJETO DE APROVEITAMENTO AGUA DE CHUVA EM ESCOLAS - A2C

Eng. MSc. André S. Pinhel¹; Arq. MSc. Ignez M. Selles; Eng. MSc. Icaro M. Junior; Eng. Danielle

M. R. Duarte; Arq. Luis Guilherme F. Cosentino

End: 1 Campo de S. Cristóvão 138, sala 507, Rio de Janeiro; andré.pinel@terra.com.br

Resumo

A ONU lançou este ano, na sede da FAO, em Roma, no Dia Mundial da Água, um grito de alerta sobre a situação dos recursos hídricos do planeta: dois em cada três habitantes estão ameaçados pela escassez de água até 2025. A dissonância entre a crescente demanda e a escassez de água, elemento essencial à vida e ao desenvolvimento, é motivo de preocupação para os gestores pelo fato de que 1,2 bilhão de pessoas habitam zonas de déficit de água e cerca de 500 milhões correm o risco de exposição ao estresse hídrico (escassez de água) a curto prazo.

O quadro é, em hipótese, de prognóstico irreversível, mas a realização de investimentos nos programas de otimização dos sistemas de conservação e de retenção de água pode gerar benefícios para os ecossistemas terrestres, como a preservação da umidade pluvial e, conseqüentemente, a eficácia no uso da água.

O avanço de processos de desertificação, a redução das reservas de água e as mudanças climáticas apontam para a educação e alternativas de desenvolvimento. Os projetos de educação ambiental sensibilizam indivíduos, promovendo a participação destes em discussões, fazendo com que compreendam a problemática ambiental através do fomento da responsabilidade de cada um e do coletivo, especialmente em relação ao desenvolvimento sustentável.

A atual administração da Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro – EMOP – está empenhada na busca para assegurar a solução de problemas de caráter sócio-ambiental, por meio da aplicação de tecnologia sustentável nas escolas públicas e em comunidades. Tal medida irá alavancar o surgimento de uma nova ética ambiental, aplicando na construção de espaço público tecnologias simples, saudáveis e seculares, como o aproveitamento da água de chuva, que podem se tornar soluções modernas de

gestão e, sobretudo, fazer emergir uma proposta de multiplicadores nas escolas. Todos esses avanços mexem com valores e reforçam atitudes que, geralmente, modificam o comportamento das pessoas em relação ao meio ambiente.

Palavras-chave: Políticas Públicas de Água de Chuva; Água de Chuva em Escolas, Educação Ambiental

1. Introdução

A falta de acesso à água limpa atinge mais de um bilhão de pessoas, de acordo com alerta feito pela Organização Mundial da Saúde – OMS. Constitui grave preocupação à gestão dos recursos hídricos a ameaça direta à população pela baixa generalizada da oferta de água de muitos rios que servem para abastecimento doméstico e industrial, causada pelas mudanças climáticas e pela poluição.

No Brasil pode-se verificar que os sérios problemas existentes que evidenciam a degradação ambiental, envolvem tanto escassez como contaminação das águas, agravadas pela ocupação desordenada de áreas de proteção dos rios nas bacias hidrográficas. Entretanto, observa-se que a tecnologia de aproveitamento da água de chuva pelas indústrias começou a ser intensificado após a implantação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos, implantado oficialmente pela Agência Nacional de Água - ANA, em 2002, na bacia do Paraíba do Sul, atendendo a deliberação do Comitê CEIVAP, referente àquela bacia. A questão do reaproveitamento da água é um conceito novo nos órgãos públicos. Até o momento pode-se classificar como muito pouco significativo os trabalhos realizados, principalmente, nas escolas. A educação que deve ser considerada prioritária para facilitar e agilizar a compreensão da problemática da água, tem o propósito de estimular o desenvolvimento sustentável, além de propiciar a promoção de políticas públicas.

A Empresa de Obras Públicas do Estado do Rio de Janeiro – **EMOP** - foi criada com o propósito de sistematizar a construção dos prédios públicos. Atualmente, procurando introduzir os princípios estabelecidos por sua política ambiental, inova e transforma radicalmente a característica vigente, objetivando contribuir para a integração dos valores sócio-econômicos-ambientais às suas atividades.

A **EMOP** está desenvolvendo de forma prática, simples e econômica, um programa que permite melhorar o cenário de aproveitamento da água de chuva nas escolas, com o intuito de disseminar esta tecnologia para aplicação em todo o Estado do Rio de Janeiro

2. Metodologia

Este trabalho constou de uma pesquisa bibliográfica em diversas fontes nacionais e internacionais, onde se observou que o aproveitamento de águas pluviais era sistematizado em vários países, principalmente na Alemanha, (KONIG, 2001). A retenção natural da água pluvial está inserida na legislação de recursos hídricos para a manutenção e revitalização dos mananciais. Os projetos de telhados verdes agregaram tecnologia à estética e constituem exemplos marcantes na arquitetura, utilizando água de chuva para conforto e equilíbrio térmico, redução de custos de refrigeração e prevenção de alagamentos.

No Brasil, o assunto foi pouco mencionado na maior parte dos trabalhos técnicos, até 2000, mas os relatórios atuais começam a dar o devido destaque ao aproveitamento da água de chuva, devido ao impacto ambiental positivo e ao surgimento de tecnologias adequadas de aproveitamento racional da água de chuva.

Neste sentido, a **EMOP** vem buscando disseminar de modo rápido e eficaz o conhecimento dessa tecnologia social sustentável, bem como intensificar o processo de sua implementação. Desse modo, a empresa partiu para montagem e estruturação de projeto numa escola pública - CIEP- tipo compacto, cujo modelo, hoje implantado, permite a aplicação e multiplicação dessa importante tecnologia em, no mínimo, 200 outras escolas, simultaneamente .

Os **CIEPs**, Centros Integrados de Educação Pública, são um projeto de Oscar Niemeyer, que foi realizado pelo governo do Estado do Rio de Janeiro com o objetivo de propiciar às crianças uma escola de horário integral, com ensino de boa qualidade, incluindo alimentação, assistência médico-odontológica, lazer, atividades culturais. Trata de uma escola ampla, bonita, funcional e 30% mais barata que um prédio escolar convencional, e que hoje tem o desafio de conciliar beleza, educação ambiental e tecnologia social sustentável.



CIEP

Além de agregar tecnologias a prédios públicos, o projeto A2C colabora para instrumentalizar ações de aproveitamento da água de chuva, e, sobretudo, promover a transformação de hábitos/attitudes e os cenários existentes nas comunidades, por meio de melhoria das condições de saneamento ambiental e minimização dos problemas provenientes da água, proporcionando qualidade de vida saudável.

A intenção é multiplicar o impacto de soluções eficazes, compartilhar o conhecimento contido nelas e ampliar os seus resultados para que excedam os limites de uma comunidade e possam, com o apoio de governos, se transformar em políticas públicas.

A experiência do projeto possibilita não apenas traçar linhas de ação para construir uma consciência crítica, mas um diagnóstico com fins econômicos, sociais e ambientais.

3. Resultados e conclusões

Há o reconhecimento de que existem boas medidas sócio-ambientais sendo aplicadas no Brasil. Contudo, nem sempre elas se mostram viáveis ou efetivas, devido a dificuldades comuns de planejamento, avaliação, captação e gestão de recursos. Na maioria das vezes atingem um grupo limitado de pessoas, subtraindo um grande contingente humano que poderia se beneficiar da mesma ação.

A elaboração de projetos de A2C nos CIEPs possibilita atingir um grupo bastante significativo de pessoas do Estado do Rio de Janeiro, com baixo custo, uso prático, resultados inquestionáveis e aplicação também nas escolas convencionais.

É justamente a possibilidade de fazer diferença em grande escala, que distingue a idéia da **EMOP** em aplicar essa tecnologia nos demais CIEPs, o que demonstra o interesse por apresentar solução efetiva de transformação social e ambiental.

A iniciativa tem como objetivo reduzir os impactos negativos e otimizar os seguintes impactos positivos:

- O aproveitamento da água de chuva em sanitários, reservas para incêndios, limpeza em geral e rega de jardins e hortas nas Escolas.
- Redução no volume de água tratada.utilizada.
- Economia de 30% nos gastos de água tratada no CIEP.
- Economia de 30% na conta de água e esgoto da Escola.

Resultado : **PROJETO PILOTO** do CIEP , cujas características principais são:

Nome: CIEP 225 – Mário Quintana

Nº de alunos: 1950, sendo nos turnos Manhã: 800, Tarde: 850, Noite: 300

Local: Campo Grande/RJ.

Dimensionamento dos reservatórios: considerou-se o índice pluviométrico de 1200mm

Armazenamento de água previsto: 108.800 Litros/ mês

Finalidade de uso da água de chuva: banheiros , limpeza de pátios , reserva de incêndio e rega de jardim (fins não potáveis)

Economia de água prevista : 30%

Economia financeira : $0,30 \times R\$9.000,00 = 2700,00/\text{mês}$ cada unidade de CIEP

Custo estimado das obras : R\$ **17.000,00**/ unidade/ CIEP

Esta experiência está prevista ser aplicada em pelo menos 200 CIEPs. Portanto, será obtida uma economia significativa para o Estado :

$2700,00/\text{mês} \times 200 \text{ CIEP} = R\$ 540.000,00/\text{mês} \times 12 \text{ meses} = R\$ \mathbf{6.480.000,00/\text{ano}}.$

Gastos: $17.000.000,00/\text{unidade} \times 200 \text{ CIEPs} = R\$ \mathbf{3.400.000,00}$

Ganhos efetivos : R\$ 6.480.000,00 - R\$ 3.400.000,00 = R\$ 3.080.000,00

Referências bibliográficas

FIGUEIREDO, RICARDO B., Engenharia Social, soluções para área de risco, Makron Books. SP, 1995

GEIGER, W.F., DREISEITL, H., Neue Wege für das Regenwasser, Handbuch zum Rueckhalt und zur Versickerung von Regenwasser in Baugebieten, Oldenbourg, Deutscheland, 1995

KONIG, KLAUS W., The rainwater tecnology handbook, rainharvesting in building, , Editora Wilo-Brain, Dortmund, Deutscheland, 2001.

KOLB, Walter; SCHWARZ, T., Dach – begrünung intensive und extensive, Verlag Eugen Ulmer, 1999.

TOMAZ, PLINIO. Aproveitamento da Água de Chuva para Áreas Urbanas e fins não-potáveis, Editora Navegar, 2003



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**MONITORAMENTO PARTICIPATIVO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE FONTES
HÍDRICAS EM COMUNIDADES RURAIS: O CASO DE SANTA BÁRBARA,
JAGUARETAMA-CE.**

ARAÚJO, T.M.S. de¹, GIRÃO, E.G. ², ROSA, M. de F³, ARAÚJO, L de F. P. de⁴

¹ Estudante de Geografia da UECE e Estagiária da Embrapa Agroindústria Tropical. Rua Monsenhor Agostinho, 390, Vila Pery – Fortaleza / CE, thatimaria@gmail.com

² Eng.º Agrônomo, M. Sc., Analista da Embrapa Agroindústria Tropical.

³Eng^a. Química, PhD., Pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical.

⁴Eng^a. Química, M. Sc. em Saneamento Ambiental, Professora do Centro Federal de Educação Tecnológica – CEFET/CE

RESUMO: Apesar de todo o avanço proporcionado pela política de águas implementadas nos últimos anos no Ceará, inúmeras comunidades rurais ainda sofrem com o problema da escassez hídrica no Estado, sendo, em épocas de estiagem, dependentes do abastecimento, por qualidade da água. Este trabalho tem como objetivo desenvolver em uma comunidade rural da região do Jaguaribe, através da metodologia do Programa Vigilantes da Água, a percepção da interação entre a qualidade da água e a disponibilidade para usos múltiplos, incorporando a visão da importância da preservação ambiental como fator de melhoria da condição de vida na região.

Palavras-chave: monitoramento participativo, qualidade da água.

INTRODUÇÃO

No semi-árido do Nordeste do Brasil, é uma constante a busca por fontes de água para consumo humano, devido à irregularidade das precipitações e à sua concentração em poucos meses do ano (Oliveira, 2006).

O Ceará tem cerca de 90% de seu território inserido na região semi-árida do Brasil, caracterizando-se pela ocorrência de chuvas irregulares no tempo e no espaço, pelas altas temperaturas, pela forte insolação e pelas elevadas taxas de evaporação (Garjulli, et. al. 2004). Estas características, junto com a falta de conservação ambiental, aceleram a deterioração da qualidade da água pela concentração de sais e de poluentes.

Apesar de todo o avanço proporcionado pela política de águas implementadas nos últimos anos no Ceará, inúmeras comunidades rurais ainda sofrem com o problema da escassez hídrica no Estado, sendo, em épocas de estiagem, dependentes do abastecimento, por carros pipas ou diretamente, de fontes hídricas, das quais não se têm dados sobre a qualidade da água.

O presente trabalho objetiva desenvolver em uma comunidade rural da região do Jaguaribe, através da metodologia do Programa Vigilantes da Água, a percepção da interação entre a qualidade da água e a disponibilidade para usos múltiplos, incorporando a visão da importância da preservação ambiental como fator de melhoria da condição de vida na região.

O programa Vigilantes da Água Global, no Vale do Jequitinhonha-MG, é financiado pelo Fundo Cristão para Crianças e tem como objetivo monitorar a qualidade de fontes de água utilizadas para consumo humano, baseado na capacitação e formação de agentes ambientais pertencentes à própria comunidade, denominados Vigilantes da Água.

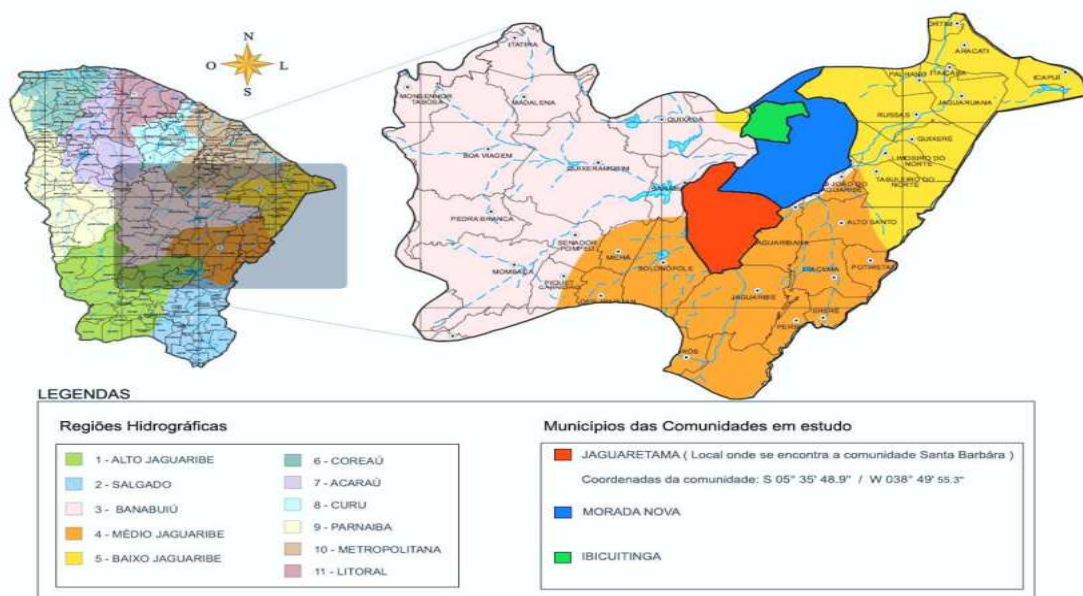
O trabalho dos grupos de vigilantes da água consiste no monitoramento das fontes de água existentes nas comunidades onde estes atuam. São empregados princípios elementares de educação ambiental, como também técnicas simples e didáticas de análise da qualidade da água, através de oficinas de capacitação e formação, que permitem a obtenção de informações sobre possíveis problemas de poluição e degradação das fontes de água que abastecem as comunidades. Os vigilantes organizam encontros periódicos com as famílias e utilizam os resultados encontrados nas análises para conscientizar a todos sobre os problemas diagnosticados e promover campanhas para o desenvolvimento de ações, visando recuperar e proteger as fontes de água. Para a análise da água, eles recebem kits de monitoramento, certificados pelo programa GWW – Global Water Watch, que avalia parâmetros como oxigênio dissolvido, pH, turbidez, dureza, alcalinidade e coliformes. O programa surgiu no Alabama, na Universidade de Auburn, e espalhou-se por diversos países como Filipinas, Equador e Indonésia, formando o Global Water Watch. (Deutsch e Duncan, 2006)

Os resultados destes testes são desenvolvidos às comunidades, com o objetivo de mobilizar as famílias para os problemas diagnosticados, seus impactos sobre a saúde e o bem-estar das pessoas, bem como discutir possíveis soluções.

METODOLOGIA

Para a definição das três comunidades que a Embrapa está pesquisando, foram observados os aspectos de apoio e acompanhamento de instituição não-governamental já atuante na comunidade, organização, carências, localização e condição de difusão do trabalho para outras comunidades próximas. Foram observadas também as condições de maior autonomia da comunidade sobre o controle da melhoria da qualidade dos recursos hídricos que utiliza para que

não ocorresse o desacredito da população ao não conseguir atuar sobre as questões relacionadas à dependência de um manancial de abastecimento cujas fontes de poluição encontram-se à montante da área trabalhada. Desta forma, foi escolhido o Assentamento Santa Bárbara como objeto deste estudo. Na Figura 1 estão situadas as três comunidades beneficiadas pelo programa, dentre elas o Assentamento Santa Bárbara, município de Jaguaretama localizado no Médio curso da Bacia hidrográfica do Jaguaribe. A comunidade é banhada por um dos principais afluentes do rio Jaguaribe, o Riacho do Sangue, responsável por vasto potencial irrigável e pelo abastecimento de água da cidade de Jaguaretama e pelo Rio Banabuiú, que atende a várias propriedades familiares, com irrigações de pequeno e médio porte. O clima da região é tropical quente semi-árido, relevo típico depressão sertaneja, temperatura média de 26° a 28°C, pluviosidade 782,8 mm, caracterizando um período chuvoso entre os meses de janeiro a abril.



I - Localização do município de Jaguaretama na região do Médio curso da Bacia Hidrográfica do Jaguaribe.

Já foram realizadas, no período de 20 a 23 de novembro de 2006, três oficinas de 12 horas-aula para comunidades, e em uma delas inclui-se no município de Jaguaretama, visando a Capacitação e Formação de Vigilantes da Água. Estas abordaram a metodologia de monitoramento participativo da qualidade bacteriológica da água, com atividades em sala de aula e no campo. As atividades práticas consistiram de coleta de amostras de água nas diferentes fontes hídricas da região incluindo a fonte de água que abastece os alunos da escola. Nas amostras coletadas, foram realizadas, através de kits bacteriológicos, análises de coliformes totais e *Escherichia coli*.

O monitoramento baseia-se na realização de análises periódicas (quadrimestrais) em amostras de água usadas para o consumo humano coletadas nas comunidades, empregando-se Kits

(composto por 01 frasco de meio de cultura diferencial, uma pipeta, uma placa de Petri) e uma incubadora (caixa de isopor contendo um termômetro comum e uma fonte de calor, normalmente uma lâmpada) adaptada com a finalidade de identificar e quantificar a presença de coliformes fecais e totais, empregando a *Escherichia coli* como bioindicador de contaminação e/ou potabilidade.

O método empregado é o “Coliscan Easygel”, que compreende uma tecnologia relativamente simples desenvolvida pelo Dr. Jonathan Roth, oferecendo várias vantagens em relação aos métodos tradicionais, dentre as quais destacamos (DUNCAN et al., 2001):

- a) Utiliza equipamentos simples e de fácil obtenção
- b) Pode ser executado por qualquer pessoa, desde que devidamente capacitada;
- c) Apresenta baixo custo;
- d) Os resultados obtidos são de fácil interpretação pelos monitores.

De uma forma geral, os procedimentos empregados pelos monitores e técnicos antes, durante e depois das análises seguem a seguinte rotina:

I. Preparo de kits, incubadora e estrutura para armazenagem / preservação das amostras coletadas no campo (caixa de isopor);

II. Visita aos pontos de monitoramento para coleta das amostras – em cada ponto de amostragem são colhidas 03 amostras com 1ml cada; em seguida, estas são convertidas para os frascos contendo o meio de cultivo e imediatamente estes são acondicionados em uma caixa de isopor, ali permanecendo até sua transferência para a incubadora;

III. No local de incubação, transfere-se o conteúdo dos frascos para as placas de Petri, deixando-as em repouso por 30 a 60 minutos, sendo posteriormente acondicionadas na incubadora o período de incubação é de aproximadamente 48 horas, a uma temperatura variando de 29 a 37°C.

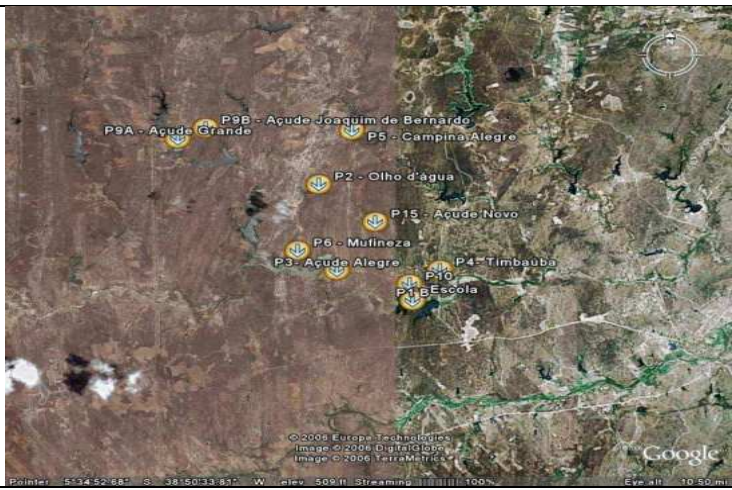
IV. Determinação dos resultados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fins de avaliação da potabilidade da água para consumo humano segue-se a Portaria Nº 518 do Ministério da Saúde de 25 de Março de 2004 que, de acordo, com seu artigo nº 11 toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade, os coliformes devem estar ausentes em qualquer amostra e está sujeita à vigilância da qualidade da água.

I - Resultados das análises bacteriológicas realizadas pela comunidade no Assentamento Santa Bárbara.

*	E.Coli					Outros coliformes				
	AM1	AM2	AM3	MÉDIA	EM 100 ML	AM1	AM2	AM3	MÉDIA	EM 100ML
P1	1	1	1	1,0	100	18	14	4	12	1200
P2	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0
P3	0	0	0	0,0	0	4	4	7	5	500
P4	8	12	15	12,0	1200	8	14	8	10	1.000
P5	2	0	2	1,3	200	28	11	34	24,3	2.430
P6	1	3	2	2,0	200	37	26	31	31,3	3130
P7	1	1	1	1,0	100	128	130	132	130	13000
P8	1	0	1	0,7	100	35	38	36	36,3	3630
P9	0	0	0	0,0	0	41	51	50	47,3	4730
P10	0	0	0	0,0	0	6	8	-2 placas	7	700

*Pontos de coleta	
P1 – Barragem	
P2 –Cisterna da Wanessa	
P3 – Açude Alegre	
P4 – Cisterna Valtecino	
P5 –Campina Alegre	
P6 – Açude Mufineza	
P7 – Cisterna Escola	
P8 – Filtro Escola	
P9 – Açude Grande	
P10 – Almas Açude Novo	II – Imagem de satélite dos pontos de monitoramento

Na Tabela 1 observam-se os resultados das análises bacteriológicas realizadas pelas comunidades do Assentamento Santa Bárbara. Os resultados mostram contaminação fecal na grande maioria das amostras, inclusive na água de consumo dos alunos da escola de Santa Bárbara e em cisternas de particulares.

CONCLUSÕES

- Os resultados das análises mostraram contaminação na maioria das amostras, inclusive na água de consumo dos alunos da escola (cisterna e filtro) Ver Tabela 01.
- O curso ministrado contou com o envolvimento total dos participantes, mobilizando o interesse de todos, como voluntários, para a continuidade do Programa de Vigilantes da Água;
- Todos os alunos apresentaram-se como voluntários para vigilantes da água;
- O monitoramento comunitário da qualidade da água possibilita uma atuação mais participativa da comunidade na solução de seus problemas hídricos e ambientais.

- O trabalho com alunos e lideranças comunitárias representa um pólo de disseminação de programas educativos, de despertar da consciência crítica e da organização social de pequenas comunidades.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

DEUTSCH.W.M, DUNCAN. B. *Community-based water monitoring: global Experiences for practical programs in watershed management*. Auburn Univerty, in press. 2001

GARJULLI et al. *Gestão de águas doces*. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

EMBRAPA –Centro Nacional de Pesquisas Agropecuárias - CNPAT *Relatório das oficinas para formação e capacitação de grupos comunitários de comunidades do Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará, na metodologia de monitoramento participativo da qualidade da água*. Fortaleza, 2006.

OLIVEIRA. F. M. de. et al. *Parte da Dissertação de Mestrado: Microbacia do riacho Angico, Paraíba: uso de águas de qualidade inferior para consumo humano*, 2005.

PUERARI, E.M. et. al. *Monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos na água do Açude Chile e do reservatório subterrâneo adjacente – Morada Nova / CE* .Fortaleza, 2003.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004*.

SISTE, C. E. *Artigo técnico: Experiência de um Programa de Monitoramento Participativo da Qualidade da água em comunidades rurais do Vale do Jequitinhonha*. Belo Horizonte, 2001.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**ESTUDO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA CAPTADA EM TELHADO
RESIDENCIAL NA ÁREA URBANA PARA FINS DE IRRIGAÇÃO DE ALFACE**

Vassiliki Terezinha Galvão Boulomytis

Rua Coronel Ramalho 282 Centro

Bueno Brandão – MG, CEP 37578-000

likitgb@yahoo.com

RESUMO

A produção agrícola em áreas urbanas, mesmo sendo de pequeno porte, pode se tornar inviável, devido ao grande consumo d'água para fins de irrigação. Isso porque, na maioria dos municípios, a distribuição d'água é feita pelas concessionárias, fazendo com que o volume utilizado para a irrigação torne o plantio oneroso e pouco competitivo no mercado para o produtor. Assim sendo, através de um sistema alternativo de captação d'água, esta produção pode se tornar mais atrativa, além de contribuir no controle de enchentes nas áreas urbanas. O objetivo deste trabalho foi de verificar a qualidade da água captada em cobertura residencial de telhas cerâmicas na área urbana, para o uso na irrigação de alface (*Lactuca sativa L.*). O experimento foi implantado na área urbana do município de Bueno Brandão, sul de Minas Gerais, em fevereiro e março de 2007, através da instalação de um reservatório cilíndrico de 5000L de água, coberto, onde o proprietário produz em média 400 cabeças de alface mensalmente. Para tal verificação, foram coletadas amostras d'água de chuva após o escoamento pelo condutor vertical, à montante do reservatório. Posteriormente, foram realizados os ensaios para a verificação dos parâmetros físicos (cor e turbidez) e químicos (pH – potencial hidrogeniônico), que obtiveram, em média, após 30 minutos de chuva, valores de acordo com o padrão de potabilidade. Os parâmetros biológicos não foram considerados, uma vez que, as condições mais desfavoráveis de contaminação da água de chuva na região, durante o processo de captação, é decorrente do excremento de pássaros, podendo este atingir diretamente a área foliar das hortaliças, mesmo após a irrigação.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água de chuva; captação em telhado residencial; irrigação de alface.

INTRODUÇÃO

A precipitação se dá através da água proveniente do vapor da atmosfera, depositada na superfície terrestre, no estado líquido ou sólido. Portanto, a chuva é um dos tipos de precipitações existentes, na forma líquida, que no caso do Brasil, é a mais predominante. Sua ausência ou ocorrência extrema é responsável por uma série de problemas hidrológicos (CEBRAPROT, 2003) e grandes desastres nas áreas urbanas. Deste modo, a captação e o reuso das águas de chuva nas áreas urbanas, também minimiza o escoamento das águas pluviais nas zonas impermeáveis dos conglomerados habitacionais, além de evitar o uso da água potável para finalidades menos exigentes, em termos de qualidade, tais como: lavagens de piso, calçadas, jardins, carros, hortas e sanitários.

A intensidade média da chuva pode ser: leve (1 a 5 mm/h), forte (15 a 20mm/h) ou tempestuoso (100mm/h). Para cada um dos tipos, a velocidade de queda é de 2,0, 5,5 e 8,0m/s, e o diâmetro das gotas de 0,2, 0,45, 1,5 e 3,0mm, respectivamente (CEBRAPROT, 2003).

As águas pluviais apresentam de um modo geral boa qualidade, devido ao seu processo de destilação natural, ligado ao ciclo hidrológico, e aos processos de evaporação e condensação. Entretanto, em regiões próximas a grandes centros urbanos ou industriais a chuva pode apresentar poluentes que inviabilizem a sua utilização, devido a presença de altas concentrações de óxido de enxofre e nitrogênio, segundo Gould et al apud Siqueira Campos (2004).

De acordo Group Raindrops apud Siqueira Campos (2004), normalmente, as águas pluviais tendem a ser neutras, com pH variando entre 5,8 e 8,6, estando em conformidade com as exigências nacionais de diversos países e com normas internacionais, tais como as da WHO (World Health Organization), como relata Gould et al apud Siqueira Campos (2004). Mesmo assim, ela pode ser alterada por diversos fatores como: condições climáticas locais, localização, tipo de material da área de captação e da cisterna, presença ou não de acessórios, manutenção e limpeza adequada, etc, de acordo com Cunliffe apud Siqueira Campos (2004).

O escoamento das águas pluviais sobre a cobertura de telhas cerâmicas, com alta velocidade de queda, pode superar a resistência à abrasão do material e transportar sedimentos ao longo do seu percurso, tanto das partículas de sujeira depositadas superficialmente, quanto do próprio material, que no caso é a cerâmica. Assim sendo, neste trabalho podem ser observadas chuvas com diferentes graus de intensidade e como elas afetam a qualidade da água captada.

A água é essencial ao metabolismo do vegetal, pois atua na constituição e no processo fotossintético da planta. No caso da alface (*Lactuca sativa L.*), como ela é consumida crua pelo ser humano, é de suma importância verificar a qualidade da água usada para fins de irrigação. Segundo Maciel apud Fagnani et al (2005), por ser uma hortaliça folhosa, ela requer muita água sendo viável o uso de um sistema alternativo de captação de água para a implantação na irrigação para esta cultura.

O consumo médio total de água (mm) para a formação da hortaliça, no período de 40 dias, é de 166,99mm. Assim, para uma única cabeça, diariamente, é necessário o consumo de 4,17mm de água.

De acordo com a Resolução CONAMA 20/86, em um corpo d'água de Classe 1, suas águas podem ser destinadas à “irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvem rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas, sem remoção de película”. Portanto, essa classificação de um corpo d'água também será utilizada para a avaliação da qualidade da água de chuva, em relação aos parâmetros físico-químicos levantados através dos ensaios laboratoriais.

Os parâmetros físicos ensaiados no experimento foram a cor e a turbidez, e o parâmetro químico, o pH. Estes parâmetros serão comparados aos do padrão de qualidade da água citados na Portaria MS 518/04.

Já que as características da superfície de captação podem influenciar na qualidade da água, foram levantados os fatores intervenientes mais significativos: camada de pó, excrementos de pássaros e cinzas da chaminé do forno na cozinha da edificação, que se depositavam no telhado no período entre chuvas. No caso do forno, dependendo do tipo de madeira utilizada na queima, a composição físico-química das cinzas é diferenciada, causando assim, variações na influência que esta causa na qualidade da água captada.

O objetivo deste trabalho foi o de avaliar a qualidade da água de chuva captada após o escoamento em cobertura residência de telhas cerâmicas, que é predominante na cultura de nosso país, tendo em vista o seu aproveitamento em irrigação de hortaliças de alface, que demandam alto consumo de água para o seu crescimento, sem qualquer tipo de tratamento.

METODOLOGIA

O experimento foi realizado em uma residência da área urbana do município de Bueno Brandão – MG, e as coordenadas geográficas do local são: latitude S 22° 26'36,9" e longitude WO 46° 20' 41,2", medidas através do GPS ETREX/GARMIN, com DATUM WGS 84. A

altitude local é de aproximadamente 1192m e a característica climática do tipo Cwb, mesotérmica de verões brandos e úmidos, com índice pluviométrico médio de 1605,2mm/ano. A água de chuva é captada em cobertura residencial de telhas cerâmicas, com declividade única para a parte frontal, em uma superfície de 76,38m², e reservada em uma caixa d'água de fibra de vidro cilíndrica coberta de 5000L, para posteriormente ser utilizada para irrigação da cultura de alface (*Lactuca sativa L.*) do tipo Simpson, que possui folhas crespas, e retém mais água do que as de folhas lisas.

Os dados foram coletados na montante do reservatório, visando estudar a qualidade da água imediatamente após a sua captação, uma vez que a mesma pode modificar totalmente as suas características originais, mediante diferentes condições em que as mesmas se encontram durante o período em que estão reservadas. A Figura 1 mostra em planta e corte a implantação do sistema de captação no local e disposição da cobertura residencial e das hortaliças no terreno.

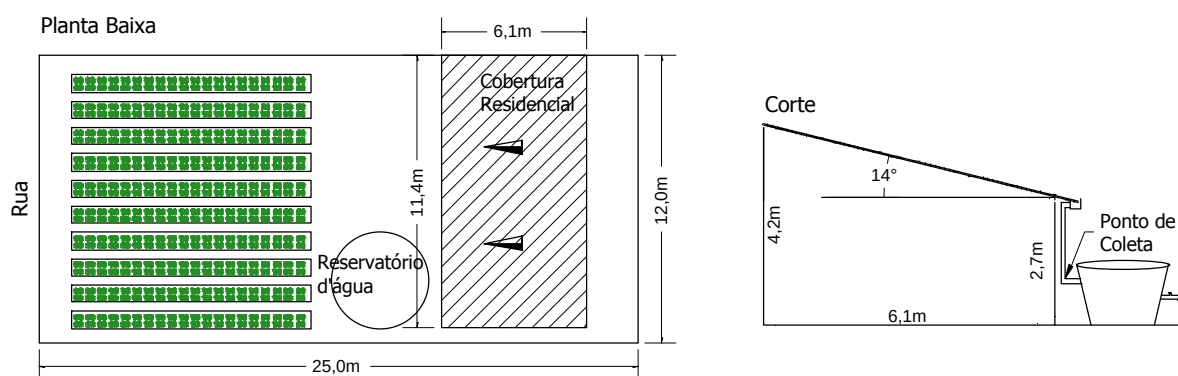


Figura 1 – Croqui da área experimental com a disposição do reservatório e da cobertura residencial em planta e corte.

Para ser avaliada a qualidade da água captada, os parâmetros físico-químicos ensaiados serão comparados aos padrões de potabilidade referentes à aceitação para o consumo humano dispostos na Portaria MS 518/04, e às características exigidas para o enquadramento dos corpos d'água na classe 1, para uso em irrigação de hortaliças consumidas cruas, de acordo com a Resolução CONAMA 20/86, que se encontram listados na Tabela 1.

Tabela 1 – Padrões de potabilidade da Portaria MS 518/04 e de adequação à classificação tipo 1 dos corpos d'água da Resolução CONAMA 20/86.

Parâmetro físico-químico	Portaria MS 518/04	Resolução CONAMA 20/86
Turbidez (UT)	5,0	40,0
Cor (uH)	15,0	Cor natural do corpo d'água
pH	6,0 a 9,5	6,0 a 9,0

As amostras foram coletadas no início das chuvas e após 30min de ocorrência. Isso porque alguns dos fatores intervenientes na qualidade da água de chuva captada estavam presentes somente no início da captação, como o pó, os excrementos de pássaros e as cinzas. Após a lavagem inicial do telhado, a contaminação superficial do mesmo já havia sido eliminada, passando a não influenciar mais significativamente na qualidade da água pluvial captada.

O tempo de 30 minutos foi adotado devido à diferença entre o arraste do material superficial da cobertura provocado pelas chuvas de maior intensidade e pelas de menor intensidade, como também pela dificuldade em se estimar o tempo necessário para a limpeza total da cobertura.

Para garantir a segurança sanitária, no caso de consumo da água pluvial como potável, é importante que seja descartada a primeira água precipitada (SIQUEIRA CAMPOS, 2004). Entretanto, esta recomendação não foi adotada, pois a água pluvial captada no experimento visa atender a conformidade com os padrões exigidos para a sua utilização em irrigação de hortaliças cruas, e tal procedimento seria contrário às condições de exposição naturais em que se encontram tais hortaliças. O pó, os excrementos de pássaros e as cinzas poderem estar naturalmente depositados sobre a superfície foliar das plantas, do mesmo modo em que se encontram na cobertura de telhas.

No período de amostragem do experimento, foi levantado o total de chuva diária na região, que variou de 5mm/dia, para os dias de 10, 14, 24 e 25/03 a 10 mm/dia, para 15 e 21. A Figura 2 mostra o mapa com a chuva diária de maior volume, em 21/03/2007, sendo que a região de Bueno Brandão se encontra demarcada pelo círculo verde.

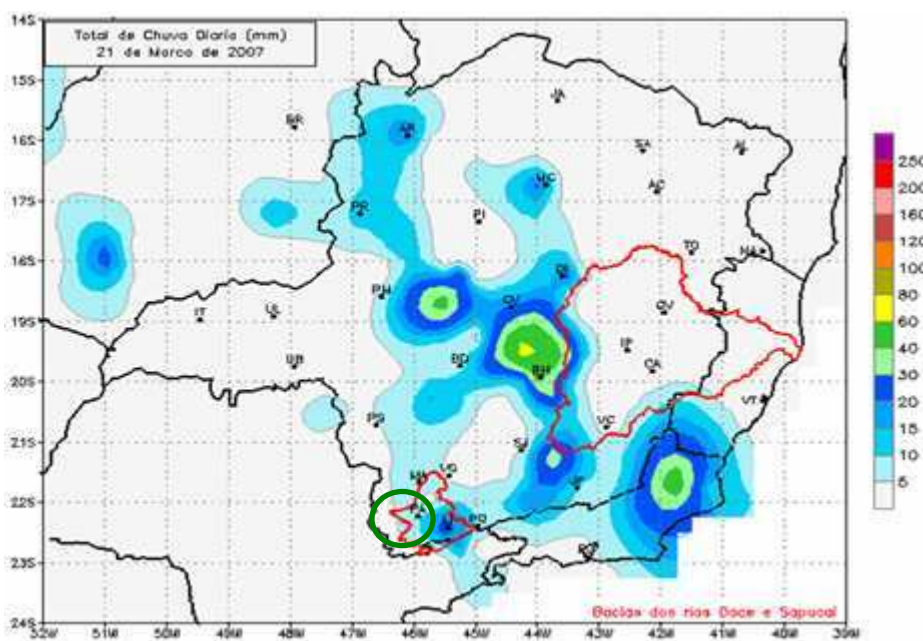


Figura 2 – Mapa com a maior chuva diária no período e local do experimento.

Fonte: Adaptado de <[http:// www.simge.mg.gov.br](http://www.simge.mg.gov.br)>

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os resultados dos ensaios de cor, turbidez e pH, nas amostras coletadas à montante do reservatório, no início e 30 minutos após a ocorrência das chuvas, se encontram na Tabela 2, onde os valores mais desfavoráveis se encontram assinalados em amarelo.

Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos das amostras no local do experimento.

Nº da Amostra	Horário	Cor (uH)	Turbidez (UT)	pH	Nº da Amostra	Horário	Cor (uH)	Turbidez (UT)	pH
1	15h00	90	86,6	6,8	4	16h00	5	5,25	6,3
10/3/2007	15h30	2,5	3	6,4	21/3/2007	16h30	<2,5	3	6,1
2	14h00	98	85,6	6,2	5	16h20	10	8,06	6,3
14/3/2007	14h30	<2,5	0,02	5,5	24/3/2007	16h50	<2,5	0,02	6,1
3	14h00	50	23,4	6,3	6	17h30	2,5	2	6,2
15/3/2007	14h30	2,5	3	6	25/3/2007	18h00	<2,5	0,02	6,1

As maiores intensidades de chuva ocorreram nos dias 10, 14 e 15 de março de 2007. Ou seja, nestes dias, a velocidade inicial de arraste das partículas sobre a superfície da cobertura foi maior, aumentando significativamente o valor dos parâmetros de cor e turbidez. Outro fator que também elevou estes valores na amostra 1, foi o período sem a ocorrência de chuvas, anterior ao início do experimento, de aproximadamente 20 dias. Isso causou um maior acúmulo de sedimentos sobre a cobertura de telhados cerâmicos. A Figura 3 mostra a diferença da cor aparente na água coletada inicialmente e após 30 minutos no dia 10/03/2007.



Figura 3 – Cor da água pluvial captada inicial e após a ocorrência de 30 minutos de chuva

Para a queima no forno residencial, no período de 10 a 15 de março, foram utilizados cortes de painéis de madeira com MDF (Medium Density Fiberboard), que segundo Campos et al

(2004), apresenta na maior parte das espécies de madeira um pH ácido. Por isso, o valor do pH foi o mais desfavorável no dia 14/03/2007, uma vez que durante os 30 minutos iniciais de chuva, ocorreram modificações químicas na água captada devido ao seu contato com as cinzas remanescentes na cobertura. Inicialmente, não houve tempo suficiente para ocorrer tal reação, e por isso o pH foi menos ácido. Os gráficos com os valores turbidez podem ser observados na Figura 4.

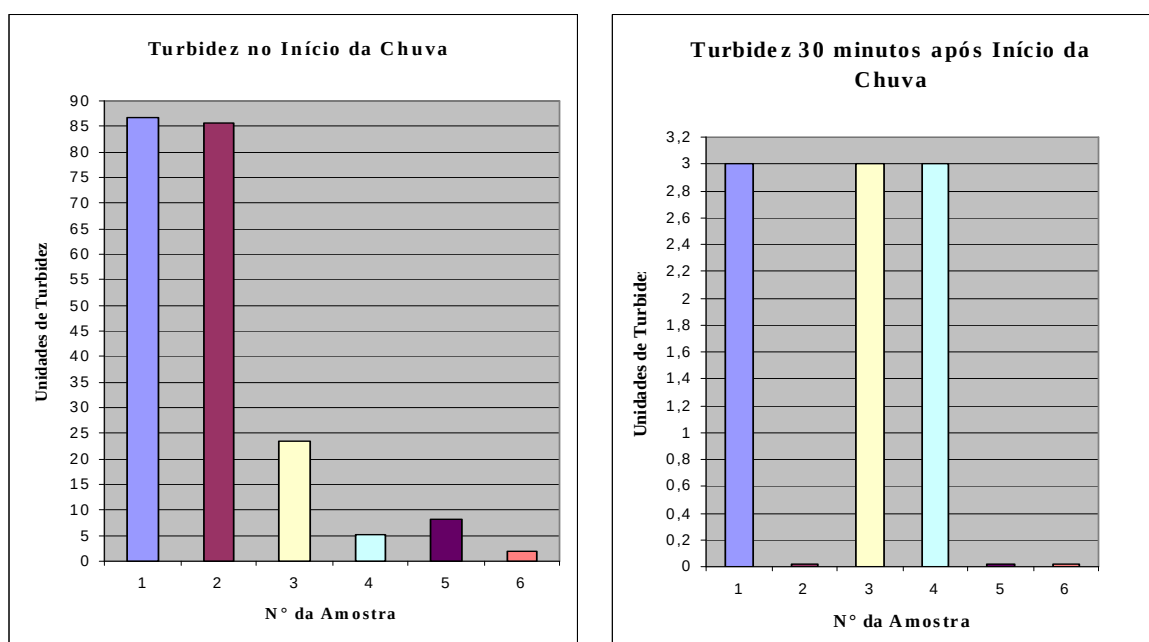


Figura 4 – Gráficos com valores de turbidez das águas pluviais captadas inicialmente e após a ocorrência de 30 minutos de chuva.

No dia com o maior volume de chuva, 21 de março de 2007, a intensidade da chuva inicial não era alta, e esta perdurou por mais tempo. Não houve acentuado arraste das partículas depositadas sobre o telhado durante o escoamento inicial das águas pluviais, e as características físico-químicas da água se mantiveram quase constantes durante o período de precipitação. Já nos dias das amostras seguintes, devido ao período curto entre chuvas, não houve tempo suficiente para o depósito acentuado de contaminantes sobre o telhado. Portanto, os valores iniciais já eram favoráveis para uso da água em irrigação de hortaliças cruas, segundo a Resolução CONAMA 20/86.

Deste modo, pode-se concluir que, para fins de irrigação de hortaliças cruas nesta região, as águas pluviais captadas nas coberturas residenciais atendem aos padrões de classe 1 dos corpos d'água da Resolução CONAMA 20/86, desde que a primeira água de captação seja descartada. O único caso desfavorável após os 30min iniciais de chuva, foi para o pH de 5,5 encontrado, na amostra 2, devido à reação química que ocorreu entre as cinzas da queima de MDF e as águas pluviais, provando que as características dos contaminantes sobre a

superfície de escoamento das águas pluviais podem influenciar na qualidade final da captação d'água.

As águas captadas após 30min de chuva também estiveram em conformidade com os padrões de potabilidade da Portaria MS 518/04, referentes aos parâmetros físico-químicos ensaiados, exceto para o caso da amostra 2 em relação ao pH. Mas de qualquer forma, recomenda-se que outros ensaios sejam realizados para analisar as características microbiológicas das águas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n.518 de 25 de março de 2004. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades, relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências.** Disponível em: <<http://www.saude.gov.br>>. Acesso em: 01 abr. 2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n. 20 de 18 de junho de 1986. **Estabelece a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 01 abr. 2007.

CENTRO BRASILEIRO DE APERFEIÇOAMENTO DE PROFISSIONAIS DE TOPOGRAFIA – CEBRAPOT. **Hidrometria e Batimetria.** Criciúna: Lucas Eventos Ltda., p. 1875-1897, 2003.

SIQUEIRA CAMPOS, M. A. **Aproveitamento de água Pluvial em Edifícios Residenciais Multifamiliares na Cidade de São Carlos.** São Carlos, 2004. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos.

LOBATO, M. B. **Sistema de Hierarquização de Ações de Conservação da Água em Edificações com Aplicação do Método ELECTRE III.** Curitiba, 2005. 260 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná.

FAGNANI, M. A.; GONÇALVES, A. O. ; PERES, J. G. **Efeitos da Cobertura do Solo com Filme de Polietileno Azul no Consumo de Água da Cultura da Alface Cultivada em Estufa.** Jaboticabal, v.25, n.3, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n3/28057.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2007.

CAMPOS, C. I.; LAHR, F. A. R. **Estudo Comparativo dos Resultados de Ensaio de Tração Perpendicular para MDF Produzido em Laboratório com Fibras de Pinus e de Eucalipto Utilizando Uréia-Formaldeído.** Revista Matéria, v.9, n.1, p.32-42, 2004.

<<http://www.buenobrandao.com.br/localiza.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2007.

<<http://www.indi.mg.gov.br/municipios/m9105.hm>>. Acesso em: 15 abr. 2007.

<<http://www.simgc.mg.gov.br>>. Acesso em: 03 abr. 2007.



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

DIRETRIZES PARA O GERENCIAMENTO DA ÁGUA PLUVIAL NAS EDIFICAÇÕES ESCOLARES MUNICIPAIS DA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO

André Teixeira Hernandes (1); Simar Vieira de Amorim (2)

(1) Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT) –
Administração da Hidrovia do Paraná (AHRANA)

Av. Brigadeiro Faria Lima, 1884 - 6º Andar - São Paulo - SP

e-mail: athernandes@keynet.com.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Construção Civil do Departamento de
Construção Civil – Universidade Federal de São Carlos

e-mail: simar@power.ufscar.br

RESUMO

Os atuais projetos dos sistemas prediais de água pluvial são em sua grande maioria, extremamente simples, apresentando uma única e exclusiva preocupação: a transferência da precipitação do local onde ocorre para o sistema público de drenagem, constituído por sarjetas, galerias e por fim, os córregos e rios. Verifica-se que, em geral, não atendem nem ao sentido semântico da palavra sistema. A inexistência de um conjunto coordenado de ações visando um resultado mais amplo faz com que o sistema predial de água pluvial se dissocie de seu entorno, sem se compor harmonicamente com o meio urbano em particular, e o meio natural de uma forma geral. Na concepção atual de seus projetistas, o simples encaminhamento destas águas para fora da edificação é o resultado esperado de um bom sistema. Alheios ao impacto que gera e que penaliza a sociedade, passam ao largo de seu potencial como instrumento de conservação de água nas edificações. Ignoram sua capacidade de suprir as mesmas com tão caro e cada vez mais escasso recurso, de acordo com as necessidades, conveniências ou limitações que possam existir. O objetivo deste trabalho consiste na proposição de uma nova função para o sistema predial de água pluvial, em especial nas escolas municipais de Ribeirão Preto, transformando-o de um sistema passivo de captação e drenagem em um sistema ativo de conservação ambiental. Com uma concepção própria e moldada para esta nova proposta, o sistema deve contemplar os aspectos relacionados à redução dos impactos causados pela ocupação do solo no meio urbano, à preservação e educação ambiental e também, à gestão da oferta de água nas edificações.

Palavras chave: aproveitamento de água pluvial, projeto de sistemas prediais, gerenciamento de água pluvial

1 INTRODUÇÃO

O estabelecimento de diretrizes para o gerenciamento integrado da água pluvial no lote urbano tem como objetivo agrupar, sob a ótica da sustentabilidade, as diversas concepções e soluções adotadas para o esgotamento da água pluvial, de modo a garantir a saúde de seus ocupantes, preservar e proteger a edificação e minimizar o impacto ambiental de sua implantação. O entendimento anterior para o esgotamento da água pluvial do lote pressupunha a divisão dos sistemas utilizados em duas modalidades: sistema predial de água pluvial e sistema de drenagem.

O primeiro tinha como objetivo a remoção da água precipitada nas coberturas e áreas impermeabilizadas, como pisos e pátios, captando-a e conduzindo ao meio exterior para o sistema público de drenagem. Associado às áreas permeáveis, o sistema de drenagem tinha a atribuição de coletar a água decorrente do escoamento superficial para poços de infiltração e demais dispositivos similares, ou ainda, coletar a água infiltrada no solo e conduzi-la a drenos e canais de escoamento.

Nesta nova concepção, o sistema predial de água pluvial e dispositivos de drenagem em geral são partes complementares e integradas no processo de esgotamento da água precipitada, e quando convenientemente projetados, constituem-se em mecanismos de conservação de água para a edificação. As principais metas a serem atendidas, sem estabelecer ordem de precedência, são a constituição de reserva de água para diversas utilizações na operação da edificação, a redução do escoamento superficial (controle de inundação) e do impacto no meio ambiente.

Com isto, é necessário estabelecer algumas premissas tais como:

- as condições hidrológicas previamente existentes no local devem ser preservadas;
- todas as superfícies que recebam água pluvial integram o sistema de drenagem, e conseqüentemente, o sistema predial de água pluvial;
- a água possui múltiplos usos;

- grau diferenciado de qualidade de água indica seu provável uso;
- as etapas do ciclo hidrológico devem servir de inspiração para a escolha das alternativas técnicas;
- sub-sistemas prediais diversos podem constituir-se em partes do sistema predial pluvial;
- o sistema deve ser operado com o menor dispêndio possível de energia para seu funcionamento;
- reduzir ao máximo a degradação da qualidade da água precipitada, facilitando o retorno ao seu ciclo natural e;
- maior participação e interação dos usuários com o sistema, para seu correto funcionamento e multiplicação dos resultados obtidos.

A nova abordagem proposta é a elaboração de um plano de gerenciamento da água pluvial, com a integração dos sistemas normalmente concebidos para solucionar problemas isolados, de modo a atender as metas estabelecidas

2 O PLANO DE GERENCIAMENTO

Para a concepção do sistema a ser adotado, o diagrama de fluxo (Figura 01) demonstra os passos para o seu desenvolvimento, que ocorrem concomitantemente ao conjunto de decisões a serem tomadas para todo o projeto.

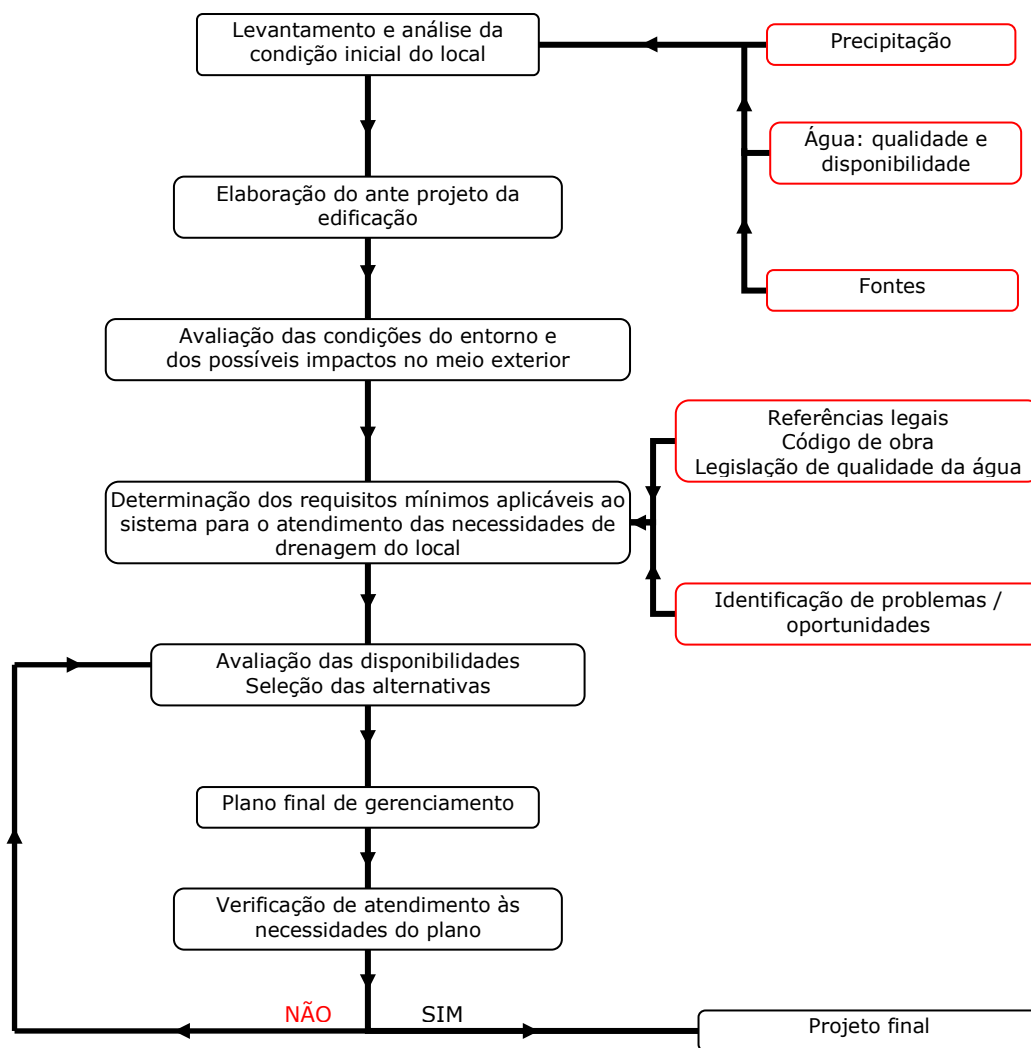


Figura 01 - Fluxograma para elaboração das diretrizes para o gerenciamento da água pluvial

Este processo inicia-se com o levantamento de todos os aspectos que envolvem o sistema de drenagem, incluindo-se os atributos/características relacionados com a multiplicidade dos objetivos a serem alcançados na proposta. Sugere-se a criação de uma equipe multidisciplinar, incluindo-se profissionais das áreas de biologia, química, engenharia ambiental e geologia.

A adoção de critérios, parâmetros de avaliação e peso de valor (ponderação) é extremamente útil para guiar e registrar todo o processo, assim como estabelecer um histórico para futuras aplicações. O ordenamento e seleção das prioridades em relação

às opções disponíveis é extremamente importante pois pode-se determinar objetivos primários e secundários. Sob esta perspectiva, a adoção de um mecanismo de decisão em dois estágios permite concentrar-se na resolução dos problemas do objetivo primário, sem que os objetivos secundários interfiram demasiadamente nas decisões a serem tomadas.

Para tanto, diversos fatores devem ser considerados, como o atendimento às questões legais, identificação dos pontos de inundação no entorno do local, contribuição para a redução da poluição difusa, aplicabilidade, facilidade de implantação, atendimento das aspirações dos usuários, confiabilidade, sustentabilidade e duração da vida útil do sistema (ciclo de vida).

2.1 Etapas do fluxograma e detalhamento

Etapas 1: Levantamento e análise da condição inicial do local

Nesta etapa é realizado o levantamento inicial das informações relevantes para o sistema e das condições do local, tais como topografia, características naturais de drenagem do lote, tipo de solo e cobertura superficial, presença de áreas críticas (internas e externas), infra-estrutura pública de drenagem, dados pluviométricos, a qualidade e a quantidade de água das fontes e sua disponibilidade para o abastecimento da edificação. Estas são informações de referência que vão subsidiar as decisões.

Esta análise deve considerar as limitações existentes no local para a adoção das alternativas técnicas possíveis de serem implantadas, considerando as áreas com alto potencial de erosão e de sedimentação (fundamentadas no tipo de solo e topografia) e a determinação de zonas críticas, tais como declives acentuados, confrontação com lotes vizinhos, proximidade de fundações, áreas apropriadas para recarga.

Etapas 2: Elaboração do anteprojeto da edificação

Baseado nos dados e informações preliminarmente levantadas determina-se o local de implantação dos prédios, equipamentos de lazer, área de estacionamento, quadras esportivas, via de trânsito e demais componentes. Deve-se levar em consideração:

- minimizar a alteração das condições locais (vegetação e solo), restringindo as atividades produtivas do processo construtivo da edificação na menor área possível e distante de zonas críticas (como previamente estabelecido);
- preservar as áreas de vegetação nativa o máximo possível, evitando-se sua remoção ou perturbação desnecessária;
- agrupar as edificações;
- reduzir a impermeabilização do solo e;
- manter e utilizar as características originais de drenagem do lote.

Este estudo preliminar permite identificar os pontos e locais de interesse para a correta destinação e as medidas necessárias para ordenar o fluxo estabelecido entre os pontos de captação e de disposição da água.

Etapa 3: Avaliação das condições do entorno do local e dos possíveis impactos no meio externo

Para empreendimentos de maior porte, a análise de sua interferência no entorno se faz necessária. Os projetos devem considerar a elaboração quantitativa de seu impacto no sistema existente externamente ao lote.

Esta avaliação deve ser feita observando-se:

- pontos localizados ou com potencial de alagamento;
- impacto em corpos d'água localizados nas proximidades do local;
- possibilidade de contribuir com processo de erosão eventualmente existente no local assim como nos corpos d'água e;
- demais variáveis específicas do local.

Uma inspeção realizada no local contribui para a determinação de vulnerabilidades, tais como:

- avaliação de condições críticas previamente conhecidas ou a partir da identificação *in-loco*;
- identificação potencial ou de existência de deficiência na drenagem existente e de restrições estruturais para minimização dos impactos gerados;

- levantamento do sistema público de drenagem, tais como a existência de bocas de lobo, galerias, poço de visita;
- identificação de pontos de alagamento nas proximidades e;
- demais condições e restrições relevantes.

Etapas 4: Determinação de requisitos mínimos aplicáveis ao sistema para o atendimento das necessidades de drenagem do local

Os requisitos mínimos necessários para o atendimento da proposta de gerenciamento integrado da água pluvial são:

Requisito 1: Elaboração do plano de prevenção da contaminação da água originada pelo escoamento superficial

Diferentemente dos processos construtivos atualmente utilizados, a preocupação com a contaminação da água escoada e consequentemente, dos corpos d'água receptores deste escoamento, inicia-se com o processo de construção da edificação. Desde a implantação do canteiro até a entrega da edificação e ocupação, todas as atividades devem incorporar medidas mitigadoras dos efeitos danosos do escoamento livre da água pluvial. Alguns aspectos devem ser destacados para a elaboração do plano, a saber:

Requisito 2: Controle das fontes de contaminação da água

O uso de dispositivos e técnicas que reduzam ou previnam que a água pluvial tenha contato com possíveis fontes de contaminação é o meio mais eficiente de se obter a melhora da qualidade da água presente no sistema. O emprego destes meios variam de acordo com as necessidades, tais como a proteção de solo descoberto com mantas plásticas, a construção de coberturas para evitar o contato da água pluvial com agentes contaminantes e outros mecanismos que impeçam o contato entre os elementos. Portanto, deve ser objeto de consideração na concepção do projeto.

Requisito 3: Controle de vazão

O princípio da não alteração do volume escoado superficialmente antes da ocupação deve ser observado, adotando-se medidas para a manutenção das características originais do local.

Requisito 4: Priorizar o uso de dispositivos para a retenção da água pluvial

Quando possível e viável tecnicamente, devem ser empregados apropriadamente dispositivos que permitam a infiltração da água no solo, ou ainda, que retenham o máximo possível a água precipitada, evitando-se com isto o alagamento, a erosão e a degradação da qualidade da água, tanto superficial como subterrânea. Desta forma, algumas características do ciclo hidrológico são preservadas. Recomenda-se o aproveitamento da água pluvial em substituição da água potável para determinados usos na edificação e, principalmente, dispositivos de recarga da água subterrânea.

Eventuais dificuldades existentes motivadas por restrições como ausência de espaço físico, elevado nível do lençol freático e demais condições que prejudiquem o atendimento deste requisito podem ocorrer e devem ser considerados.

Requisito 5: Tratamento da água de escoamento superficial

O objetivo do tratamento da água escoada é de reduzir os níveis de poluentes (como óleo e graxa) usando-se para isso dispositivos de remoção físicos, químicos ou ainda, biológicos, para a melhoria da qualidade da água. Desta forma, seu retorno para o sistema hídrico existente (lençóis sub-superficiais, córregos e rios) ocorre sem o risco, ou pelo menos mais atenuado, de contaminação.

Em geral, a infiltração é um processo bastante eficiente, dado que o solo estabelece um processo natural de depuração da água contaminada. O uso de dispositivos artificiais também é recomendado, em casos especiais.

Requisito 6: Identificação dos problemas/oportunidades

A determinação dos objetivos primários e secundários proporciona a clareza necessária para a identificação dos problemas e possíveis oportunidades que o gerenciamento integrado da água pode proporcionar.

Requisito 7: Operacionalidade do sistema

Com o intuito de manter a operacionalidade do sistema por meio da correta manutenção do mesmo, um manual de uso e operação deve ser elaborado, identificando-se as rotinas, atividades e procedimentos relativos ao processo de manutenção, seus responsáveis e periodicidade das intervenções necessárias para o

funcionamento nas condições determinadas. Este é um importante material a ser elaborado, visto que a falta de manutenção leva invariavelmente à falha prematura de qualquer tipo de sistema. Deverá conter uma descrição pormenorizada do dispositivo, suas funções e seu funcionamento.

Requisito 8: Conformidade com a legislação

Deverão ser atendidas as condições previstas em legislação pertinente (federal, estadual ou municipal), variáveis com as especificidades de cada região. Como já demonstrado, muitos municípios impõem condições e obrigações únicas.

Etapa 5: Avaliação das disponibilidades e seleção das alternativas

Nesta etapa o modelo e os critérios de decisão são definidos para a avaliação sistematizada dos problemas e/ou oportunidades. Mediante os requisitos mínimos estabelecidos e as alternativas técnicas disponíveis para as diversas necessidades a serem atendidas, institui-se critérios para a seleção e aplicação das alternativas, considerando-se custos, disponibilidade de mão-de-obra e material, riscos aos usuários e demais características de cada possível alternativa à luz das referências legais em vigor. Diversos dispositivos legais já obrigam a implantação deste tipo de sistema, impondo muitas vezes restrições e condições diversas das soluções usuais da engenharia. A possibilidade de expansão e a coordenação da aplicação das soluções devem ser consideradas, evitando-se incompatibilidades presentes e futuras. As alternativas devem ser analisadas à luz de sua aceitação, possibilidade (custo) de implantação e manutenção.

Deve-se sempre considerar que, para as especiais circunstâncias deste tipo de edificação, a análise econômico-financeira deve levar em conta os benefícios não tangíveis, como a educação e a consciência ambiental que desperta e proporciona. As alternativas que apresentem a avaliação de recomendado, baixo e médio custo de implantação e de manutenção deverão ser aquelas adotadas.

Etapa 6: Plano final de gerenciamento

O plano de gerenciamento da água pluvial deve apresentar a documentação relativa ao memorial de cálculo, projetos, relatórios de vistoria e inspeção, plano de manutenção e demais informações que registrem o processo do projeto do sistema.

Etapa 7: Verificação do atendimento das especificações formuladas

Após estas etapas, deverá ser realizada uma avaliação para verificar o atendimento dos requisitos mínimos estabelecidos previamente, que se não atendidos, fica o plano sujeito a uma reavaliação e readequação dos pontos considerados falhos ou deficientes.

Etapa 8: Projeto final

Nesta etapa é feito o projeto final, com detalhamento e dimensionamento do sistema.

3 CONCLUSÕES

Quando convenientemente considerado durante a fase de elaboração do projeto da edificação, o sistema predial de água pluvial, como ferramenta de gerenciamento da água precipitada, constitui-se em um instrumento bastante eficiente de mitigação dos efeitos danosos da implantação da edificação no lote urbano, sem causar mudanças substanciais na forma de conceber, projetar e construir. Muitas das experiências no setor são meras adaptações, sem incorporar de forma concreta a verdadeira a proposta e os resultados esperados para este tipo de sistema. Sendo adaptações, apresentam problemas operacionais (manutenção elevada e baixo desempenho) que induzem a rejeição de sua adoção em larga escala, retardando e dificultando sua disseminação no setor da construção civil.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**INACTIVACIÓN DE COLIFORMES TOTALES EN AGUA PARA CONSUMO
HUMANO VÍA LUZ ULTRAVIOLETA Y CALOR MEDIANTE HORNOS SOLARES,
EN ZONAS URBANAS Y/O RURALES DE QUERÉTARO**

Lucero Robles Dávila ⁽¹⁾, Felipe Ortiz Arredondo ⁽²⁾ y Lourdes Martínez García ⁽¹⁾

⁽¹⁾CEACA, Facultad de Química y ⁽²⁾Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro, C.U. Cerro de las campanas 76010, Querétaro, Qro. México.

RESUMEN

El promedio de muertes anuales, en el mundo, por enfermedades diarreicas supera los 2 millones de personas (ONU, 2000). En México, se tienen 439 plantas potabilizadoras de agua, sin embargo cerca de 12 millones de personas carecen de este servicio (CNA, 2004). La mortalidad por enfermedades diarreicas en menores de 5 años es superior a la media nacional en Querétaro, y aunado a ello en este municipio existen 17 localidades que no cuentan con el servicio de agua potable (SSA, 2006). Por ello, es necesaria una tecnología simple, de bajo costo, accesible y ambientalmente sostenible, para desinfección del agua, que minimice las enfermedades transmitidas por ésta. El proceso que cumple con estas características es la desinfección solar (SODIS) que consiste en exponer el agua al sol durante seis horas y al final de este tiempo el agua queda desinfectada. Esta investigación mejoró el proceso SODIS, al usar un horno en donde se llevó a cabo el proceso de desinfección solar, con ello se logró reducir el tiempo de exposición a la radiación solar de seis horas a dos horas y se incrementó la eficiencia de la inactivación de coliformes totales, y se dio el cumplimiento a la normatividad mexicana. Esta investigación es viable para desinfectar el agua pluvial.

Palabras clave: SODIS, desinfección, horno solar.

I. INTRODUCCIÓN

El agua es un vehículo potencial de bacterias, virus, protozoarios y helmintos causantes de enfermedades en hombre y animales (Escartín, 2000). Como consecuencia de ello, de acuerdo con la División de ciencias del agua de la UNESCO, en el mundo mueren cada año 12 millones de personas por enfermedades ligadas a la mala calidad del agua o a la insuficiencia de este líquido (Ruiz, 2002).

En México operan 439 plantas potabilizadoras, las cuales abastecen de agua potable a solamente un 84.6 % de la población (CNA, 2003). Este sector de la población, que no cuenta con agua potable (15.4%), recibe la mayoría de las veces el agua por medio de pipas y la almacena en recipientes que carecen de condiciones higiénicas, lo que llega a ocasionar, la mayoría de las veces, enfermedades gastrointestinales a esta población. Además un estudio realizado por la Comisión Nacional del agua en 309 estaciones de monitorio en realizada en el año 2003, demuestran que sólo el 28.8 % se encuentra en condiciones excelentes de calidad, tomando como parámetro de control la demanda química de oxígeno (DQO)(CNA,2005). Lo que significa que el 71.2 % de las estaciones de monitoreo presenta cierto grado de contaminación, por lo que la población no puede consumir esta agua ya que puede provocarle alguna enfermedad. De aquí la importancia de desinfectar el agua e investigar técnicas económicas para llevar acabo este proceso y minimicen las enfermedades diarreicas en México.

La desinfección del agua se refiere a la destrucción de organismos causantes de enfermedades o patógenos presentes en ella, (Arboleda ,2000; Metcalf, 1996), para impedir la diseminación de enfermedades hídricas.

Los procesos de desinfección se dividen en químicos y físicos, dentro de los químicos están el uso de los halógenos (Cloro, bromo y yodo), plata coloidal y el ozono y entre los físicos más importantes son el calor (uso de combustible), lámpara de luz ultravioleta y la desinfección solar (SODIS) (Maskew et al, 1987). La desinfección del agua a nivel domestico más utilizado es la cloración porque su costo es muy bajo, pero recientemente se ha encontrado que la cloración de aguas residuales puede formar compuestos clorados dañinos al medio ambiente y a la salud de los consumidores de estas aguas. Otro medio de desinfección, es la ebullición, pero eso requiere de un kilogramo de madera por cada litro de agua y actualmente nuestro país requiere de reforestación y no de talar de árboles. (Laurie et al,2003), finalmente una alternativa muy viable, de desinfección, es la aplicación del método SODIS.

El método *SODIS* consiste en la neutralización, a través de la luz solar, de los patógenos causantes de diarreas. El agua contaminada se introduce en botellas de plástico y se expone durante seis horas a la acción de la luz solar. La luz solar desinfecta el agua y mata a los agentes causantes de la diarrea gracias a la combinación de dos efectos: la radiación ultravioleta y el incremento de temperatura del agua. Para que el método funcione eficazmente es necesaria una exposición de seis horas bajo una radiación solar de al menos 500 Wh/m^2 . Esto se consigue en latitudes medias con seis horas de exposición en verano. El efecto conjunto de la temperatura y la radiación se produce cuando el agua supera los 50°C , momento a partir del cual el proceso de desinfección requiere un tercio de la radiación. El agua es apta para el consumo tras una hora de exposición a más de 50°C (Fernández, 1998).

Los factores que mejoran la inactivación de microorganismos del agua por *SODIS* son: La baja turbiedad, la mayor cantidad de oxígeno disuelto en el agua, el uso de reflectores de luz que incrementen la incidencia solar hacia el agua tal como papel aluminio (Kehoe et al, 2001). Existen varias investigaciones que demuestran que el *SODIS* es un proceso de desinfección efectivo y de bajo costo (McGuigan et al, 1998) y después de 20 años de investigaciones y proyectos pilotos, *SODIS* ha ganado un reconocimiento importante, como su promoción por la Organización Mundial de la Salud (OMS) durante el día Mundial del Agua 2001 (WHO, 2001).

II. MATERIAL Y MÉTODOS

Elaboración del horno solar

El horno solar fue elaborado a base de triplay, láminas galvanizadas y vidrio. El modelo del horno fue extraído del libro *Das Solarkocher Buch* (Alt, 1995). Su fabricación no es complicada y su elaboración es de bajo costo por el tipo de material del que está hecho. Sin embargo independientemente de su costo, éste es de gran utilidad para la desinfección del agua y además es útil para preparar algunos alimentos. Con esto se evita la tala de árboles y la contaminación atmosférica.

Toma y análisis de las muestras

Las muestras se tomaron a diferentes intervalos de tiempo durante un período de 12 meses, de una comunidad de la ciudad de Querétaro, Cumbres del Conin, localizada a $20^\circ 34' 46''$ de latitud norte y $100^\circ 19' 24''$ de longitud oeste y a una altura de 2,042 metros sobre el nivel del mar. A cada muestra se le determinó inicialmente: pH, temperatura, y coliformes totales. Todos los análisis físicos, químicos y biológicos se realizaron de acuerdo a los métodos de prueba de las normas mexicanas.

Determinación de la velocidad de inactivación de coliformes totales

Cada muestra de agua fue colocada dentro de botellas de PET (Tereftalato de polietileno) con capacidades en un rango de: 1500, 2000 y 2500 ml. Antes de colocarse dentro del horno, cada muestra embotellada fue agitada durante un minuto, para incrementar el oxígeno disuelto en el agua y favorecer la desinfección; además se introdujo un termómetro en la botella de prueba y otro en el horno para determinar el comportamiento de la temperatura con respecto al tiempo. Posteriormente, por separado, cada botella de prueba fue introducida al horno solar y expuesta al sol durante 150 minutos (Iniciando aproximadamente a las 9:00 de la mañana). Durante el tiempo de exposición solar, se consideraron 5 periodos: 30, 60, 90, 120 y 150 minutos. Al término de cada período, a la muestra se le determinó la temperatura y los coliformes totales.

Determinación del tiempo de caducidad del agua desinfectada.

Una vez desinfectada el agua, se colocaron las botellas en un lugar fresco. Posteriormente se determinó, a diferentes intervalos de tiempo y sin exposición solar, el posible crecimiento de coliformes totales, con la finalidad de determinar tiempo recomendado para consumir el agua después de desinfectarla. El periodo considerado fue de siete días.

III. RESULTADOS

A continuación se exponen primeramente los resultados obtenidos de la determinación de la velocidad de inactivación de coliformes totales y posteriormente los resultados de la determinación del tiempo de caducidad del agua desinfectada.

Resultados de la determinación de la velocidad de inactivación de coliformes totales.

En la figura 1 se observa que la temperatura mínima promedio que tuvo el agua cuando se muestreó fue de **19.17 °C** y la temperatura máxima promedio del agua dentro del horno después de 150 minutos de exposición al sol fue de **76.17°C**.

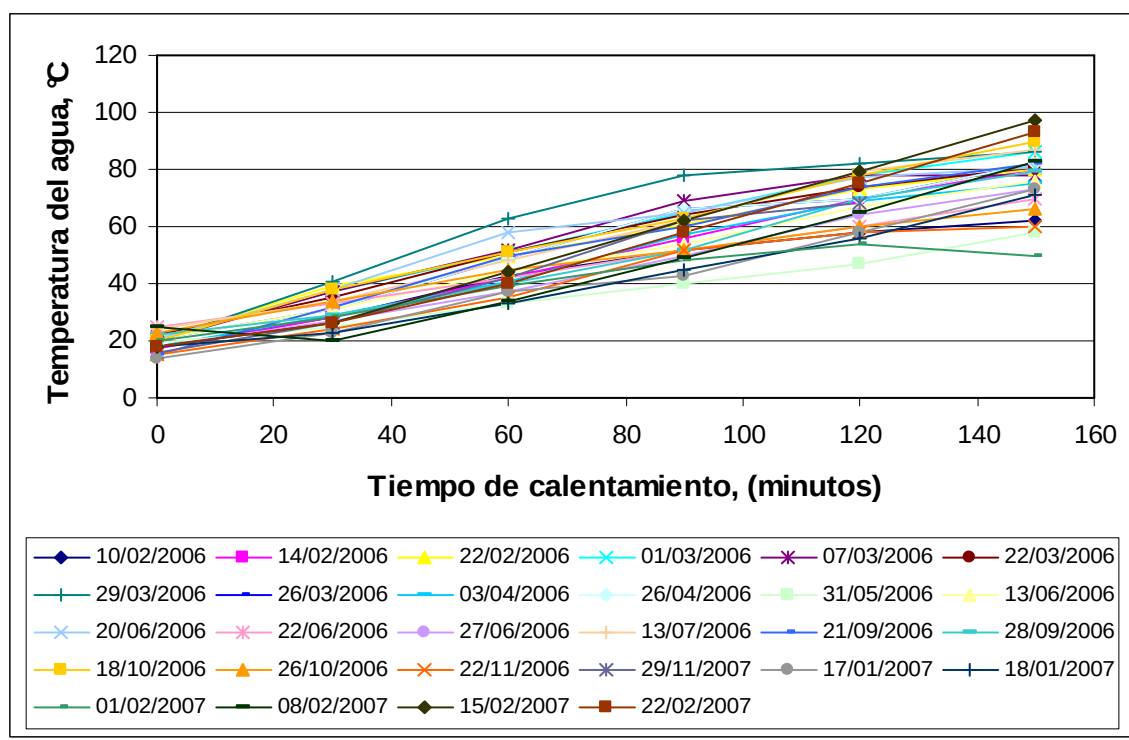


Figura .1 Comportamiento de la temperatura del agua dentro de la botella con respecto al tiempo.

El calentamiento del horno durante el periodo de nuestra investigación, se pudo observar que después de 60 minutos de exposición al sol el horno ya tenía temperaturas por arriba de los 60°C. La temperatura máxima alcanzada después de 150 minutos de exposición al sol, por el horno fue de 122 °C, esta temperatura se tuvo durante el mes de febrero y la temperatura máxima promedio alcanzada por el horno fue de 99°C.

Después de colocar la muestra del agua al sol, durante diferentes intervalos de tiempo, se determinaron coliformes totales para cada intervalo. En la figura 2 se puede observar cómo fueron disminuyendo los coliformes totales a través del tiempo. Como era de esperarse, considerando las temperaturas alcanzadas por el horno y por la misma agua dentro de la botella, los coliformes totales disminuyeron a concentraciones por debajo de 3 NMP/100 ml y con ello se da cumplimiento a la normatividad mexicana: NOM-127-SSA1-1994. Cabe destacar que sin importar el mes del año y el tamaño de la botella, después de 120 minutos de exposición al sol, el agua dentro de la botella queda totalmente desinfectada.

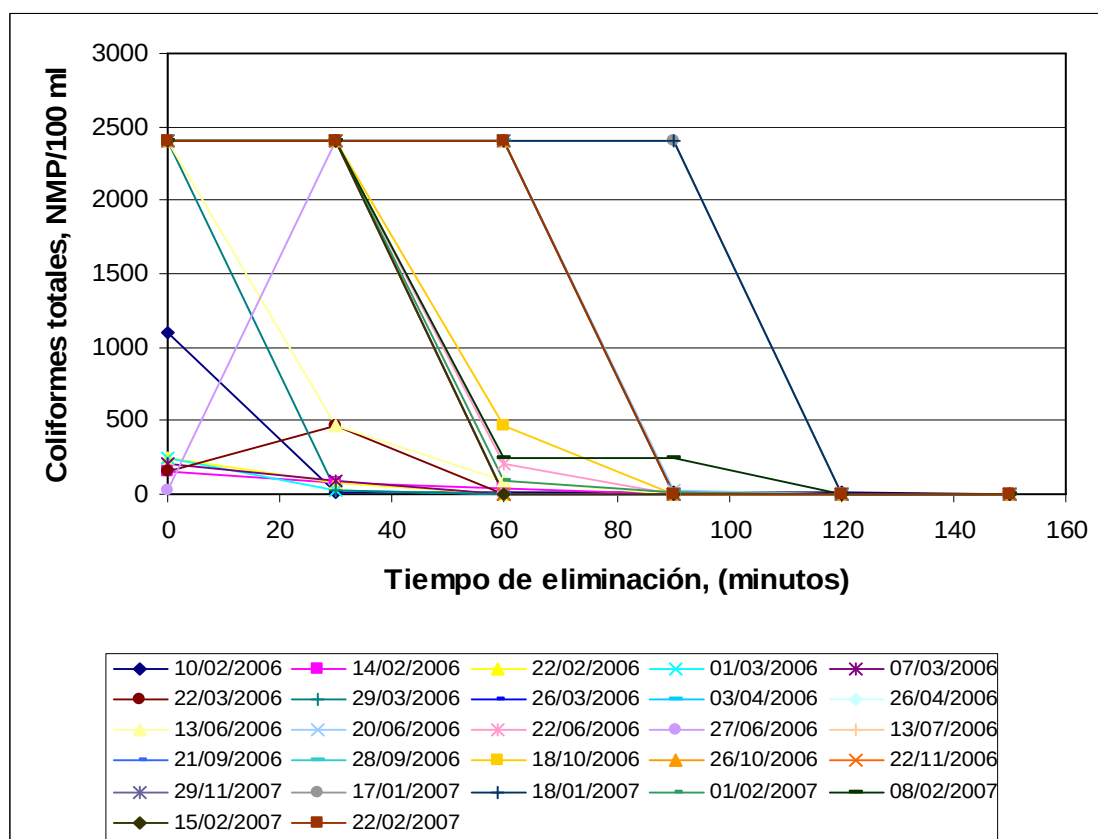


Figura 2. Disminución de los coliformes totales en el agua contenida en la botella después de diferentes tiempos de exposición al sol

Resultados de la caducidad del agua después de su desinfección

Después de siete días de encontrarse a una temperatura ambiente, la muestra se mantuvo desinfectada, lo que indica que el agua puede ser consumida sin riesgo a contraer alguna enfermedad hídrica en este periodo.

IV. CONCLUSIONES

Esta investigación coadyuvó a mejorar el proceso de desinfección solar (SODIS) del agua para consumo humano a nivel doméstico, como una alternativa de solución simple, de bajo costo y ambientalmente sostenible.

La desinfección solar comparada con otros métodos tradiciones de desinfección, presenta grandes ventajas dentro de las cuales están:

- No depende de energía convencional, cuyo costo se incrementa con la creciente demanda.

- Evitan el uso de sustancias químicas tóxicas.
- Requieren equipo relativamente sencillo y de bajo costo, que se recupera rápidamente y proporciona agua potable durante muchos años.
- Su uso no deteriora el ambiente

La desinfección solar solamente presenta la desventaja de que no puede ser usado en días nublados y lluviosos, pero considerando que el Estado de Querétaro es una región semidesértica y en base a los resultados obtenidos en esta investigación, durante todos los meses del año hay días soleados que favorecieron al incremento de la temperatura del agua dentro del horno por arriba de los 50°C, lo que asegura después de una hora de exposición al sol una desinfección total del agua.

V. AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo económico brindado por el Centro de Estudio Académico de Contaminación Ambiental (CEACA) de la Universidad Autónoma de Querétaro, para la compra de reactivos utilizados en esta investigación y por el uso de las instalaciones y equipo requerido para realizar este proyecto. Además se agradece a la estudiante Rodríguez Milán Karla, por su apoyo y colaboración en esta investigación.

VI. BIBLIOGRAFÍA

Alt F. (1995). *Das solarkocher Buch*. Solarkocher Baugruppe. Energiewende concret. Pág. 67.

Arboleda V. J. (2000). *Teoría y practica de la Purificación del Agua*. Colombia. Editorial Mc Graw Hill. Tercera edición. Pág. 633-697.

Comisión Nacional del Agua. (2003). *Inventario Nacional de plantas potabilizadoras Municipales*. SGIHU. México.

Comisión Nacional del Agua. (2005). *Estadísticas del agua en México*. México 2005. Primera edición. Pág. 63 y 64.

Escartín F. E. (2000). *Microbiología e inocuidad de los alimentos*. México. Editado por la Universidad Autónoma de Querétaro. Pág. 491.

Fernández J. (1998). *Nueva forma de potabilizar el agua*. Colombia. Agencia UAPEC.

Kehoe S.C., T.M. Joyce, P. Ibrahim, J.B. Gillespie, R.A. Shahar and K.G. Mcguigan. (2001). *Effects of agitation turbidity, Aluminium Foil Reflector and Container Volume on the Inactivation Efficiency of Batch-Process Solar Disinfectors*, Pergamon; 35:1061-1065.

Laurie F. Caslake, Daniel J. Connolly, Vilas Menon, Catriona M. Duncanson, Ricardo rojas, and Javad Tavakoli (2003). *of contaminated water by Using Solar Irradiation*. Applied and Environmental Microbiology;70:1145-1150.

Maskew G. F. , John C.G., Daniel A.O. (1987). *Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales*. México, Grupo Noriega editores, volumen 4, pág. 403-467.

Mcguigan G.K., T.M. Joyce, R.. Conroy, J.B. Gillespie, M.Elmore-Meegan (1998). *Solar disinfection of drinking water container in transparent plastic bottles: characterizing the bacterial inactivation process*, Journal of Applied Microbiology, 84; 1138-1148.

Organización de las naciones unidas (ONU), (2000), Reporte completo de la declaración del milenio, capítulo 5, Un futuro sostenible, declaración 278, 279 y 281.

Ruiz S. (2002). Reforma, suplemento especial “Agua”, *Cuando beber es un riesgo*. México. Pág. 12.

Secretaria de Salubridad del Estado de Querétaro. (2006). Información proporcionada por la Secretaria de Salud del estado de Querétaro.

WHO (2001), Water for Health taking charge World Water Day Report, Cap. 4, Pág 22-23



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**AValiação QUANTITATIVA E QUALITATIVA DE UM SISTEMA DE
APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM UMA EDIFICAÇÃO
NA CIDADE DE RIBEIRÃO PRETO**

André Teixeira Hernandes (1); Simar Vieira de Amorim (2)

(1) Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes (DNIT)
Administração da Hidrovia do Paraná (AHRANA)

Av. Brigadeiro Faria Lima, 1884 - 6º Andar - São Paulo - SP

e-mail: athernandes@keynet.com.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Construção Civil do Departamento de Construção Civil
Universidade Federal de São Carlos

e-mail: simar@power.ufscar.br

RESUMO

Os programas de conservação de água nas edificações são respostas a crescente demanda deste insumo. Busca-se com isto reduzir a exploração predatória dos recursos hídricos e consequentemente, do meio ambiente. Na gestão da oferta, o uso de fontes não tradicionais é uma das alternativas técnicas. A captação de água pluvial é uma delas, porém, pouco se sabe sobre seu potencial. Neste artigo serão apresentados os resultados do monitoramento realizado em uma edificação residencial de um sistema predial de água pluvial voltado para o aproveitamento da água coletada, tanto sob os aspectos quantitativos como qualitativos. Para tanto, foram elaboradas análises físico-químicas (pH, cor, odor, índice de sólidos dissolvidos total, e turbidez) e microbiológicas (coliformes totais, coliforme termotolerante e E. Coli) da água captada. Para avaliação da substituição da água potável por água pluvial, foram instalados hidrômetros no sistema hidráulico predial de água pluvial (descargas sanitárias e áreas externas). Monitorado pelo período de um ano, o sistema mostrou-se capaz de proporcionar uma efetiva redução do consumo de água potável (por substituição), minimizar de forma significativa o efeito da impermeabilização do solo decorrente da implantação da edificação no lote e manter-se operante durante a maior parte do período avaliado. A qualidade da água captada e utilizada indica um baixo nível

de contaminação, adequado para os usos propostos. Pela falta de informações disponíveis sobre a questão no Brasil, este trabalho traz uma importante contribuição para o melhor conhecimento do potencial do sistema predial pluvial com a finalidade de utilização da água captada.

Palavras chaves: sistema predial de água pluvial, conservação de água, aproveitamento de água pluvial, meio ambiente, qualidade da água.

1. INTRODUÇÃO

O aspecto mais controverso dos sistemas prediais pluviais concebidos para o aproveitamento da água é a qualidade da água captada. Esta é uma questão polêmica, e sua discussão passa necessariamente pelo tipo de uso proposto para a mesma. De acordo com Gould, Nissen-Petersen (1999), nenhuma fonte de água alternativa é 100% segura. Ainda de acordo com os autores, a questão que deve ser analisada é a determinação do nível aceitável de risco, baseada nas condições socioeconômicas de uma sociedade em face das fontes de água disponíveis.

Como apontado por diversos autores (GOULD AND NISSEN-PETERSEN, 1999; MIRBAGHERI, 1997), a contaminação da água pluvial é fortemente influenciada pela ação antropogênica. A urbanização associada com um alto nível de atividades econômicas das modernas sociedades em pequenos espaços como as cidades, produz uma alta concentração de poluentes (como metais pesados e diversas substâncias químicas decorrentes da queima de derivados de petróleo), que em contato com a água precipitada, podem contaminá-la. Estes fatos afetam a qualidade da água da chuva para algumas aplicações. Mesmo em áreas rurais, o uso intensivo de fertilizantes, pesticidas, herbicidas ou inseticidas pode tornar a água imprópria para o uso (MACOMBER, 2001).

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é avaliar qualitativamente e quantitativamente alguns parâmetros da água pluvial captada pelo sistema, nas particulares circunstâncias da proposta. Nas condições de uso interno às edificações, a questão é controversa. À falta de atenção dada ao uso desta técnica, este trabalho tem a intenção de contribuir no sentido de levantar dados de um sistema em funcionamento numa edificação, principalmente sua contribuição à conservação de água.

3. METODOLOGIA

3.1. Descrição do sistema

A edificação analisada é do tipo residencial familiar, com 350 m² de área coberta (integralmente utilizada para a captação da água), três dormitórios, dois banheiros completos, lavabo, 320 m² de jardim, 300 m² de piso externo e previsão de ocupação por seis moradores.

A água potável fornecida pelo sistema público de abastecimento é utilizada para consumo direto, higiene pessoal e preparação de alimentos. A água pluvial é utilizada nos três banheiros para descarga sanitária, e na área externa, para a irrigação de jardins, lavagem de automóveis e pisos. Um sistema dual de água fria (potável e não potável) distribui a água na residência.

A capacidade de reservação é de 11,25 m³, sendo 10,00 m³ no reservatório inferior (cisterna) e 1,25 m³ no reservatório superior. A transferência se dá por um sistema de bombeamento alimentado por energia elétrica convencional.

O reservatório inferior (cisterna) foi construído em concreto armado e impermeabilizado com materiais convencionais disponíveis no mercado. O armazenamento superior tem a capacidade de 1,25 m³, divididos em 2 reservatórios, sendo um específico para abastecer os vasos sanitários, com capacidade de 250 litros. Por meio de sensores de nível, o reservatório superior (AP 1) é automaticamente alimentado pelo inferior, sendo que o reservatório dos vasos (AP 2) está abaixo do nível dos demais, para que seja abastecido por gravidade e seu enchimento controlado por uma torneira de bóia convencional. O funcionamento desse sistema está exemplificado na figura 01:

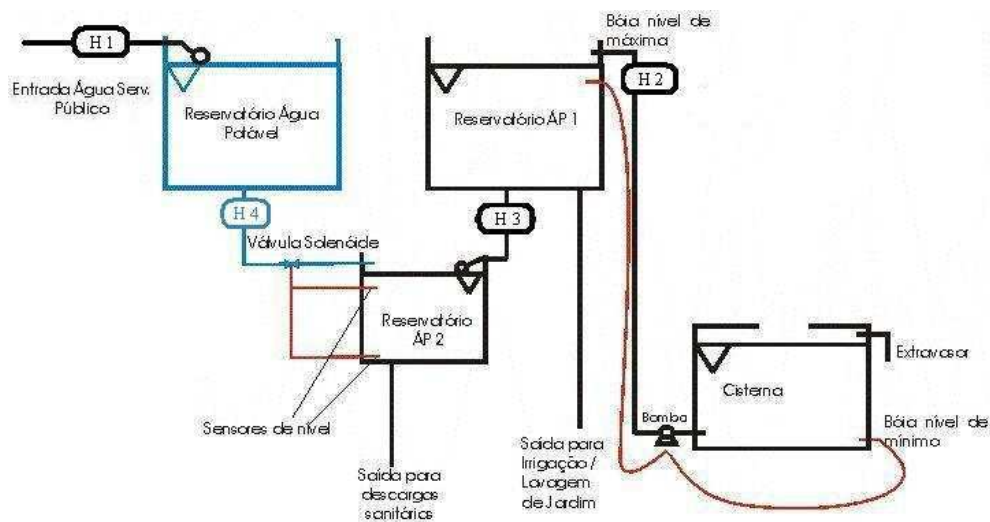


Figura 01 - Esquema de funcionamento do sistema

H1, H2, H3 e H4 são os hidrômetros instalados para o monitoramento do consumo de água. Adicionalmente, conta com um dispositivo emergencial que visa evitar o colapso no abastecimento dos vasos sanitários. O dispositivo possui uma válvula solenóide que por meio de um sensor de nível posicionado no nível mínimo de funcionamento, numa eventual falta total de água de chuva no sistema, libera água potável dos reservatórios abastecidos pela rede pública. Desta forma, o sistema opera independentemente da ação do usuário.

3.2. Metodologia

Foram monitoradas a quantidade e a qualidade da água captada pela cobertura da edificação. Em relação à quantidade, determinou-se o volume total de água potável e não potável consumida na operação, a quantidade infiltrada no solo pelo dispositivo específico e em especial, o consumo do vaso sanitário. A qualidade foi avaliada por exames laboratoriais, realizados pelo Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto (DAERP), em quatro pontos do sistema.

As amostras foram retiradas quinzenalmente no período de junho de 2004 a maio de 2005, e os resultados comparados com os parâmetros utilizados para indicação do grau de balneabilidade para águas doces que permitem o contato primário. As referências adotadas foram escolhidas em função da utilização prevista para a água captada, que por não se destinar ao consumo humano, mas sim para irrigação de

jardins, lavagem de pisos e veículos, descargas sanitárias e infiltração no solo, requer menor qualidade sem colocar os usuários em risco.

Os resultados foram comparados com as legislações do Brasil, Canadá e Austrália em função da similaridade da metodologia para determinação de suas referências nacionais. Elas são:

- Portaria nº 274/2004 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (para corpos d'água classe 2 – permite contato primário de banhistas);
- *Guidelines for Canadian Recreational Water Quality* (GCRWQ-1992) e;
- *Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters* (AWQGMW-1992).

Para tanto, as amostras de água foram recolhidas nos seguintes pontos do sistema:

- Água precipitada;
- Dispositivo de descarte;
- Cisterna e;
- Ponto de consumo.

Em todos os casos, com exceção da água precipitada, as amostras foram analisadas para determinação dos valores relativos aos seguintes requisitos:

- Odor;
- Cor;
- Turbidez;
- Total de sólidos dissolvidos;
- Coliformes totais;
- Coliformes termotolerantes e;
- *E. Coli*.

Em relação à avaliação da quantidade de água utilizada na edificação, foi realizado monitoramento através da instalação de um hidrômetro na tubulação de recalque da cisterna para o reservatório principal

de água pluvial e de outro na saída do mesmo. Por diferença das leituras efetuadas, determina-se o volume consumido pelos vasos sanitários. Adicionalmente foi instalado um hidrômetro na rede de água potável que abastece emergencialmente o reservatório utilizado para o suprimento de água das descargas. A leitura do total de água potável consumida se dá pelo hidrômetro instalado pela companhia de água. Para o cálculo do volume captado utilizou-se o método racional.

4. RESULTADOS

4.1. Aspectos qualitativos da água:

Os valores obtidos estão apresentados nas tabelas 01, 02, 03 e 04. Correspondem respectivamente à água da chuva coletada, dispositivo de descarte, cisterna e ponto de consumo.

Tabela 01 – Qualidade da água da chuva

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe 2	AWQGMW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
Odor		Ausente	x	Ausente	Ausente em todas as amostras		
Cor	mg Pt/l	75	x	x	10,00	5,42	2,50
pH		9,0-6,0	8,5-6,5	8,5-6,5	6,50	5,62	4,90
Turbidez	U.N.T	100	x	50	7,29	5,02	2,84
ISDT	mg/l	500	1000	x	52,00	24,00	8,00

Nota: x : ausência de valor de referência
-o- : não calculado

Tabela 02 – Qualidade da água no dispositivo de descarte

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe2	AWQGMW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
Odor		Ausente	x	Ausente	Ausente em todas as amostras		
Cor	mg Pt/l	75	x	x	>25,00	12,50	2,50
pH		9,0-6,0	8,5-6,5	8,5-6,5	6,90	6,70	6,40
Turbidez	U.N.T	100	x	50	804,00	132,39	1,70
ISDT	mg/l	500	1000	x	982,00	283,90	28,00
Col. Termotolerante	UFC/100ml	<1000	<150	x	77	-o-	<1
E. Coli	UFC/100ml	<800	x	<200	67,7% das amostras indicaram presença		
Col. Total	UFC/100ml	x	x	x	127	59	10

Nota: x : ausência de valor de referência
-o- : não calculado

Tabela 03 - Qualidade da água na cisterna

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe 2	AWQGF MW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
Odor		Ausente	x	Ausente	Ausente em todas as amostras		
Cor	mg Pt/l	75	x	x	10,00	3,13	2,50
pH		9,0-6,0	8,5-6,5	8,5-6,5	9,70	7,78	6,30
Turbidez	U.N.T	100	x	50	5,30	2,46	0,95
ISDT	mg/l	500	1000	x	96,00	45,75	9,00
Col. Termotolerante	UFC/100ml	<1000	<150	x	77	-o-	1
<i>E. Coli</i>	UFC/100ml	<800	x	<200	35 % das amostras indicaram presença		
Col. Total	UFC/100ml	x	x	x	196	19	1

Nota: x : ausência de valor de referência

-o- : não calculado

Tabela 04 - Qualidade da água no ponto de consumo

Parâmetro	Unidade	CONAMA Classe 2	AWQGF MW (1992)	GCRWQ (1992)	Máximo	Média	Mínimo
Odor		Ausente	x	Ausente	Ausente em todas as amostras		
Cor	mg Pt/l	75	x	x	10,00	3,13	2,50
pH		9,0-6,0	8,5-6,5	8,5-6,5	9,30	7,28	6,30
Turbidez	U.N.T	100	x	50	5,60	1,55	0,50
ISDT	mg/l	500	1000	x	88,00	35,55	11,00
Col. Termotolerante	UFC/100ml	<1000	<150	x	1	-o-	0
<i>E. Coli</i>	UFC/100ml	<800	x	<200	15 % das amostras indicaram presença		
Col. Total	UFC/100ml	x	x	x	16	2,83	0

Nota: x : ausência de valor de referência

-o- : não calculado

Os resultados das amostras retiradas dos reservatórios (tabelas 03 e 04) mostram que os valores para os parâmetros microbiológicos (coliforme fecal e coliforme total) e para os parâmetros físico-químicos não excedem aqueles estipulados pelas referências adotadas. A contaminação microbiológica na cisterna (tabela 03) aparenta originar-se com a entrada no reservatório de sedimentos, como solo e folhas depositadas na área de captação. O dispositivo de descarte demonstra sua importância em relação à melhoria da qualidade da água, pois todos os parâmetros analisados têm seus valores reduzidos após a passagem da água pelo mesmo.

A grande maioria dos resultados está abaixo do critério adotado. Para o uso não-potável proposto, apresenta qualidade satisfatória. Entretanto, cuidados adicionais devem ser tomados para evitar o uso inadequado da água disponibilizada, como a sinalização adequada nos pontos de consumo e o uso de torneiras de acesso restrito.

Revela-se também uma importante característica da água da chuva. Apresentou elevada acidez (tabela 01), reduzindo-se gradualmente ao longo do processo de reservação e distribuição. Isto decorreu do contato da água com o material alcalino presente da cisterna, local onde ocorreu forte mudança de pH

(tabela 03). As fontes de acidez da água parecem estar relacionadas com os diferentes usos do solo na região. Sedimentos de solo levantados pela aragem da terra, a queima de cana de açúcar e emissão de poluentes industriais são em geral as fontes de acidez da água da chuva.

O plantio intensivo de cana de açúcar na região aponta como o principal fator à contribuir com o processo de degradação da água da chuva em relação à sua acidez. A renovação anual dos canaviais e as queimadas que ocorrem de maio a outubro contribuem para o lançamento de toneladas de matéria orgânica na atmosfera (LARA et al, 2001). Este fenômeno aponta para uma redução da durabilidade da cisterna, quando construída, como no caso analisado, em concreto armado. Em compensação, a alcalinidade obtida contribui para a redução da corrosão dos metais sanitários, fenômeno constatado no sistema predial de água potável. A corrosão ocorre em função da acidez natural da água captada e distribuída na região.

4.2. Aspectos quantitativos da água:

A precipitação total anual no período foi 1884 mm, e a figura 02 apresenta a distribuição dos dados pluviométricos mensais.

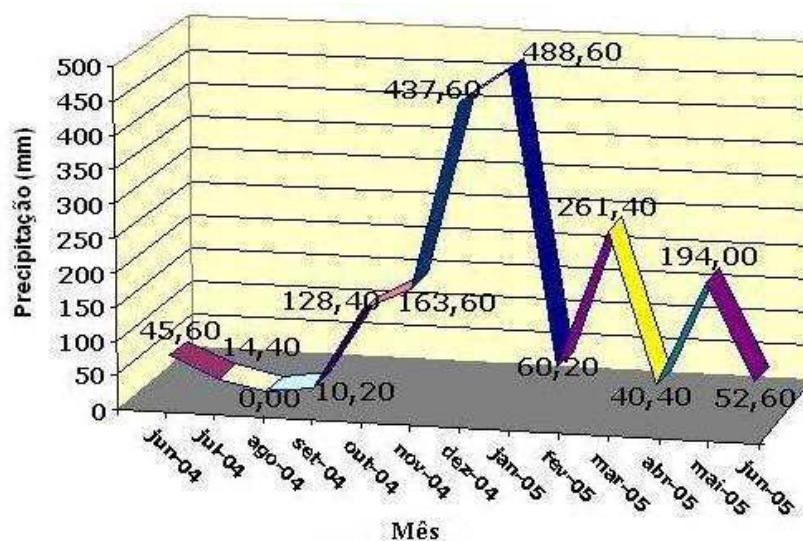


Figura 02 – Precipitação mensal

Destaca-se um período chuvoso atípico durante o processo de avaliação do sistema, apesar da média anual ter se mantido dentro da média histórica.

Os dados obtidos resultantes do monitoramento são apresentados na figura 03 e tabelas 05, 06 e 07.

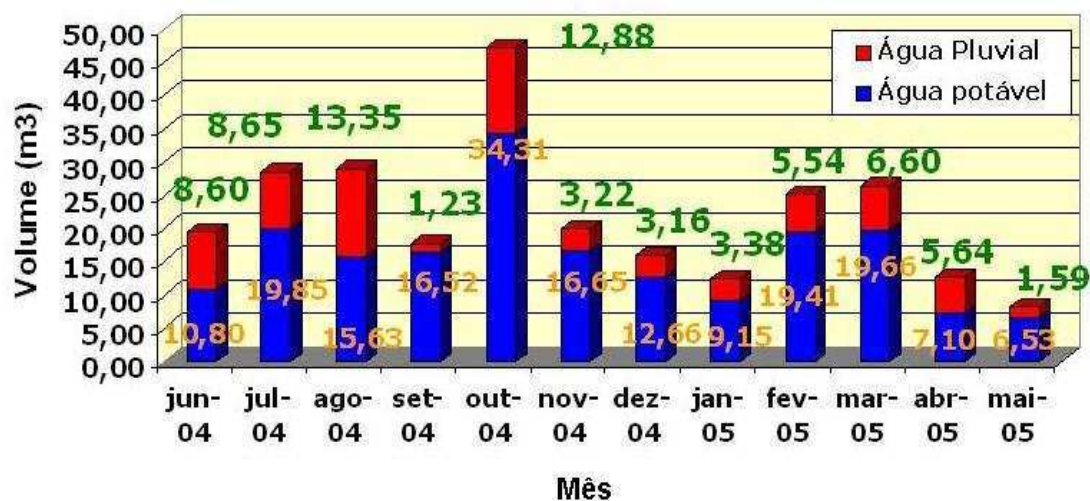


Figura 03 - Consumo mensal água potável x água pluvial

Tabela 05 – Consumo de água

	Volumes (m³)
Água pluvial captada	446,10
Água pluvial infiltrada	339,61
Água pluvial descartada	32,64
Consumo de água pluvial	73,84
Consumo de água potável	188,27
Consumo total de água	262,11

Tabela 06 – Indicadores de uso

Indicador	%
Água pluvial / Consumo total de água	28,17
Água potável / Consumo total de água	71,83
Consumo total de água / Água pluvial captada	58,75
Água pluvial infiltrada / Água pluvial captada	76,13
Consumo de água pluvial / Água pluvial captada	16,55
Água pluvial descartada / Água pluvial captada	7,32
Consumo de água pluvial / Consumo de água potável	39,22

Tabela 07 – Eficiência do sistema de retenção / infiltração

Capacidade do reservatório de infiltração/retenção = 1,90 m³			
Retenção do fluxo excedente de água (%)		Nº de dias	%
100	91	333	91,23
90	81	2	0,55
80	71	4	1,10
70	61	4	1,10
60	51	4	1,10
50	41	4	1,10
40	31	8	2,19
30	21	5	1,37
20	11	1	0,27
10	1	0	0,00
Total de dias		365	100,00
Total de água infiltrada			339,61 m³
Total de água encaminhada ao sistema de drenagem urbano			32,64 m³

Dos dados apresentados, verifica-se uma importante contribuição para a redução do consumo de água potável, da ordem de 28% do total, além de atuar fortemente na redução do lançamento de água pluvial nos sistemas públicos de drenagem. Mais de 91% do fluxo gerado pela impermeabilização decorrente da implantação da edificação foi encaminhado ao reservatório de infiltração, contribuindo significativamente para a reposição de água do lençol freático.

Outro dado importante levantado foi o número de dias de funcionamento normal do sistema. Após a ocorrência de uma estiagem de 56 dias, fenômeno anormal para os meses de agosto e setembro para a região, o sistema ficou inoperante durante 20 dias, ou seja, em 95% do período analisado. O abastecimento dos vasos sanitários se efetivou então por meio do dispositivo emergencial automático anteriormente relatado, consumindo-se neste período um total de 6,58 m³ de água potável. Este dado é relevante na medida em que confirma o correto dimensionamento da cisterna, atendendo-se a expectativa de manter o funcionamento em 90% do período.

5. CONCLUSÕES

Do monitoramento do sistema, revela-se que a qualidade da água coletada atende os níveis determinados pelas legislações adotadas como referência, sob os aspectos microbiológicos e físico-químicos anteriormente citados.

Apesar de não ter sido avaliado a contaminação decorrente de substâncias como metais pesados e outros elementos químicos, a água pluvial demonstra boa qualidade para o uso geral, tais como os descritos previamente.

Atuou também positivamente para atenuar as conseqüências da urbanização do local, reduzindo o escoamento superficial e conseqüentemente, as inundações no fundo de vale e o carreamento de contaminantes para os corpos d'água.

Além disto, contribuiu sobremaneira na recarga de água no solo, questão importante para a região em função de a cidade situar-se sobre afloramento do Aquífero Guarani.

Como recomendação, sugere-se o desenvolvimento de novas pesquisas similares para a formação de um banco de referências específico para as condições nacionais.

6. REFERÊNCIAS

Australia. ***Australian water quality guidelines for fresh and marine waters***. Australian and New Zealand Environment Conservation Council and Agriculture and Resource Management Council of Australia and New Zealand, Canberra. vol 1, 1992.

Canada. Minister of National Health and Welfare. ***Guidelines for Canadian recreational water quality***. Ottawa, 1992

Gould, J.; Nissen-Petersen, E. *Rainwater catchment systems for domestic supply: design, construction and implementation*. London: ITDG Publishing 1999

Lara, L. B. L. S. ***Chemical composition of rainwater and anthropogenic influences in the Piracicaba River Basin, Southeast Brazil***. Pergamon, Atmospheric Environment, 2001.

Macomber, S. H. P. ***Guidelines on rainwater catchment systems for Hawaii***. Hawaii: College of Tropical Agriculture and Human Resources; University of Hawaii at Manoa, 2001.

Mirbagueri, S. A. *Sources of pollution for rainwater in catchment systems, and environmental quality problems*. In: INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE , 8., 1997, Iran. **Proceedings...** Iran: 1997.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração do Departamento de Água e Esgoto de Ribeirão Preto (Sr. Carlos Farjani Neto e equipe) pelas análises laboratoriais realizadas e da Universidade de Ribeirão Preto (Eng. Renato Zorzenon e equipe) pela utilização dos dados da estação pluviométrica da entidade.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO NAS PERDAS DE
ÁGUA DE CHUVA NA CULTURA DO MILHO¹**

Luiza Teixeira de Lima Brito²
José Barbosa dos Anjos³
Nilton de Brito Cavalcanti⁴
Lúcio Alberto Pereira⁵
Wêydjane de Moura Leite⁶

RESUMO – Os diferentes sistemas de preparo dos solos utilizados pelos agricultores no Semi-Árido brasileiro apresentam situações diversas quanto ao aproveitamento da água para as culturas exploradas em condições dependentes de chuva. Neste trabalho, objetivou-se avaliar as perdas de água escoada de uma área submetida a diferentes sistemas de preparo do solo, cultivada com milho (*Zea mays* L.), correspondendo a T1 (Guimarães Duque); T2 (Aração profunda); T3 (Aração parcial); T4 (Sulcos barrados) e T5 (Sistema tradicional), que corresponde ao plantio no plano. A análise dos resultados referentes aos tratamentos apresenta que o T1 proporcionou maior volume de água escoado no ciclo da cultura (6.696 L), superando a testemunha (T5) que foi de 5.163,3 L. Por outro lado, o menor volume escoado ocorreu no tratamento com sulcos barrados (T4) que correspondeu a 1.066 L no mesmo período. Neste tratamento (T4) também foram obtidas as maiores produtividades de grão da cultura do milho (606 kg ha⁻¹).

Palavras chave: Escoamento, precipitação, erosão, *Zea mays* L.

¹ Projeto Financiado pelo CNPq/CT-HIDRO (Processo n°. 504.112/03-1).

² Eng. Agrícola. Pesquisadora da Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE. 56302-970. Fone: (087) 3862-1711, e-mail: luizatlb@cpatsa.embrapa.br

³ Eng. Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Semi-Árido.

⁴ Analista, Embrapa Semi-Árido.

⁵ Ecólogo. Pesquisador da Embrapa Semi-Árido.

⁶ Bióloga. Bolsista CNPq/Embrapa Semi-Árido

INTRODUÇÃO

As características edafoclimáticas e hidrológicas do semi-árido brasileiro são semelhantes às de outras regiões semi-áridas do mundo, apresentando de forma constante, longos períodos de secas intercalados com cheias e inundações. Os critérios de delimitação desta região consideram a precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm; índice de aridez de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e o risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990 (Brasil, 2005).

A principal característica desta região é um regime de precipitação irregular no tempo e no espaço, cujas precipitações pluviométricas ocorrem em até quatro meses em diversos municípios. Segundo Porto et al. (1983) apenas três em cada dez anos são considerados normais quanto à distribuição das precipitações, tornando-se um obstáculo para a sobrevivência das famílias dos agricultores, uma vez que a agropecuária praticada torna-se uma atividade de risco. Neste sentido, a Embrapa Semi-Árido desde sua instalação em Petrolina-PE, em meados da década de 70, empreendeu esforços na valorização da água de chuva, desenvolvendo e, ou adaptando tecnologias visando reduzir esses riscos e aumentar a disponibilidade de água para consumo humano.

No contexto das atividades agrícolas, o sistema tradicional de cultivo que predomina no Semi-Árido, consiste da semeadura em covas. Este sistema é capaz de armazenar uma pequena quantidade de água de chuva e é considerado aparentemente pouco agressivo ao ambiente, mas como o solo não foi preparado (arado ou gradeado) antes, sua superfície apresenta-se ligeiramente compactado, dificultando a infiltração da água no solo e facilitando o escoamento superficial, que contribui para o processo erosivo. Portanto, técnicas de preparo do solo, como a captação in situ, são as mais recomendáveis, uma vez que além de aumentar a disponibilidade de água para as plantas, conserva o solo e os fertilizantes no próprio local de plantio (Silva e Porto,

1982; Anjos et al. 2000). Além disto, associar essas técnicas a culturas com características mais adaptadas às condições climáticas, reduz os riscos de exploração, como o BR catingueiro, cujo ciclo produtivo é precoce, atingindo a maturidade dos grãos em 90 dias. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar as perdas de água de chuva ocorridas em uma área explorada com a cultura do milho, sob diferentes métodos de preparo do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de fevereiro a maio de 2006, na Estação Experimental da Caatinga, da Embrapa Semi-Árido, município de Petrolina, PE. O clima da região é classificado como semi-árido quente BSw'h, conforme classificação de Köppen, sendo as coordenadas geográficas 09° 09' de latitude S e 40° 22' de longitude W de Greenwich e a altitude de 365 m. A precipitação média anual de 566,7 mm, obtida a partir de uma série de 1964-2003 (Moura et. al 2007). O solo em que foi realizado o experimento foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico abruptico plúntico (Embrapa, 2006).

Após uma precipitação de 27 mm foi realizado o preparo do solo na área, efetuando-se o plantio em 14 de fevereiro. No preparo foi utilizado arado com três discos e grade com 22 discos, ambos tracionados por força mecânica. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, constituindo-se de: T1: Guimarães Duque; T2: aração profunda; T3: aração parcial; T4: sulcos barrados e T5: sistema tradicional.

A cultura avaliada foi milho, variedade BR catingueiro. 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 desbaste, deixando-se apenas duas plantas por cova. As parcelas experimentais foram delimitadas com dimensões de 10,0 m x 5,0 m, com a maior proporção no sentido da declividade do solo, em torno de 0,5%.

A coleta da água escoada foi realizada em caixas de cimento amianto/fibra de vidro, com capacidade para 1,0 m³ cada, colocadas a jusante da soleira de cada parcela. Após cada evento de precipitação, o volume de água coletado, correspondendo a cada tratamento, foi medido em litros (L). Para quantificação da precipitação ocorrente foi instalado na área do experimento um pluviômetro, sendo os valores da precipitação transformados para litros. O volume de água infiltrado (V_{INF}) foi estimado pela diferença entre os volumes precipitado (V_{PREC}) e escoado (V_{ESC}).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta a distribuição temporal das precipitações ocorridas na área experimental com as respectivas datas das fases desenvolvimento da cultura do milho, abrangendo o período do plantio (14/02) a colheita (17/05).

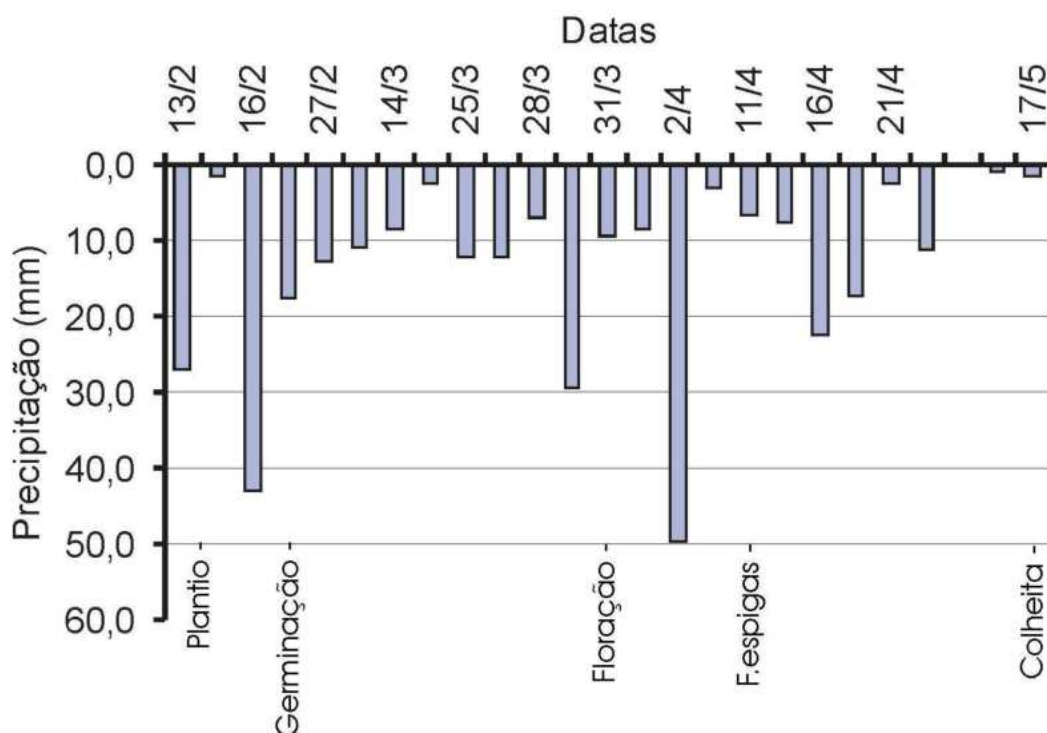


Figura 1. Distribuição temporal das precipitações pluviométricas na área experimental e as fases de desenvolvimento da cultura do milho.

A partir dos dados apresentados na Figura 1 e na Tabela 1 pode-se observar que em 13 de fevereiro ocorreu uma precipitação de 27 mm, não ocorrendo escoamento em nenhum tratamento, isto é, toda água se infiltrou. Isto se deve ao fato do solo se encontrar com umidade próxima ao ponto de murcha permanente, em virtude de não ter ocorrido chuva na área do experimento. Entretanto, após três dias, ocorreu 43,0 mm de precipitação, provocando escoamento de água nos tratamentos T5 ($V_{ESC}=971$ L), sem preparo do solo; T1:Guimarães Duque ($V_{ESC}=838$ L); T3 ($V_{ESC}=478$ L); T2 ($V_{ESC}=378$ L); enquanto no T4 (sulcos barrados) não houve escoamento superficial, significando que toda água da chuva se infiltrou.

Tabela 1. Volume de água escoado (V_{ESC}) e infiltrado (V_{INF}) em função do volume de água precipitado V_{PREC} , em litros (L), e dos diferentes métodos de preparo de solo explorado com a cultura do milho.

Data	P (mm)	V _{PREC}	T 1		T 2		T 3		T 4		T 5	
			V _{ESC}	V _{INF}	V _{ESC}	V _{INF}	V _{ESC}	V _{INF}	V _{ESC}	V _{INF}	V _{ESC}	V _{INF}
.....(L).....												
13/fev	27	1.350	0	1.350	0	1.350	0	1.350	0	1.350	0	1350
14/fev	1,4	70	0	70	0	70,0	0	70	0	70	0	70
16/fev	43	2.150	838	1.312	378	1.772	478	1.672	0	2.150	971	1179
19/fev	17,5	875	180	695	87	788	98	777	0	875	108	767
27/fev	12,8	640	161	479	82	558	28	612	0	640	32	608
10/mar	11	550	41	509	40	510	23,5	526,5	26	524	29	521
14/mar	8,4	420	26	394	22	398	3	417	0	420	17,3	402,7
21/mar	2,5	125	0	125	0	125	0	125	0	125	0	125
25/mar	12	600	143	457	83	517	30	570	0	600	35	565
27/mar	12	600	129	471	77	523	28	572	0	600	33	567
28/mar	7	350	87	263	64	286	14	336	0	350	28	322
29/mar	29,5	1.475	1.080	395	460	1.015	600	875	420	1.055	680	795
31/mar	9,3	465	80	385	24	441	34	431	0	465	12	453
01/abr	8,6	430	60	370	48	382	30	400	0	430	18	412
02/abr	49,7	2.485	2.250	235	874	1.611	1.127	1.358	620	1.865	1.840	645
04/abr	3	150	0	150	0	150	0	150	0	150	0	150
11/abr	6,8	340	0	340	0	340	0	340	0	340	0	340
14/abr	7,7	385	0	385	0	385	0	385	0	385	0	385
16/abr	22,5	1.125	648	477	512	613	600	525	0	1.125	840	285
19/abr	17,3	865	216	649	132	733	156	709	0	865	132	733
21/abr	2,5	125	0	125	0	125	0	125	0	125	0	125
26/abr	11,3	565	150	415	93	472	36	529	0	565	36	529
Total	322,8	1.6140	6.089	1.005,1	2.976	13.164,0	3.285,5	12.854,5	1.066	15.074	4.811,3	11.329

¹Tratamentos: T1 (Guimarães Duque); T2 (Aração profunda); T3 (Aração parcial); T4 (Sulcos barrados) e T5 (Sistema tradicional).

Observa-se na Tabela 1 que o mês com maior volume de precipitação foi abril (129,4 mm), dos quais 49,7mm (38,41%) ocorreram em um único dia e já no final do ciclo produtivo da cultura; o total da precipitação em março foi de 91,7 mm. Em todo ciclo (fevereiro-abril) as maiores chuvas foram de 43,0 mm (16/02); 29,5 mm (29/03) e 49,7 mm (02/04), sendo que as duas últimas, em função da maior disponibilidade de umidade no perfil do solo, proporcionaram maiores volumes de água escoado, principalmente o T1 (Guimarães Duque), totalizando 6.089 L no final do ciclo, o qual superou o volume escoado total na testemunha (T5) que foi de 4.811,3 L. Por outro lado, os menores valores de volume escoado ocorreram no tratamento T4 (sulcos barrados) que correspondeu a 1.066 L, no mesmo período.

Esses resultados corroboram com Silva et al. (1999) que obtiveram as maiores perdas de água em áreas aradas e gradeadas. Esses autores analisaram 20 anos de precipitação, correlacionando com o escoamento e observaram que áreas com duas arações e gradagem e áreas com aração e gradagem, proporcionaram aumento nas perdas de água na ordem de 2,6 e 2,5 vezes, quando comparadas às áreas com tratamento tradicional (cultivadas com enxada). A Figura 2 apresenta a situação em meio real, após uma chuva 29,5 mm, ocorrida em 29 de março, nos Tratamentos T4 (a) e T5 (b), ou seja, em sulcos barrados e no sistema tradicional de plantio, respectivamente.

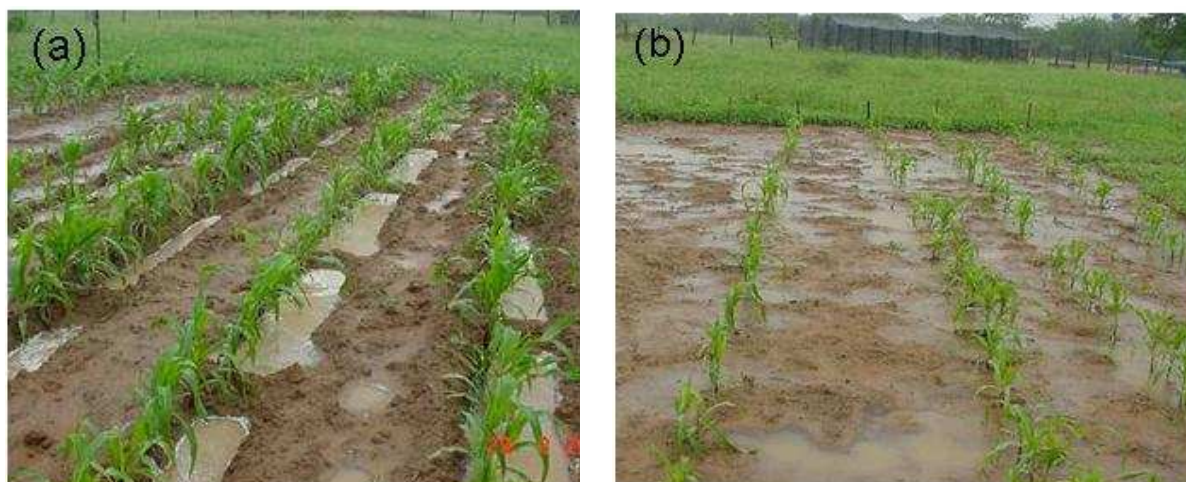


Figura 2. Captação de água da chuva nos tratamentos T4: sulcos barrados (a) e T5: sistema tradicional de plantio (b).

A Tabela 2 apresenta a produtividade de grãos (kg ha^{-1}) da cultura do milho em função dos diferentes tratamentos. A maior produtividade de grãos foi obtida no T4 (Sulcos barrados) com 606 kg ha^{-1} , seguido dos tratamentos T3 e T2 com 370 e 362 kg ha^{-1} de grãos, respectivamente, embora, a análise de variância não tenha apresentado diferença significativa entre estes tratamentos.

A menor produtividade (302 kg ha^{-1}) foi obtida no tratamento 5 (testemunha). Embora, esses valores de produtividade sejam considerados baixos, quando comparada com outros resultados como os obtidos por Wendling et al. (2002) que obtiveram 5.893 kg ha^{-1} com um total de $816,8 \text{ mm}$, deve-se ressaltar que em termos de região semi-árida e com uma precipitação acumulada no período de $322,8 \text{ mm}$, é um resultado bastante promissor, uma vez que o milho é uma planta exigente em umidade. Pesquisas realizadas por vários autores, citando Dorembos & Kassan, (1979), ressaltam que a quantidade de água necessária durante o seu ciclo produtivo é de 500 a 800 mm . A deficiência de umidade no solo pode afetar gravemente o rendimento da cultura, especialmente se esta deficiência ocorre no início e durante a fase de floração.

Tabela 2. Valores obtidos para a cultura do milho observados nos diferentes métodos de preparo de solo.

Tratamentos	Produtividade ¹ (kg ha ⁻¹)
T1: Guimarães Duque	322c
T2: Aração profunda	362b
T3: Aração parcial	370b
T4: Sulcos barrados	606a
T5: Tradicional (plano)	302d
Média	392,4
C.V. (%)	654,0

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre se, pelo Teste de t.

CONCLUSÕES

- o sistema de preparo do solo com sulcos barrados para o cultivo do milho, apresentou as menores taxas de escoamento superficial, enquanto os maiores valores foram obtidos nos sistemas Guimarães Duque e Tradicional;
- a eficiência do sistema de sulcos barrados proporcionou os maiores rendimentos em termos de grãos e matéria seca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Brasil. Ministério da Integração Nacional. Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Ciência e Tecnologia. **Portaria Interministerial Nº.1, de 09 de marco de 2005**. Diário Oficial, Brasília, 11 de março de 2005.

Doorembos, J. & Kassam, A.H. **Yield response to water**. Roma, FAO, 1979. 193p.il. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2006. 412p.

Moura, M. S. B.; Galvincto, J. D.; Brito, L. T. de L. **Clima e a água de chuva no Semi-Árido**. In: Água de Chuva no Semi-Árido brasileiro/org. Luiza Teixeira de Lima Brito/Magna Soelma B. de Moura – Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido. 2007 (prelo).

Porto, E. R.; Garagorry, F. L.; Silva, A. de S.; Moita, A. W. **Risco climático**: estimativa de sucesso da agricultura dependente de chuva para diferentes épocas de plantio I. Cultivo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1983. 129 p. (EMBRAPA-CPATSA Documentos; 23).

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).

Schaefer, C. E. R.; Silva, D. D.; Paiva, K. W. Pruski, F. F.; Albuquerque Filho, M. R. Albuquerque, M. A. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, V. 37, n. 5, 2002. p.669-678.

Silva, A. B.; Resende, M.; Sousa, A. R.; Margolis, E. Mobilização do solo, erosão e produtividade de milho e feijão em um regossolo no agreste pernambucano. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 34, n.2, p.299-307, fev. 1999.

Silva, A. S.; Porto, E. R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do Trópico Semi-Árido do Brasil**: tecnologias de baixo custo. Petrolina, PE., EMBRAPA-CPATSA, 1982. 128p. il. (EMBRAPA/CPATSA. Documentos, 14).

Wendling, A.; Eltz, F. L. F.; Didoné, A. JR.; Cogo, C. M.; Santos, M. V. C.; Becker, M. W. Produtividade de grãos e massa seca de milho sob plantio direto no período de 1998 - 2002. In: Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água, 14. **Anais...** Cuiabá, MT. 2002.



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

INFLUÊNCIA DO PREPARO DO SOLO NA PRODUTIVIDADE DO MILHO (*Zea mays* L.) NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO¹

Luiza Teixeira de Lima Brito²
José Barbosa dos Anjos³
Nilton de Brito Cavalcanti⁴
Aderaldo de Souza Silva³
Wêydjane de Moura Leite⁵

RESUMO – Os diferentes sistemas de cultivo utilizados pelos agricultores na região semi-árida do Brasil apresentam riscos de perda de cultivo devido à irregularidade das chuvas sendo, portanto, necessário associá-los a práticas que propiciem maior teor de umidade no solo. Neste trabalho, objetivou-se avaliar a influência de diferentes métodos de preparo do solo sob a produtividade de milho (*Zea mays* L.), onde foi observado que a maior produtividade de grãos foi obtida com o tratamento sulcos barrados (606 kg ha^{-1}), seguido pela aração parcial (370 kg ha^{-1}) e aração profunda (362 kg ha^{-1}) que não apresentaram diferença significativa pela análise de variância. A menor produtividade, que corresponde a aproximadamente 50% da maior, foi obtida com o sistema tradicional de plantio, no plano (302 kg ha^{-1}). Estes resultados apontam o método de preparo do solo com sulcos barrados como o mais promissor para as condições de semi-aridez brasileira.

Palavras-chave: chuva, captação in situ, sequeiro.

INTRODUÇÃO

Os pequenos agricultores do Semi-Árido brasileiro apresentam sistemas de exploração que sobrevivem em equilíbrio precário com as condições agroecológicas e socioeconômicas regionais. O fenômeno que caracteriza essa instabilidade está associado a vários fatores como irregularidade climática, concentrando-se as

¹ Projeto Financiado pelo CNPq/CT-HIDRO (Processo nº. 504.112/03-1).

² Eng. Agrícola. Pesquisadora da Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE. 56302-970. Fone: (087) 3862-1711, e-mail: luizatlb@cpatsa.embrapa.br

³ Eng. Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Semi-Árido.

⁴ Analista, Embrapa Semi-Árido.

⁵ Bióloga. Bolsista CNPq/Embrapa Semi-Árido

chuvas em períodos compreendidos entre 3 a 5 meses; solos rasos e de baixa fertilidade; baixa capacidade de retenção de água; entre outros de ordem estrutural, tornando a agricultura dependente de chuva uma atividade de risco.

Nestas condições são necessárias práticas agrícolas mais adequadas, voltadas a aumentar a disponibilidade de água no solo e permitir melhor desenvolvimento e produtividade das culturas, como as técnicas de captação de água de chuva (Silva et al. 1989; Anjos et al. 2000). Vários métodos de captação de água de chuva in situ foram desenvolvidos e/ou adaptados pela Embrapa Semi-Árido utilizando principalmente tração animal, com o objetivo de proporcionar maior volume possível de água no local de plantio e reduzir os riscos de perda de água e de erosão.

O sistema de captação de água de chuva in situ denominado método Guimarães Duque foi a primeira técnica de captação adaptada às condições semi-árida brasileira, desenvolvida pelo INFAOL (Instituto Nordestino para o Fomento de Algodão e Oleaginosas) e adaptado pela Embrapa Semi-Árido para exploração de cultivos anuais principalmente, milho, feijão, mandioca, entre outros (Silva et al. 1989). O sistema de sulcos barrados é um outro método que se mostra muito viável na redução do escoamento superficial da água da chuva com menor risco de erosão hídrica e maior disponibilidade de água para as culturas (Anjos e Brito, 1999).

A utilização do solo para a exploração agrícola sem considerar sua capacidade de uso, ou por meio de um manejo inadequado, proporciona a degradação do solo, reduzindo sua capacidade produtiva, tornando-o suscetível à erosão hídrica (Mielniczuk e Schneider, 1984). O fator climático mais importante na erosão hídrica é a precipitação (Hudson, 1977). Características como intensidade, duração e quantidade de chuva, tamanho, velocidade e forma das gotas, energia cinética, frequência, distribuição sazonal e período de retorno da chuva apresentam grande importância no processo erosivo. Assim, este trabalho teve por objetivo avaliar a influência de diferentes métodos de preparo do solo sob a produtividade de milho (*Zea mays* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de fevereiro a maio de 2006, na Estação Experimental da Caatinga, Embrapa Semi-Árido. O clima da região é classificado como semi-árido quente BSw'h, conforme classificação de Köppen, sendo as coordenadas geográficas 09°09' S e 40°22'W de Greenwich, e a altitude de 365 m. 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 precipitação média anual é de 566,7 mm (Moura et. al 2007). O solo em que foi realizado o experimento foi classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico abruptico plíntico (Embrapa, 2006).

Após uma precipitação de 27,0mm foi realizado o preparo do solo na área e o plantio em 14 de fevereiro. No preparo do solo utilizou-se arado com três discos e grade com 22 discos, ambos tracionados por força mecânica. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, constituindo-se de T1:Guimarães Duque (GD); T2:aração profunda (Apr); T3:aração parcial;(AP), T4:sulcos barrados (SB) e T5:sistema tradicional (plano).

A cultura avaliada foi milho, variedade BR catingueiro, cujo ciclo produtivo é precoce, atingindo a maturidade dos grãos, em média, com 90 dias, considerada uma alternativa para os produtores do Semi-Árido brasileiro reduzirem os riscos de safra em regime de dependência de chuvas. 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. As parcelas experimentais foram delimitadas com dimensões de 10,0 m x 5,0 m, com a maior proporção no sentido da declividade do solo, em torno de 0,5 %.

Para quantificação da precipitação foi instalado numa área do experimento um pluviômetro. Foram coletadas amostras de solo, em número de três repetições para a avaliação da umidade do solo, pelo método gravimétrico (padrão de estufa), nas seguintes profundidades: camada de 0-20; 20-40; 40-60; 60-80 e 80-100 cm, nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura do milho.

Em relação à planta foram avaliados altura, diâmetro do caule ao nível do solo, número de espigas por planta, fitomassa verde, matéria seca e produtividade de grãos. 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 foram colhidas as espigas de cada tratamento, retirados os grãos e pesados, e os dados foram transformados em kg ha⁻¹ (13 % base úmida). Os dados de produtividade 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

As Figuras 1a a 1d apresentam quatro tipos de preparo do solo efetuados na área de estudo explorada com a cultura do milho, onde se pode observar que com a ocorrência de uma chuva de 29,6 mm proporcionou acúmulo de água no solo nos tratamentos T1 (Guimarães Duque), T4 (sulcos barrados) e T5 (sistema tradicional). Destes, os tratamentos T1 e T5 ocorreu maior volume de água escoado, consequentemente menor volume infiltrado; enquanto nos T2, T3 e T4 ocorreu maior infiltração, logo, maior disponibilidade de água no solo para a planta e, consequentemente menores perda de água e de solo.



Figura 1a. Captação de água de chuva no sistema Guimarães Duque (T1).



Figura 1b. Captação de água de chuva nos sulcos barrados (T4).



Figura 1c. Captação de água de chuva com aração parcial (T3).



Figura 1d. Sistema tradicional de plantio no plano (T5).

O monitoramento da umidade do solo foi efetuado nas diferentes fases do ciclo de cultivo, correspondendo ao plantio, germinação, floração e formação de espigas, apresentadas nas Figuras 2a a 2d, respectivamente. Observa-se no momento do

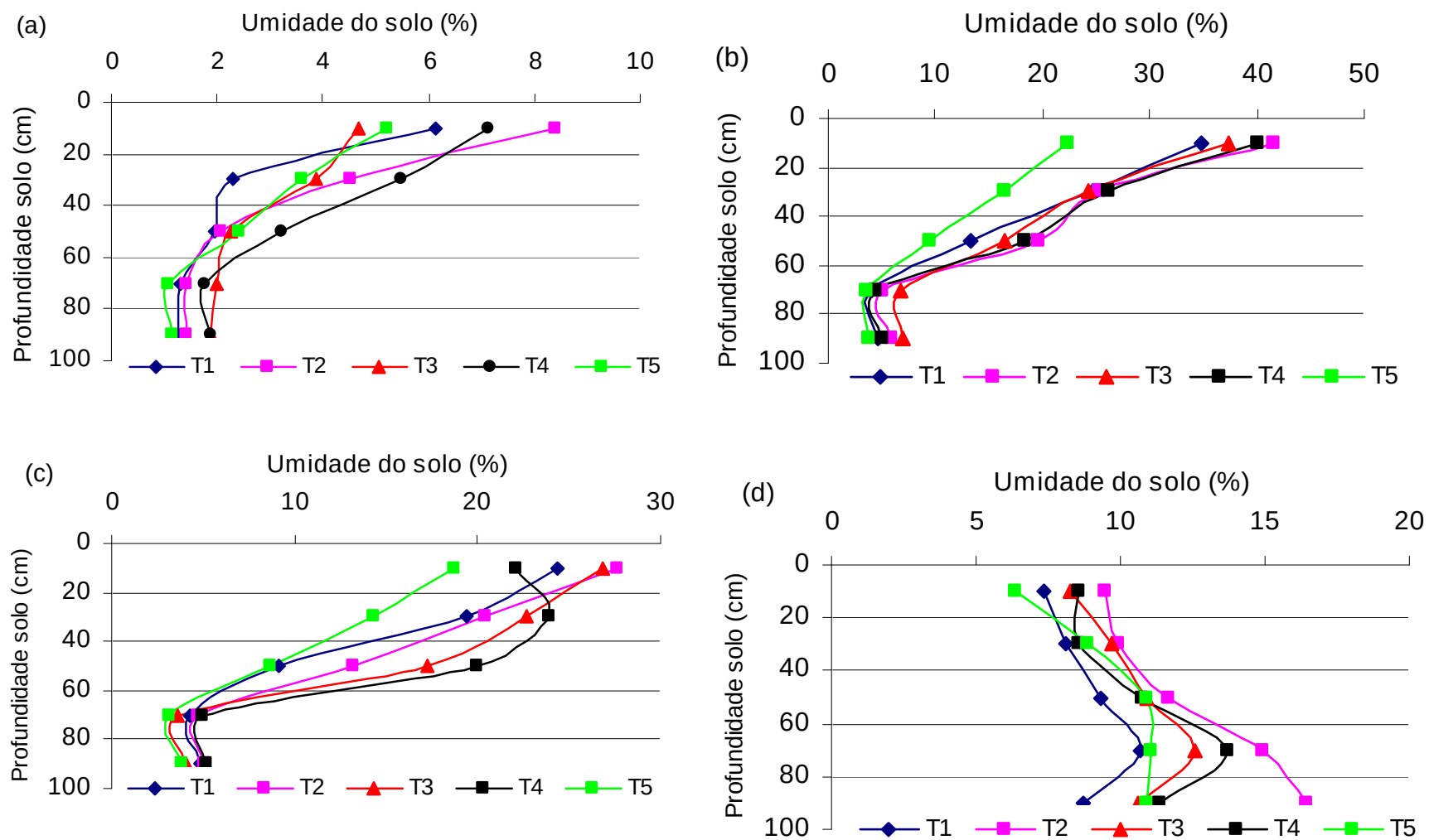


Figura 2. Variação da umidade do solo em função dos tratamentos e na diferentes fases de cultivo, plantio (a), germinação (b), floração (c) e formação de espigas (d).

plantio (Figura 2a) a umidade inicial do solo apresentou baixos valores em todo perfil, em função das baixas precipitações ocorridas na área experimental. Os maiores valores de umidade nesta fase foram obtidos nos tratamentos T2: aração profunda (8,38 %) e T4: sulcos barrados (7,11 %). Essa mesma tendência foi observada em todas as fases de desenvolvimento da cultura e em todas as profundidades do solo. O T5 (sistema tradicional) apresentou menores valores de umidade do solo.

Na Tabela 1 pode-se observar os valores de produtividade (kg ha^{-1}) obtidos na cultura do milho nos diferentes tratamentos. A maior produtividade de grãos foi obtida com o T4 (sulcos barrados) com 606 kg ha^{-1} , seguido pelos tratamentos T3 (370 kg ha^{-1}) e T2 (362 kg ha^{-1}) que não apresentaram diferença significativa pela análise de variância. A menor produtividade, a aproximadamente 50% da maior, foi obtida no sistema tradicional T5 e correspondeu a 302 kg ha^{-1} .

Tabela 1. Valores obtidos para a cultura do milho observados nos diferentes métodos de preparo de solo. Petrolina - PE. Embrapa Semi-Árido. 2006.

Tratamentos	Altura ¹ (m)	Diâmetro basal (m)	Nº. de espigas	Matéria seca (kg.ha^{-1})	Produtividade (kg.ha^{-1})
T1: G. Duque	1,42a	0,95a	1,03a	306,0c	322,0c
T2: Aração profunda	1,55a	1,14a	1,01a	346,0b	362,0b
T3: Aração parcial	1,51a	1,04a	1,03a	376,0b	370,0b
T4: Sulco barrado	1,52a	0,98a	1,01a	482,0a	606,0a
T5: Solo plano	1,21b	0,71b	1,0a	190,0d	302,0d
Média	1,44	0,96	1,02	340,0	392,4
C.V. (%)	4,08	9,54	4,65	566,67	654,0

¹Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo Teste de t.

Embora esses valores de produtividade da cultura do milho sejam considerados baixos, quando comparados com os resultados citados por Wendling et al. (2002) que obtiveram 5.893 kg ha^{-1} , com um total de 816,8 mm de precipitação e de Suzuki & Alves (2004) com 5.258 kg ha^{-1} , com precipitação pluviométrica acima de 1000 mm, deve-se ressaltar que em termos de região semi-árida e nas condições em que foi desenvolvido os estudos, com uma precipitação acumulada no período de 322,8 mm, é um resultado considerável, visto que, em 2005 a produção média de

milho nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Alagoas foi de 661, 497, 465, 402, 560 e 475 kg ha⁻¹, respectivamente, segundo dados do IBGE (2006), valores estes próximos da média total obtida (392,4 kg ha⁻¹). Estudos realizados por Silva et al. (1989) utilizando diferentes práticas de cultivo associadas aos métodos de captação de água de chuva in situ e com a precipitação pluviométrica ocorrida, obtiveram incrementos significativos na produtividade de feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) e milho (*Zea mays* L.).

Pesquisas realizadas por vários autores, citando Dorembos e Kassan, (1979), ressaltam que a quantidade de água necessária durante o seu ciclo produtivo é de 500,0-800,0mm. A deficiência de umidade no solo pode afetar gravemente o rendimento da cultura, especialmente se esta deficiência ocorre no início e durante a fase de floração.

Quanto a altura alcançada pelas plantas foi observado o maior valor (1,55 m) no tratamento 2, seguido pelos tratamentos T1, T3 e T4. A menor altura foi obtida no tratamento T5 (testemunha) com 1,21 m. Essa mesma tendência ocorreu para o diâmetro basal das plantas. Em termos de matéria seca, os maiores valores foram obtidos pelo tratamento T4 (482 kg ha⁻¹) seguido por T3 (376 kg ha⁻¹) e T2 (346 kg ha⁻¹). A menor produção de matéria seca foi registrada no tratamento 5 (testemunha). A análise de variância indicou que não há diferenças significativas entre os tratamentos T2 e T3, em termos de matéria seca (Tabela 1).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Os maiores valores de umidade do solo, produtividade de grãos e de matéria seca para o cultivo do milho foram obtidos com o tratamento 4 (sulcos barrados);
- O sulco barrado pode ser associado a outras práticas de conservação do solo como cobertura morta, adubação orgânica, para obtenção de uma maior eficiência do sistema;
- Não houve diferença estatística entre os tratamentos T3 (aração parcial) e T4 (aração profunda) com relação à produtividade de grãos e de matéria seca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Anjos, J. B.; Brito, L. T. L. **Sistema de cultivo em camalhões com sulcos barrados**. Petrolina, PE. 1999. (Instrução Técnica, 10).

Doorembos, J. e Kassam, A.H. **Yield response to water**. Roma, FAO, 1979. 193p.il. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2006. 412p.

Fundação Instituto Brasileiro de geografia e Estatística – IBGE. **Produção agrícola municipal 2005**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05 de setembro de 2006.

Hudson, N. **Soil conservation**. Ithaca, New York, Cornell University Press, 1977. 320 p.

Mielniczuk, J e Schneider, P. Aspectos sócios econômicos do manejo de solos no sul do Brasil. In: Simpósio de manejo do solo e plantio direto no sul do Brasil, 1. Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, p. 3-19, 1984.

Moura, M. S. B.; Galvinctio, J. D.; Brito, L. T. de L. **Clima e a água de chuva no Semi-Árido**. In: Água de Chuva no Semi-Árido brasileiro/org. Luiza Teixeira de Lima Brito/Magna Soelma Beserra de Moura – Petrolina,PE: Embrapa Semi-Árido. 2007 (No prelo).

Silva, A. de S.; Porto, E.R.; Brito, L.T. de L. E. Monteiro, M.A.R. Captação de água de chuva “in situ” I: Comparação de métodos da região semi-árida brasileira. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido, Petrolina-PE, **Captação de água de chuva “in situ”: comparação de métodos e densidade de plantio**. Petrolina, PE, 1989. P.5-24. (EMBRAPA-CPATSA, Boletim de Pesquisa, 35).

Suzuki, L. E. A. S.; Alves, M. C. Produtividade do milho (*Zea mays* L.) influenciada pelo preparo do solo e por plantas de cobertura em Latossolo Vermelho. **Acta Scientiarum**. Agronomy. Mariingá, v.26, n.1, p.61-65, 2004.

Wendling, A.; Eltz, F. L. F.; Didoné, A. JR.; Cogo, C. M.; Santos, M. V. C.; Becker, M. W. Produtividade de grãos e massa seca de milho sob plantio direto no período de 1998-2002. In: Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água, 14. **Anais...** Cuiabá, MT. 2002.



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

PERDAS DE SOLO SOB DIFERENTES TÉCNICAS DE CULTIVO DE MILHO (*Zea mays* L.) NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO¹

Luiza Teixeira de Lima Brito²
José Barbosa dos Anjos³
Nilton de Brito Cavalcanti⁴
Aderaldo de Souza Silva³
Maria Sonia Lopes da Silva³

RESUMO – A erosão constitui-se num dos principais fatores de degradação das características do solo, causado principalmente pela exploração intensiva, associada às inadequadas práticas de manejo e conservação utilizadas na agropecuária. Este trabalho teve como objetivo avaliar as perdas de solo ocorridas em uma área submetida a diferentes sistemas de preparo do solo, cultivada com milho (*Zea mays* L.), correspondendo aos tratamentos T1 (Guimarães Duque); T2 (Aração profunda); T3 (Aração parcial); T4 (Sulco barrado) e T5 (Sistema tradicional), que corresponde ao plantio no plano. A análise comparativa dos resultados apresenta que o tratamento T1 proporcionou maior perda de solo no ciclo da cultura ($15.225 \text{ kg ha}^{-1}$), superando a testemunha (T5) que foi de 4.999 kg ha^{-1} . Por outro lado, o menor volume de solo carregado ocorreu no tratamento com sulco barrado (T4) que correspondeu a 1.022 kg ha^{-1} no mesmo período. Neste tratamento (T4) também foram obtidas as maiores produtividades do milho (606 kg ha^{-1}). Desta forma, recomenda-se o sulco barrado como método de conservação do solo, o qual também pode ser associado a outras práticas de manejo e conservação.

Palavras-chave: chuva, erosão do solo, *Zea mays* L, captação *in situ*.

INTRODUÇÃO

A erosão constitui-se num dos principais fatores de degradação das características do solo, causado principalmente pela exploração intensiva, associada às

¹ Projeto Financiado pelo CNPq/CT-HIDRO (Processo nº. 504.112/03-1).

² Eng. Agrícola. Pesquisadora, Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE. 56302-970. C.P. 23. Fone: (087) 3862-1711, e-mail: luizatlb@cpatsa.embrapa.br

³ Eng. Agrônomo, Pesquisador, Embrapa Semi-Árido.

⁴ Analista, Embrapa Semi-Árido.

inadequadas práticas de manejo e conservação utilizadas na agropecuária. A desagregação e o transporte de solo estão diretamente relacionados à intensidade e duração da chuva, resistência do material de origem e declividade da superfície do solo. O grau com que o solo resiste às forças de impacto da chuva e ao escoamento é fator determinante na estimativa de perda de solo. A erosão é entendida como um processo de degradação do solo devido à atuação dos fatores naturais e antrópicos, e tem merecido a atenção tanto no que diz respeito à manutenção da capacidade produtividade do solo como à sua preservação. As atividades humanas constituem o principal agente deflagrador dos processos erosivos (Bertoni & Lombardi Neto, 1999).

O processo erosivo consiste de três eventos sequenciais caracterizados pelo desprendimento, arraste e deposição das partículas do solo. O desprendimento ou desagregação das partículas ocorre pelo efeito integrado da energia de impacto das gotas d'água e da força cisalhante do escoamento superficial constituindo, assim, o estágio inicial e mais importante do processo da erosão hídrica (Bertoni & Lombardi Neto, 1999). Estes autores afirmam que diferentes tipos de solo podem apresentar susceptibilidade diferenciada à erosão, mesmo para condições semelhantes de declividade, cobertura vegetal e práticas de manejo. Essas diferenças são devidas às propriedades do próprio solo e são denominadas erodibilidade do solo.

Os solos predominantes no semi-árido brasileiro são de origem cristalina, planos, silicosos e pedregosos, com baixa capacidade de infiltração e baixo conteúdo de matéria orgânica, que associados as altas intensidades das precipitações pluviais, têm causado perdas de água por escoamento e erosão (Anjos et al. 2000). Visando a redução das perdas de solo e para proporcionar maior volume de água infiltrada, diferentes métodos de captação de água de chuva *in situ* foram desenvolvidos e/ou adaptados pela Embrapa Semi-Árido, utilizando tração animal e mecânica. Entre estes, o Guimarães Duque foi a primeira técnica de captação de água de chuva adaptada ao semi-árido nordestino. Este método foi desenvolvido pelo INFAOL (Instituto Nordestino para o Fomento de Algodão e Oleaginosas) e adaptado pela EMBRAPA-CPATSA para exploração de cultivos anual, principalmente milho e feijão (Silva & Porto, 1982). Este trabalho teve como objetivo avaliar diferentes métodos de captação e armazenamento de água de chuva na redução da erosão hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no período de fevereiro a maio de 2006, na Estação Experimental da Caatinga, da Embrapa Semi-Árido, com características edafoclimáticas representadas principalmente por uma precipitação média anual de 566,7 mm, obtida a partir de uma série de 1964-2003 (Moura et. al 2007) e solo classificado como Argissolo Amarelo Eutrófico abruptico plíntico (Embrapa, 2006).

O preparo do solo com os diferentes tratamentos, constituídos por T1: Guimarães Duque; T2: aração profunda; T3: aração parcial; T4: sulcos barrados e T5: sistema tradicional (Figura 1), foi realizado após uma chuva de 27 mm, ocorrida em 13 de fevereiro. A cultura avaliada foi milho, variedade BR catingueiro, cujo ciclo produtivo é precoce, atingindo a maturidade dos grãos em 90 dias, considerada uma alternativa para os produtores do Semi-Árido brasileiro reduzirem seus riscos de safra com culturas em regime de dependência de chuvas. A semeadura foi realizada em covas no espaçamento de 1,0 m x 0,4 m, com 5 sementes por cova. Após a germinação foi realizado um desbaste, deixando-se apenas 2 plantas por cova. As parcelas experimentais foram delimitadas com dimensões de 10,0 m x 5,0 m, com a maior proporção no sentido da declividade do solo, em torno de 0,5%.



Figura 1. Detalhes da área de plantio e do sistema de coleta da água e do solo nos tratamentos.

A coleta do solo arrastado no escoamento foi realizada em caixas com capacidade para 1,0 m³ cada, colocadas a jusante de cada parcela (Figura 1). Após cada evento de precipitação, a água escoada juntamente com o solo, em cada tratamento, foram colocados em repouso em depósitos plásticos por 24 horas para sedimentar e retirar a água excedente. Após o tempo de repouso, o solo úmido foi levado à estufa (105°C) por mais 24 horas, sendo determinado seu peso seco (kg). Para quantificação da precipitação da área de estudo foi instalado um pluviômetro. Também foi avaliada a produtividade de grãos por meio da análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta a distribuição temporal das precipitações ocorridas na área experimental com as respectivas datas das fases desenvolvimento da cultura do milho, abrangendo o período do plantio (14/02) a colheita (17/05).

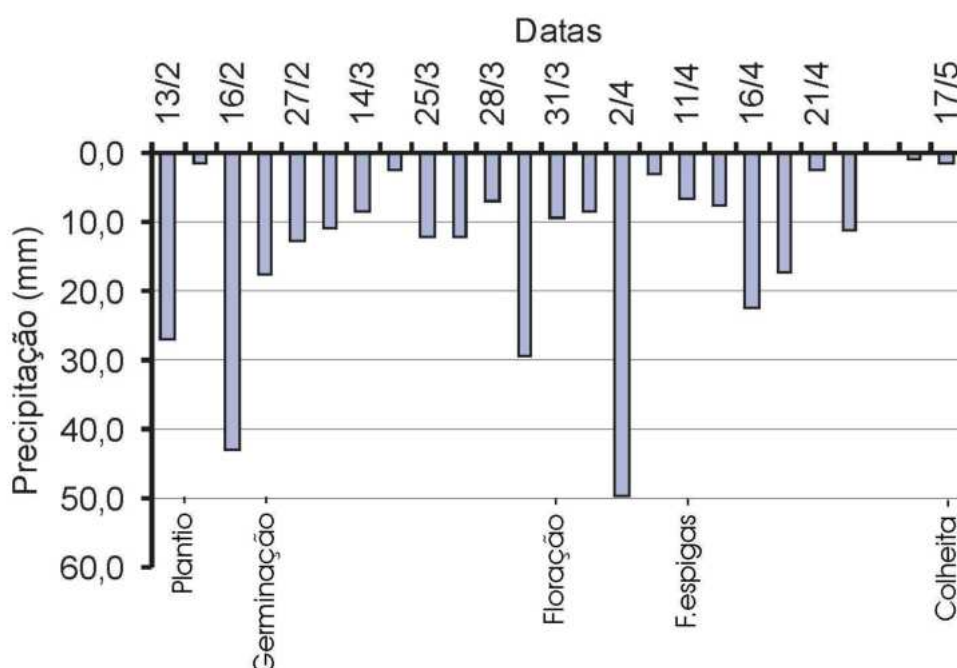


Figura 2. Distribuição temporal das precipitações pluviométricas na área experimental e as fases de desenvolvimento da cultura do milho.

A partir dos dados apresentados na Figura 2 e na Tabela 1 pode-se observar que com uma precipitação de 27 mm, em 13 de fevereiro, não houve escoamento em

nenhum tratamento, isto é, toda água infiltrou. Isto se deve ao fato do solo se encontrar com umidade próxima ao ponto de murcha permanente, em virtude de não ter ocorrido nenhuma chuva. Entretanto, após três dias, ocorreu uma precipitação de 43 mm, a qual provocou perdas de solo na maioria dos tratamentos, correspondendo a T1 (316 kg ha⁻¹), T2 (109 kg ha⁻¹), T3 (69 kg ha⁻¹) e T5 (171 kg ha⁻¹). Essa perda, provavelmente, deve-se ao fato do solo depois dessa chuva ter ficado com teor de umidade superior a sua capacidade de campo, o que contribuiu com o escomaneto superficial, consequentemente com a perda de solo observada. Para as mesmas condições, não foi observada perda de solo no T4 (sulcos barrados).

Tabela 1. Perdas de solo (kg ha⁻¹) obtidas nos diferentes métodos de preparo de solo com cultivo de milho (Embrapa Semi-Árido, 2006).

Data	P (mm)	Perdas de solo (kg ha ⁻¹)				
		T1 ¹	T2	T3	T4	T5
13/02	27,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14/02	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16/02	43,0	316,0	109,0	69,0	0,0	171,0
19/02	17,5	101,0	13,0	28,0	0,0	25,0
27/02	12,8	247,0	149,0	11,0	0,0	4,0
10/03	11,0	13,0	12,0	12,0	12,0	11,0
14/03	8,4	6,0	8,0	3,0	0,0	5,0
21/3	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25/03	12,0	104,0	13,0	15,0	0,0	9,0
27/03	12,0	97,0	11,0	13,0	0,0	8,0
28/03	7,0	29,0	7,0	3,0	0,0	4,0
29/03	29,5	513,0	120,0	69,0	64,0	208,0
31/03	9,3	90,0	13,0	37,0	0,0	16,0
01/04	8,6	66,0	28,0	33,0	0,0	25,0
02/04	49,7	10.489,0	2.904,0	1.918,0	946,0	4.196,0
04/04	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11/04	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14/04	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16/04	22,5	2.083,0	340,0	25,0	0,0	272,0
19/04	17,3	543,0	265,0	293,0	0,0	34,0
21/04	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26/04	11,3	528,0	18,0	18,0	0,0	11,0
Total	322,8	15.225,0	4.010,0	2.547,0	1.022,0	4.999,0

¹Tratamentos: T1: Guimarães Duque; T2: Aração profunda; T3: Aração parcial; T4: Sulco barrado e T5: Sistema tradicional.

Observando a Tabela 1 verifica-se que o mês com maior volume de precipitação foi abril, com um total mensal de 129,4 mm, dos quais 49,7 mm (38,41%) ocorreu em apenas um único dia, proporcionando perdas de solo em todos os tratamentos, principalmente no tratamento T5: método Guimarães Duque (10.489 kg ha⁻¹) e na

testemunha T4 (4.196 kg ha⁻¹). No tratamento T4 (sulcos barrados) as perdas de solo foram de apenas 946 kg ha⁻¹. A tendência do comportamento do T4 apresentar menores valores de perdas de solo foi observada em todos os eventos de chuva, se constituindo no melhor método de preparo do solo para a cultura do milho. Outras técnicas de conservação, como adubação orgânica, cobertura do solo, podem ser associadas a este tratamento, aumentando a sua eficiência.

Esses resultados corroboram com Silva et al. (1999) que obtiveram as maiores perdas de solo em áreas com aração e gradagem, que após 20 anos de estudos verificaram aumentos nas perdas de solo na ordem de 7,4 e 4,2 vezes, quando comparadas às áreas com tratamento tradicional (plantio no plano).

A Tabela 2 apresenta valores de produtividade (kg ha⁻¹) da cultura do milho em função dos diferentes tratamentos. A maior produtividade de grãos foi obtida no T4 (Sulcos barrados) com 606 kg ha⁻¹, seguido por T3 e T2 com 370 e 362 kg ha⁻¹, respectivamente, embora, pela análise de variância não haja diferença significativa. A menor produtividade (302 kg ha⁻¹) foi obtida no tratamento T5 (testemunha). Em termos de matéria seca, os maiores valores foram obtidos pelo T4 com 482 kg ha⁻¹, seguido por T3 e T2, com 376 e 346,9 kg ha⁻¹.

Embora, os valores de produtividade de grãos sejam considerados baixos, quando comparada com os resultados contidos em Wendling et al. (2002) que obtiveram 5.893 kg.ha⁻¹, com um total de precipitação de 816,8 mm, deve-se ressaltar que em termos de região semi-árida e com uma precipitação acumulada no período de 322,8 mm, é um resultado bastante promissor, uma vez que o milho é uma planta exigente em umidade. Pesquisas realizadas por vários autores, citando Dorembos & Kassan, (1979), ressaltam que a quantidade de água necessária durante o ciclo produtivo da cultura do milho é 500 a 800 mm e deve ocorrer de forma bem distribuída no tempo. A deficiência de umidade no solo pode afetar gravemente o rendimento da cultura, especialmente se esta deficiência ocorre no início e durante a fase de floração.

Tabela 2. Valores obtidos para a cultura do milho observados nos diferentes métodos de preparo de solo. Embrapa Semi - Árido.

Tratamentos	Produtividade ¹ (kg ha ⁻¹)
T1: Guimarães Duque	322c
T2: Aração profunda	362b
T3: Aração parcial	370b
T4: Sulcos barrados	606a
T5: Tradicional (plano)	302d
Média	392,4
C.V. (%)	654,0

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre se, pelo Teste de t.

CONCLUSÕES

- o sistema de preparo do solo com sulcos barrados (T1) para o cultivo do milho, apresentou os menores valores de perdas de solo, sendo recomendado como prática de conservação do solo; para enquanto os maiores valores foram obtidos nos tratamentos T1 (Guimarães Duque) e T5 (Tradicional);
- a eficiência do sistema de sulcos barrados proporcionou os maiores rendimentos em termos de produtividade de grãos;
- o sistema de sulcos barrados associada a técnicas de conservação do solo pode reduzir as perdas de solo e água em áreas cultivadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. **Conservação do Solo**. 4.ed. São Paulo: ICONE, 1999.p.

Doorembos, J. & Kassam, A.H. **Yield response to water**. Roma, FAO, 1979. 193p.il. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).

Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2.ed. Brasília: EMBRAPA-SPI, 2006. 412p.

Moura, M. S. B.; Galvinctio, J. D.; Brito, L. T. de L. **Clima e a água de chuva no Semi-Árido**. In: Água de Chuva no Semi-Árido brasileiro/org. Luiza Teixeira de Lima Brito/Magna Soelma B. de Moura – Petrolina,PE: Embrapa Semi-Árido. 2007 (prelo).

Silva, A. B.; Resende, M.; Sousa, A. R.; Margolis, E. Mobilização do solo, erosão e produtividade de milho e feijão em um regossolo no agreste pernambucano. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 34, n.2, p.299-307, fev. 1999.

Silva, A. S.; Porto, E. R. **Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do Trópico Semi-Árido do Brasil**: tecnologias de baixo custo. Petrolina, PE., EMBRAPA-CPATSA, 1982. 128p. il. (EMBRAPA/CPATSA. Documentos, 14).

Wendling, A.; Eltz, F. L. F.; Didoné, A. JR.; Cogo, C. M.; Santos, M. V. C.; Becker, M. W. Produtividade de grãos e massa seca de milho sob plantio direto no período de 1998 - 2002. In: Reunião Brasileira de manejo e conservação do solo e da água, 14. **Anais...** Cuiabá, MT. 2002.



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

INFLUÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NAS DAS ÁREAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NA BAHIA

Magna Soelma Beserra de Moura¹

Josiclêda Domiciano Galvinctio²

Luiza Teixeira de Lima Brito³

Aderaldo de Souza Silva¹

Ivan Igor de Sá⁴

Wêydjane de Moura Leite⁴

Introdução

O Brasil apresenta alto potencial hídrico, com 12% da água doce disponível no planeta. Porém, por conta de suas dimensões geográficas e condições climáticas diferenciadas, algumas regiões sofrem graves problemas de escassez de água, como o Nordeste, principalmente o Semi-Árido.

Quanto às condições climáticas, o Semi-Árido brasileiro se caracteriza por apresentar balanço hídrico negativo, cujas precipitações pluviométricas médias anuais são iguais ou inferiores a 800 mm, evaporação de 2.500 mm/ano e temperaturas médias anuais de 23° a 27° C, com ocorrências de secas periódicas, que determinam o sucesso da atividade agropecuária e, principalmente, a sobrevivência das famílias (Moura, et al. 2007).

Em consequência do comportamento das chuvas, associada à reduzida capacidade de retenção de água na maioria dos solos desse espaço geográfico e a baixa capacidade de absorção de tecnologias pela maioria dos diferentes extratos de produtores do segmento da agricultura familiar, grande parte desta população é altamente dependente da água de chuva, uma vez que os rios apresentam regime temporário, com exceção dos rios São Francisco e Parnaíba, e outros poucos perenizados a partir da construção de grandes

¹Eng. Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Semi-Árido. C.P. 23, Petrolina-PE. 56302-970. magna@cpatsa.embrapa.br

²Matemática, Professora da UFRPE, Depto. de Ciências Geográficas, Recife-PE. josicleda@hotmail.com

³Eng. Agrícola, Pesquisadora. Embrapa Semi-Árido.

⁴Bolsista, CNPq/Embrapa Semi-Árido.

barragens, a exemplo, da barragem Armando Gonçalves, construída na bacia do Jaguaribe, nos estados do Ceará e do Rio Grande do Norte.

No contexto da água das chuvas, do volume precipitado em uma determinada área, parte se infiltra no solo, disponibilizando água para as plantas e alimentando o lençol freático; parte evapora que, segundo Rebouças e Marinho (1972), corresponde a 91,8% do total precipitado. Quando a intensidade de precipitação excede a capacidade de infiltração do solo, dá-se início ao escoamento superficial, cuja água pode ser armazenada em reservatórios superficiais para atender a necessidades diversas e, ou atingir rios e o mar.

Diferentes superfícies podem captar a água da chuva escoada, como estradas, coberturas residências, ginásios de esporte, postos de combustível, shoppings, entre outras, dependendo da finalidade da água a ser armazenada. Para consumo humano, a água necessita estar de acordo com os padrões de potabilidade, conforme a Portaria N°. 518, do Ministério da Saúde (Brasil, 2004). O volume de água a ser captado nesta área deve estar associado às necessidades do uso, ao tipo de cobertura da área e à precipitação pluviométrica ocorrente.

A partir de estudos realizados pela Embrapa Semi-Árido sobre a avaliação da performance do Programa Um Milhão de Cisternas - P1MC, verificou-se que 32% das áreas dos telhados das residências não apresentavam tamanho suficiente para captar o volume de água fornecido pelo P1MC (16 m^3). Este programa tem como meta construir aproximadamente 100 mil cisternas no Estado da Bahia (ASA, 2006), logo há necessidade de estudos que indiquem a variabilidade espacial chuvas de modo que as áreas de captação de água de chuva necessárias às cisternas sejam dimensionadas adequadamente.

Material e Métodos

O Estado da Bahia tem 415 municípios, com área total de 564.273 km^2 , dos quais 265 (63,9%) estão localizados no Semi-Árido perfazendo 393.056 km^2 (IBGE, 2000). A parte mais crítica do estado é a região norte, onde estão localizados os municípios de Juazeiro, Casa Nova, Canudos, Uauá, entre outros, que têm os menores valores e as mais irregulares precipitações pluviométricas, cuja média anual não supera 500 mm e registros de um elevado número de anos em que as chuvas não alcançam os 250 mm, concentrada no verão, com acentuada irregularidade espaço-temporal.

Neste trabalho, foram utilizados dados de precipitação de séries históricas e de bases de dados georreferenciadas, obtidos junto a órgãos como Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco - Codevasf, Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, Agência Nacional de Água - ANA e Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. As bases georreferenciadas municipal e estadual foram obtidas junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

As análises de probabilidade foram realizadas com os totais anuais de precipitação. Destes, inferiu-se os valores esperados de ocorrência de anos cujas precipitações são consideradas normais (em torno da média) ou mais

secos (abaixo da média). Os valores esperados foram estimados utilizando-se a distribuição normal de probabilidade, por meio dos Quantis. O critério de escolha da distribuição normal se deu devido às séries temporais de precipitação mostrarem uma boa aderência a este modelo, o que denota ocorrências similares, probabilisticamente, de anos úmidos (acima da normal climatológica) ou secos (abaixo da normal climatológica), como demonstrado em Galvinctio et al. (2005; 2006).

O cálculo da área de captação foi realizado como proposto por Silva et al. (1988), conforme modelo apresentado abaixo:

$$Ac = \frac{VT}{CxPm} \quad (m^2) \quad (1)$$

em que:

VT é o volume total de água armazenável na cisterna, igual a 16 m³, de acordo com o P1MC, em m³;

C é o coeficiente de escoamento superficial, estimado em 0,70, adimensional;

P é a precipitação média anual (mm), dos anos secos.

Resultados e Discussão

A Figura 1 contém o histograma de frequência das precipitações médias anuais do município de Juazeiro – BA, onde se observa que a distribuição mensal das chuvas tem comportamento semelhante à Distribuição Normal de Probabilidade, o que denota ocorrências de similaridades, probabilisticamente, de anos úmidos ou secos. Também pode ser observado, que as maiores frequências ocorrem entre as precipitações de 100 mm a 140 mm mensais, concentrando-se as chuvas entre dezembro a março.

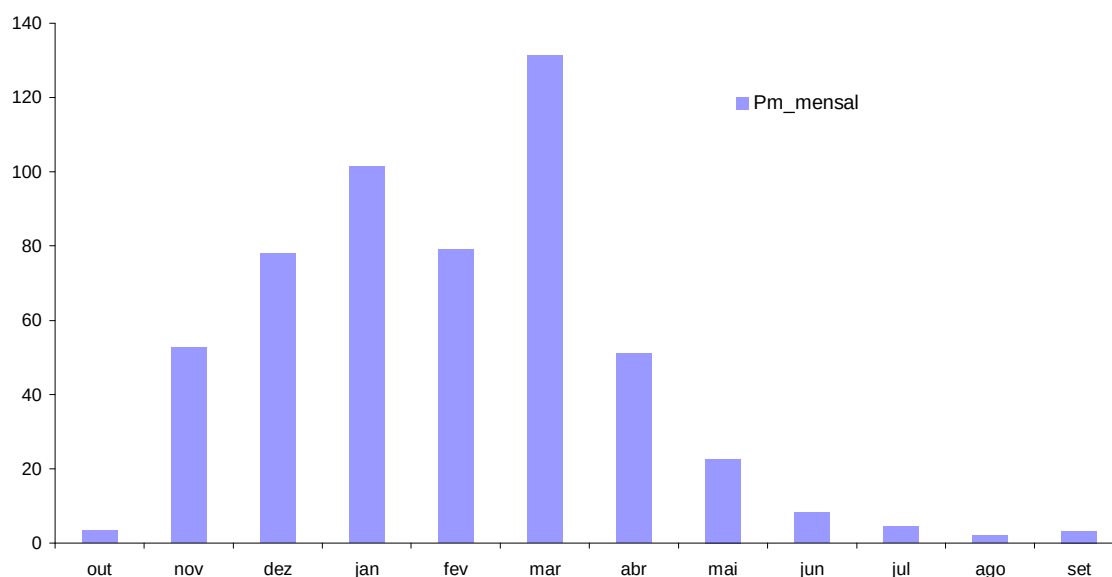


Figura 1. Histograma de frequência das precipitações médias anuais de Juazeiro-BA.

A precipitação pluviométrica é um parâmetro de fundamental importância no dimensionamento de uma estrutura hídrica, principalmente em situações de escassez de água à semelhança do Semi-Árido brasileiro. Nestas condições, deve-se sempre considerar “parâmetros críticos”, que no caso da cisterna que armazena água para o consumo humano, estes parâmetros podem ser o período máximo que não chove na região e os valores médios de precipitação dos anos mais secos, ou seja, dos anos cuja precipitação pluviométrica está abaixo da normal climatológica. Assim, haverá maior segurança quanto à ocorrência das chuvas e possibilitará que mesmo nos anos mais secos a precipitação que ocorra na área de captação da cisterna ou de qualquer outro reservatório de armazenamento de água, seja suficiente para enchê-lo.

A Tabela 1 contém essas informações para os municípios de Juazeiro e Macaúbas – BA, observando-se que enquanto a precipitação média é de 425,21 mm e 795,59 mm para a série analisada, esses valores médios para os anos de precipitações abaixo da normal climatológica são de 300,05 mm e 626,75 mm, correspondendo a 70,6 e 78,8 mm, respectivamente.

O tamanho da área de captação de água de chuva de uma cisterna ou outro tipo de reservatório é inversamente proporcional à precipitação que ocorre nesta área. Para melhor entendimento da variação das áreas de captação, pode-se observar (Tabela 1) para os municípios de Juazeiro e Macaúbas – BA, em que estas áreas variaram de 76,18 m² – 61,31 m² e de 36,47 m² – 29,84 m², considerando 25 e 50 percentil, respectivamente. Para estes municípios, 24,6% e 15,6% dos anos da série estudada estão abaixo da normal climatológica e, assim, considerados secos, enquanto para os municípios da série estudada do estado da Bahia este percentual é de 25,86% e apresentam precipitação média anual de 700,32 mm, e, assim, classificados no semi-árido de acordo com Brasil, (2005).

Tabela 1. Variações das áreas de captação (A_c) necessárias às cisternas com capacidade para $16,0 \text{ m}^3$, nos municípios de Juazeiro e Macaúbas, BA.

Características	Juazeiro - BA	Macaúbas - BA
Precipitação		
Série (anos)	61	64
Anos secos	15 (24,6%)	10 (15,6%)
Quantidade dias sem chuvas por ano	240	
Pmédia anual (mm)	425,21	795,59
Pmédia anual período seco: 25 Percentil (mm)	311,30	635,70
Pmédia anual normal: 50 Percentil (mm)	372,30	766,10
Necessidade de água		
Vol. Atual Cisterna (m³)	16,0	
Area captação (Ac)		
Ac necessária: Pmédia (m²)	53,78	28,73
Ac necessária: Pmédia 25 Percentil (m²)	73,43	35,96
Ac necessária: Pmédia 50 Percentil (m²)	61,39	29,84

As Figuras 2 e 3 apresentam a variação das áreas de captação necessárias para que uma cisterna de 16 m^3 possa chegar a sua capacidade máxima no âmbito do estado da Bahia, em anos de precipitações pluviométrica abaixo da normal climatológica, ou seja, em anos secos (Figura 2) e em anos cuja pluviométrica ocorre em torno da média (Figura 3).

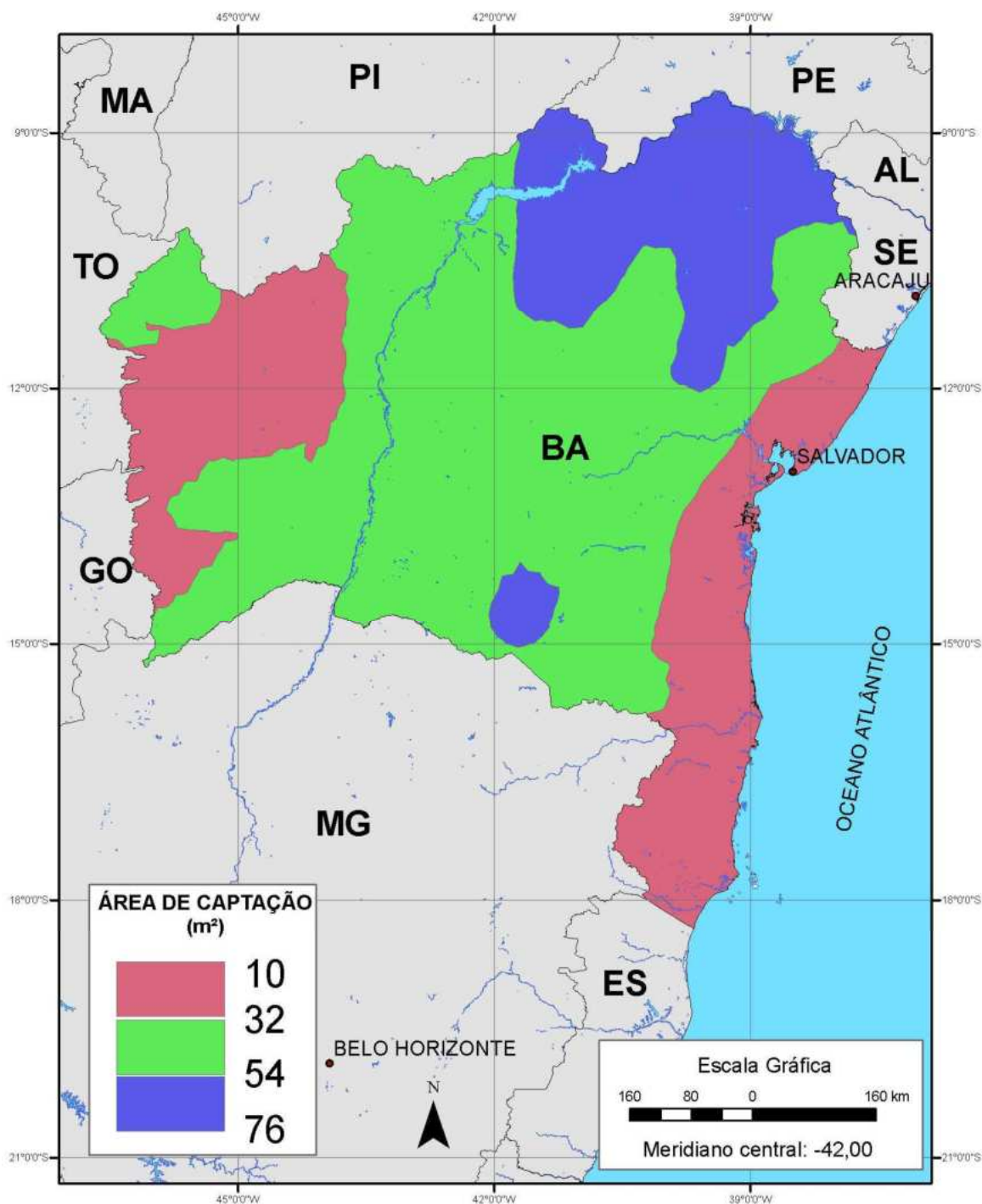


Figura 2. Áreas de captação necessárias às cisternas com capacidade de 16 m^3 , no estado da Bahia, considerando a média das precipitações dos anos mais secos.

Na Figura 2 observa-se em todo estado da Bahia que as áreas de captação variaram 10 m^2 a 76 m^2 . Recomenda-se não se utilizar valores médios obtidos a partir desse intervalo, pois, para alguns municípios as áreas de captação podem ficar sub ou super dimensionadas.

A necessidade de maiores valores de áreas de captação está nos municípios localizados mais ao norte do estado, mesmo naqueles situados às margens do

lago de Sobradinho, no rio São Francisco, onde naturalmente, os valores das precipitações são menores.

A Figura 3 apresenta o mapa das áreas de captação dimensionadas para uma cisterna com capacidade de 16 m^3 , considerando-se os valores médios de precipitações para o estado da Bahia calculados a 50 Percentil. Este valor corresponde, a aproximadamente, ao valor médio da série. A partir destas informações, os valores das áreas de captação necessárias a cisterna variaram de 9 m^2 a 60 m^2 . De forma semelhante, a microrregião norte do estado é a aquela em que necessita de maiores valores de áreas de captação, por concentrar os municípios com menores precipitações pluviométricas.

Conclusões e Recomendações

- No dimensionamento das áreas de captação de água de chuva, devem-se considerar os valores de precipitação média dos anos mais secos, para maior garantia de que a cisterna encherá;
- Para as sub-regiões norte do estado da Bahia o tamanho das áreas de captação variou de 10 a 76 m^2 , considerando a média das precipitações dos anos mais secos, sendo os maiores valores para aqueles municípios onde os as precipitações são menores;

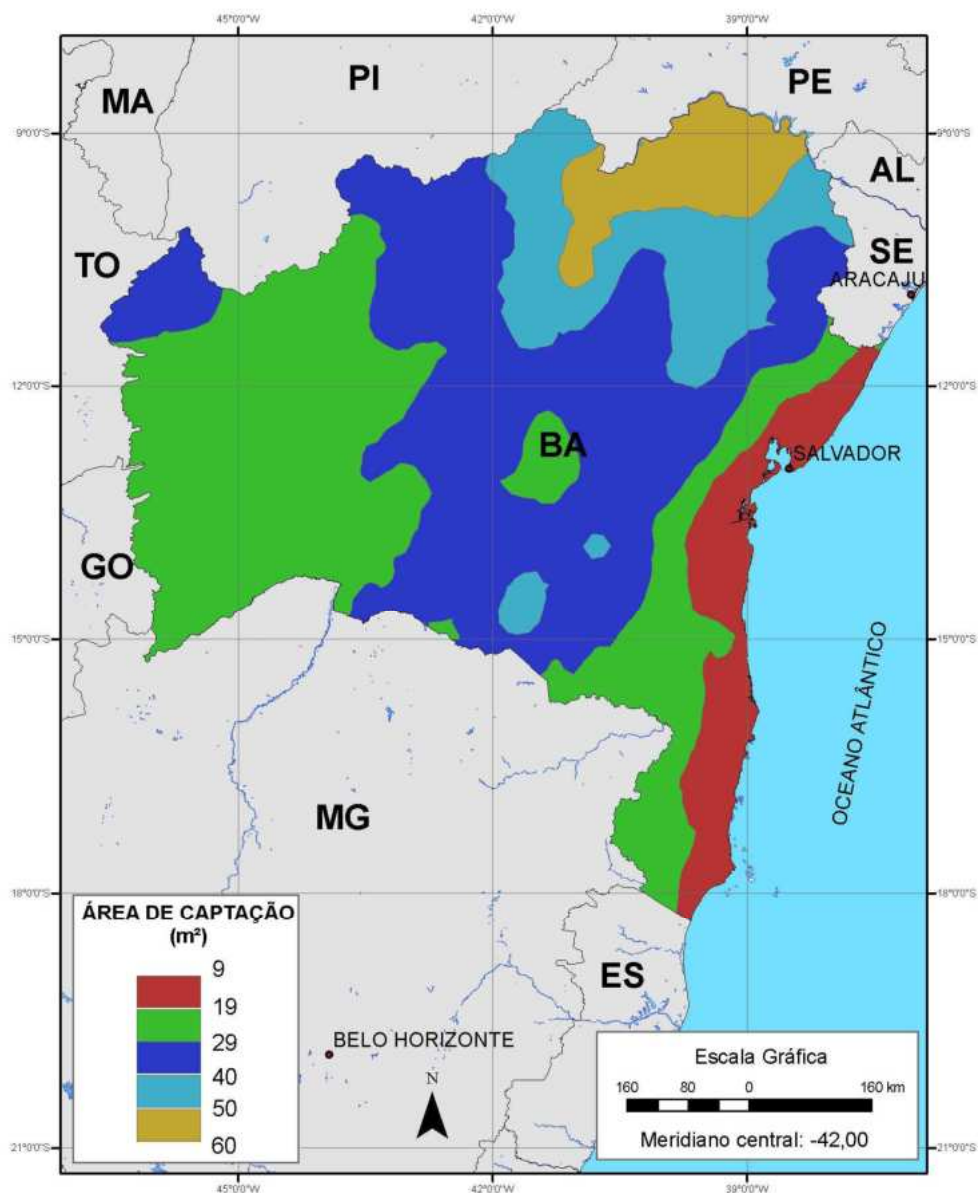


Figura 3. Áreas de captação necessárias às cisternas com capacidade de 16 m^3 , no estado da Bahia, considerando a média dos anos normais de precipitação.

Referências Bibliográficas

Articulação no Semi-Árido Brasileiro - ASA. **Programa de formação e mobilização social para a convivência com o semi-árido: um milhão de cisternas.** Disponível em <<http://www.asabrasil.org.br/p1mc.htm>> Acesso em 10 abr. 2006.

BRASIL,. Ministério da Integração Nacional. Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Ciência e Tecnologia. **Portaria Interministerial Nº.1**, de 09 de marco de 2005. Diário Oficial, Brasília, 11 de março de 2005.

Brasil. Ministério da Saúde. Portaria Nº. 518, de 25 de março de 2004. **Diário Oficial**, Brasília, 26 de março de 2004. Seção 1, p. 266.

Galvêncio, J. D.; Souza, F. A. S.; Moura, M. S. B. **Aspectos climáticos da captação de água de chuva no estado de Pernambuco**. Revista de Geografia. DCG/UFPE, Recife, v. 22, n. 2, p. 15-35, 2006.

Galvêncio, J. D.; Ribeiro, J. G. Precipitação Média Anual e a Captação de Água de Chuva no Estado da Paraíba. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 5. **Anais...** Teresina: ABCMAC. 2005. CD-room.

IBGE. **Malha Municipal Digital do Brasil**. Rio de Janeiro – RJ. 19p. CD-room. 2000.

Moura, M. S. B.; Galvêncio, J. D.; Brito, L. T. de L. **Clima e a água de chuva no Semi-Árido**. In: Água de Chuva no Semi-Árido brasileiro/org. Luiza Teixeira de Lima Brito/Magna Soelma B. de Moura – Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido. 2007 (prelo).

Rebouças, A. da C.; Marinho, M.E. **Hidrologia das secas – Nordeste do Brasil**. Recife, PE. SUDENE/DRN, 1972. 126 p. (Brasil. Sudene. Série Hidrogeológica, 40).

Silva. A. de S.; Brito, L. T. de 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, 1988. (EMBRAPA-CPATSA. Circular técnica, 16).



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**AValiação da Eficiência de Barragens Subterrâneas
Construídas na Região Semi-Árida de Minas Gerais**

Ana Paula Fernandes Viana¹ & Luiz Rafael Palmier²

1) Universidade Federal de Minas Gerais, Av Contorno 842/8º andar; CEP 30110-060 - Belo Horizonte, MG; e-mail: apfviana@click21.com.br

2) Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da EEUFMG, Av. do Contorno, 842 - 8º andar, 30110-060 - Belo Horizonte, MG, Tel.: (31) 3238-1003, e-mail: palmier@ehr.ufmg.br

RESUMO --- Em 2003, dezenas de barragens subterrâneas foram construídas em dois municípios localizados no Médio Vale do Jequitinhonha com o apoio de duas organizações não governamentais. Infelizmente o desempenho geral dessas barragens é inferior ao esperado. Equipamentos foram instalados em três estruturas com o objetivo de monitorar dados hidrológicos que foram usados para inferir o balanço hídrico dos solos localizados a montante dessas barragens. Os resultados indicam que a região tem um bom potencial para a instalação de barragens subterrâneas. Por outro lado, as barragens implementadas até o momento não são suficientes para consolidar a técnica como uma alternativa eficiente, principalmente devido a problemas de concepção técnica. É ainda necessário estabelecer as diretrizes que permitirão difundir o uso de barragens subterrâneas na região semi-árida mineira. Mais do que a perda de investimentos, experiências de pouco sucesso podem inibir a opção por essa técnica eficiente e relativamente barata de mitigação da escassez hídrica.

ABSTRACT --- In 2003, tens of groundwater dams were constructed in two municipalities of the Jequitinhonha basin with the support of two non governmental organizations. Unfortunately the general performance of those dams has been below that expected. Equipments were installed in the surroundings of three structures in order to monitor hydrological data which have been used to infer the water balance of the upstream soils. The results showed that the region has good potential for the installation of those structures. On the other hand those implemented so far have not been able to consolidate the

use of groundwater dams as an effective alternative, mainly due to their poor technical conception. It is still necessary to establish the directives that will allow the widespread and successful use of groundwater dams in the semi-arid region of the state of Minas Gerais. More than the lost investments, the bad experiences may discourage the option for this efficient and relatively cheap technique in mitigating water scarcity.

Palavras-chave: barragem subterrânea, captação de água de chuva

1 – INTRODUÇÃO

No semi-árido mineiro, desde 1980, alguns programas que utilizam a captação de água de chuva vêm sendo implementados, apoiados quer por iniciativas governamentais ou populares. Durante os anos iniciais da introdução desses programas na região, algumas dezenas de barragens subterrâneas foram construídas, subsidiadas principalmente por órgãos governamentais. Porém, as experiências, de uma maneira geral, não foram bem sucedidas. Para a maioria das barragens construídas na época, não há qualquer registro de informação, mas sabe-se que os resultados obtidos não surtiram os efeitos esperados e os programas não tiveram continuidade. Desde 2002, algumas Organizações Não Governamentais (ONGs) e outras representações populares retomaram essa iniciativa e voltaram a desenvolver programas de captação de água de chuva, promovendo a construção de cisternas e barragens subterrâneas. Especificamente no caso das barragens subterrâneas, as experiências, novamente, não alcançaram os objetivos, pois muitas das estruturas construídas apresentaram problemas e não funcionaram adequadamente. No presente estudo, apresenta-se um resumo da investigação (Viana, 2006) sobre a eficiência de barragens subterrâneas na região semi-árida de Minas Gerais.

2 – BARRAGENS SUBTERRÂNEAS

As barragens de águas subterrâneas são estruturas destinadas a obstruir o fluxo de água em aquíferos aluvionares naturais ou artificiais, armazenando-a no próprio solo e permitindo sua existência mesmo em épocas de estiagem. Existem basicamente dois tipos de barragens subterrâneas: as barragens de areia e as barragens subterrâneas propriamente ditas. Na região semi-árida mineira do médio Vale do Jequitinhonha – MG a maioria das barragens subterrâneas apresenta uma tipologia construtiva que consiste em uma adaptação dos dois tipos acima mencionado. A porção da barragem acima da superfície é constituída de terra

(praticamente impermeável) e possui um vertedor em seu eixo longitudinal, como também um poço amazonas, como mostrado na figura 1.

A maioria dos trabalhos consultados sobre a avaliação de barragens subterrâneas teve como foco a avaliação construtiva, a avaliação do potencial produtivo agrícola, a qualidade da água e a importância social da estrutura para aqueles que a utilizam. Por se tratar de uma técnica alternativa que tem como objetivo principal o aumento de disponibilidade hídrica, a quantidade de água que esse tipo de estrutura pode fornecer deve ser incorporada à análise. A eficiência quantitativa da técnica e o potencial hídrico da mesma podem interferir no que se refere à destinação e uso das barragens subterrâneas. Assim, este trabalho propõe uma avaliação que, além desses aspectos, aborda o potencial de armazenamento hídrico de barragens subterrâneas, com base em monitoramentos realizados em barragens construídas na região semi-árida de Minas Gerais.

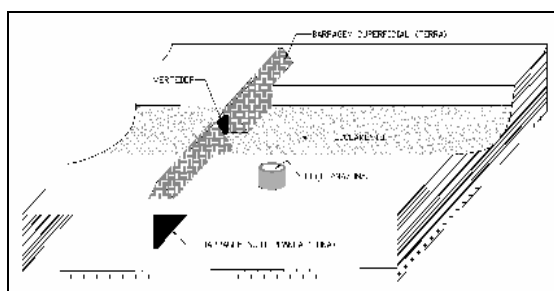


Figura 1 – Modelo de Barragem Utilizada no Médio Vale do Jequitinhonha

3 – METODOLOGIA

Os municípios de Araçuaí e Itinga estão inseridos no Vale do Rio Jequitinhonha. Nesses municípios a precipitação média anual é de 700 mm, com taxa de evaporação potencial média anual da ordem de 1400 mm; o regime de chuvas é muito irregular, com longos períodos de secas e períodos chuvosos concentrados. As experiências com as barragens subterrâneas recentemente construídas (2003) nessa região, em geral, não foram bem sucedidas. Com base em investigações preliminares de campo, verificou-se que a grande maioria das 14 barragens subterrâneas visitadas não estava funcionando de forma adequada (10 não estavam sendo utilizadas).

Devido a problemas relacionados à inacessibilidade de alguns locais durante os períodos chuvosos e à existência de estruturas que não apresentavam condições mínimas para

o monitoramento, apenas 3 barragens subterrâneas tiveram seu comportamento avaliados neste estudo, duas delas localizadas no município de Itinga (barragens 1 e 2) e a outra em Araçuaí (barragem 3). As texturas dos solos retirados durante a instalação de piezômetros foram determinadas até as profundidades de perfuração dos mesmos. A barragem 1 apresentou uma predominância de material arenoso, enquanto as outras duas composição predominantemente argilosa.

As localizações dos eixos longitudinal e transversal de cada barragem foram determinadas pela topografia e a facilidade de acesso da retro-escavadeira utilizada na escavação da vala. A profundidade de escavação das barragens não ultrapassou 6 m por causa das limitações da máquina utilizada (alcance máximo da retro-escavadeira). Segundo os voluntários que trabalharam na construção das estruturas, as camadas impermeáveis das barragens 1 e 3 foram alcançadas, porém, na barragem 2, foi necessária a realização de escavação manual a partir dos 6 metros de profundidade. Todavia, esse procedimento foi suspenso por causa dos riscos de desabamento do solo. O valor aproximado investido em material de construção para cada barragem foi da ordem de R\$ 2.400,00 (dois mil e quatrocentos reais – valor de referência durante o período de construção).

O funcionamento das barragens superficiais foi relacionado à capacidade de retenção de água de cada estrutura. Para realização dessas análises foram monitorados os eventos de precipitação ocorridos e as conseqüentes variações de nível da lâmina de água acumulada. Para realização dessa avaliação foi instalada uma estação climatológica em Itinga em local próximo à barragem 1. Em cada barragem, foram também instaladas réguas de nível nos vertedores e dois piezômetros, um a montante e outro a jusante, que tiveram seus níveis freáticos monitorados, bem como os níveis do poço amazonas. As distâncias longitudinais entre o piezômetro de montante e o poço amazonas e entre este e o piezômetro de jusante são iguais a, respectivamente, 65 m e 11,2 m, para a barragem 1, 45 m e 12,5 m para a barragem 2 e 35 m e 8,9 m para a barragem 3. Algumas características físicas das barragens e as profundidades dos piezômetros são indicadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Características físicas das barragens e profundidades dos piezômetros

Barragem	Comprimento L (m)	Profundidade do piezômetro a montante (m)	Profundidade do piezômetro a jusante (m)	Declividade Longitudinal do eixo i (%)	Dimensões do Vertedor	
					h (m)	L' (m)
1	75,20	1,70	2,40	2,17	0,90	4,50
2	79,50	4,70	4,90	1,50	0,45	4,95
3	65,90	2,00	1,93	0,90	0,55	7,30

Face aos riscos de salinização dos solos a montante de barragens subterrâneas, optou-se por medir a condutividade elétrica das águas retidas. O potencial de armazenamento de água nas barragens subterrâneas foi considerado como um dos elementos de maior importância ao se avaliar a viabilidade da utilização desse tipo de estrutura.

4 – RESULTADOS

Testes de infiltração permitiram obter valores de capacidade de infiltração e testes de bombeamento permitiram obter valores de condutividade hidráulica saturada, armazenabilidade e armazenabilidade aparente, como mostrado da tabela 2.

Tabela 2 – Características obtidas com testes de infiltração e bombeamento

Barragem	f_c (cm/h)	K_{sat} (cm/h)	S	S_{ap}
1	20,7	43,06	0,235	0,301
2	0,8	2,72	0,041	0,054
3	2,6	7,87	0,068	0,079

Assim, os solos das barragens foram classificados como de alta capacidade de infiltração. Os valores obtidos por meio dos testes de bombeamento foram cerca de duas a três vezes maiores do que os obtidos nos ensaios de infiltração. No entanto, como as condutividades hidráulicas de solos com características físicas semelhantes tendem a apresentar variações em escala logarítmica, os resultados mostram que os procedimentos utilizados podem representar, de forma aproximada, as condutividades hidráulicas saturadas dos solos analisados.

As condutividades elétricas das águas acumuladas a montante das barragens subterrâneas foram monitoradas em análises realizadas nos meses de janeiro, abril e julho de 2005. Os valores médios observados foram de 170 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, para as barragens 1, 2 e 3. Portanto, é baixo o risco de salinização dos solos e não há restrições para uso agrícola.

O monitoramento dos níveis nos piezômetros foi realizado nos dois anos hidrológicos compreendidos entre os meses de dezembro de 2004 e agosto de 2006. A barragem 1 teve sua parte superficial rompida em 12/12/2004, a qual só foi reconstruída em 04/12/05. Por esse motivo, não foram realizadas leituras de régua no ano hidrológico 1. Os dados obtidos são apresentados nas figuras 2a, 2b e 2c.

Na barragem 1, a lâmina de água acumulada permaneceu por longos períodos na superfície da barragem. A partir do mês de maio de 2006, a lâmina começou a decair, mas, no fim do mês de agosto, a barragem ainda possuía uma lâmina de água superficial de 136 cm de altura. A barragem 2 apresentou uma alta variação diária de lâmina superficial, visto a quantidade e frequência de picos obtidos. Todos os períodos em que a barragem secou coincidiram com os períodos de pouca, ou nenhuma, precipitação. A barragem 3 apresentou uma maior continuidade de lâmina superficial média diária que as outras barragens. O comportamento da lâmina na barragem 2, com variações muito mais evidenciadas do que nas demais barragens, pode estar relacionado à ocorrência de vazamentos subterrâneos.

De 01/12/2005 a 31/08/2006 foi realizado um monitoramento diário das cotas dos níveis d'água nos piezômetros e nos poços amazonas (Figuras 3a, 3b e 3c). As leituras nos poços amazonas só foram realizadas quando o acesso até os mesmos não foi dificultado pela quantidade de água superficial acumulada nas estruturas. Os valores de níveis, nesse caso, foram obtidos a partir da correlação entre as cotas do terreno dos poços, das cotas das régua de nível instaladas nos vertedores e das alturas de lâmina superficial monitoradas.

De uma forma geral, as repostas dos níveis d'água nos piezômetros e poços amazonas são semelhantes, visto que os níveis decrescem desde o início do monitoramento, já durante a estação chuvosa, até os meses de fevereiro ou março, quando eventos chuvosos de grande intensidade provocam uma rápida ascensão. A partir daí, com o início da estação seca, os níveis voltam a decrescer. Os piezômetros de jusante das barragens 1 e 3 secam após longos períodos secos, o que pode evidenciar que a magnitude do fluxo subterrâneo através dessas

duas estruturas é de pequena magnitude. Na barragem 1, apenas o poço amazonas apresenta resposta rápida. Na barragem 2, as respostas dos dois piezômetros e do poço amazonas são simultâneas. Nas barragens 2 e 3, os níveis d'água do piezômetro de montante e do poço amazonas são idênticos (o nível do poço amazonas na barragem 2 decaiu mais rapidamente que o dos demais, provavelmente em função da maior extração de água pelo proprietário durante o período de estiagem).

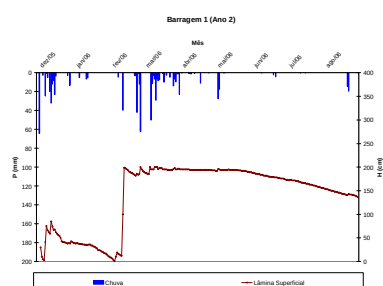


Figura 2a – Variação da Lâmina Superficial (Ano 2 – Barragem 1)

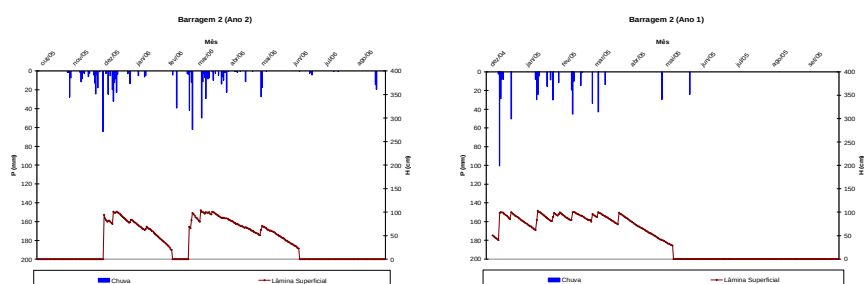


Figura 2b – Variação da Lâmina Superficial – (Ano 1 e 2 - Barragem 2)

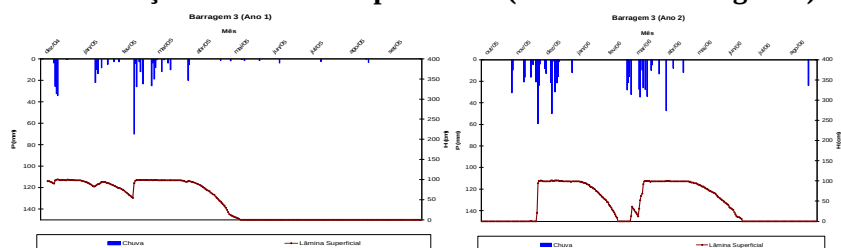


Figura 2c – Variação da Lâmina (Ano 1 e 2 - Barragem 3)

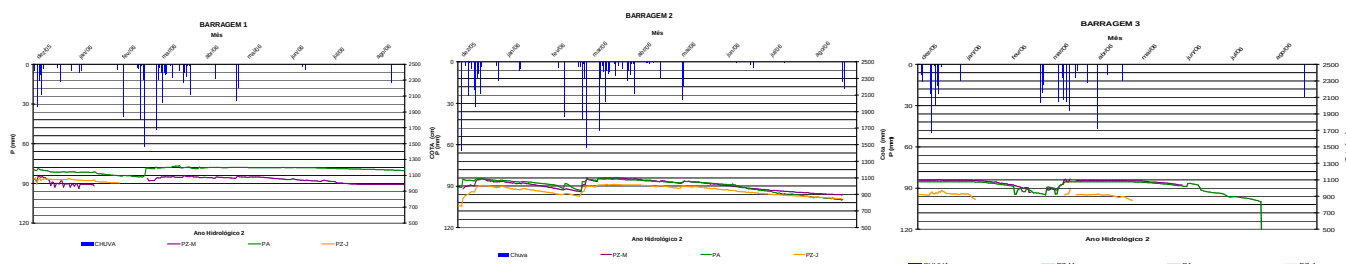


Figura 3a, 3b e 3c – Cotas dos níveis d'água nos piezômetros e nos poços amazonas das barragens 1, 2 e 3 (12/2005 a 08/2006)

As diferenças entre as cotas dos níveis d'água do poço amazonas e do piezômetro de jusante (quando este não está seco) para as três barragens são iguais a, respectivamente, 1,0 m, 1,0 m e 2,0 m, para as barragens 1, 2 e 3. Esses valores indicam a eficiência das três barragens em reter água na região a montante das barragens subterrâneas, apesar da resposta do piezômetro de jusante da barragem 2, o que pode ser função de perdas subterrâneas nessa estrutura.

5 – CONCLUSÕES

A tipologia utilizada, com a porção superficial das barragens composta por terra, que teve como intuito facilitar a infiltração, apresentou problemas, pois não foi capaz de suportar os escoamentos superficiais mais intensos, com danos às estruturas (barragem superficial e vertedores, os quais não foram dimensionados com base nos dados de escoamento superficial de cada barragem). As barragens subterrâneas 1 e 2 permitiram o armazenamento de água nos aquíferos mesmo em épocas de estiagem prolongada, o que possibilitou a utilização das áreas mais úmidas para plantio e a irrigação das áreas do entorno. Já a barragem 3 não foi capaz de acumular água durante todo período estudado.

Pode-se concluir que a utilização de barragens subterrâneas pode representar uma boa alternativa de minorar os efeitos da escassez hídrica típica da região deste estudo, visto que os aquíferos aluvionares existentes no local possuem características hidrogeológicas passíveis de

fornecer água em quantidade e qualidade para a agricultura de pequena escala. No entanto, estudos técnicos preliminares fazem-se necessários para a construção adequada dessas estruturas. Além disso, a escolha da tipologia adequada de barragem e os procedimentos construtivos devem ser elaborados com base nas características climáticas e hidrogeológicas da região, pois a maior deficiência dos programas desenvolvidos consiste na fragilidade da concepção técnica dos projetos.

6 – REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VIANA, A.P.F. (2006). *Avaliação de barragens subterrâneas do Médio Vale do Jequitinhonha – Minas Gerais*. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, UFMG.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA DE CHUVA NA CIDADE DE JOÃO
PESSOA PARA USO NÃO POTÁVEL**

Isabelle Yruska de Lucena Gomes da Costa¹; Celso Augusto Guimarães Santos²; Rodolfo
Luiz Bezerra Nóbrega³

¹Aluna da Pós-Graduação em Engenharia Urbana da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e Bolsista CNPq, e-mail: isabelleyruska@yahoo.com.br; ²Professor Dr., DEC/CT/UFPB, e-mail: celso@ct.ufpb.br. Endereço: DEC/CT/UFPB – 58051-900 João Pessoa, PB Telefax: (83)3216-7684; ³Aluno de Graduação da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), e-mail: rodolfo@hidro.ufcg.edu.br

RESUMO

Com o aumento da população nos últimos anos, cresce a necessidade de buscar fontes alternativas para solucionar os problemas de abastecimento de água verificados constantemente nas grandes cidades. Uma solução rápida e de baixo custo é a utilização da água de chuva em finalidades não potáveis para o meio urbano. O presente artigo tem como objetivo principal caracterizar qualitativamente a água de chuva na cidade João Pessoa coletada a partir de dois pontos distintos em um condomínio horizontal da cidade, jardim e telhado, e compará-las com a água atualmente utilizada pelos condôminos que vem de poço próprio. A caracterização é realizada a partir de parâmetros físico-químicos, tais como, pH, alcalinidade, condutividade, turbidez, cor, dureza, cloretos, alcalinidade, sólidos totais dissolvidos (STD), nitrito, nitrato, amônia e sulfato. A caracterização da água de chuva é necessária para verificar a qualidade com o intuito de indicá-la para uso em condomínios horizontais da cidade de João Pessoa, afim de diminuir o consumo de água potável e evitar crises no abastecimento de água nesses locais

Palavras-chave: qualidade, água pluvial, condomínios horizontais.

INTRODUÇÃO

Com o elevado crescimento populacional e o desenvolvimento econômico observados nos últimos anos, a água vem se tornando um recurso cada vez mais precioso, porém escasso, e disputado praticamente em todo o mundo (DIAS, 2006). De acordo com a lei nº 9433/97 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, a água é um bem de domínio público, recurso natural limitado e dotado de valor econômico, sendo essencial à vida humana, ao desenvolvimento econômico e à preservação do meio ambiente.

No último século, a demanda por água aumentou seis vezes enquanto que a população cresceu apenas três, como consequência grave pode ser observada a redução da água para o consumo (TUCCI, 2002 *apud* PIZAIA *et al.*, 2005). As pessoas geralmente desperdiçam grandes quantidades de água potável para sua utilização em usos não nobres. Uma alternativa eficaz para solucionar o problema de escassez em áreas urbanas, onde a demanda aumenta diariamente, é a utilização da água de chuva em finalidades não potáveis, tais como, irrigação de jardins, lavagem de carros, lavagem de calçadas, etc. Segundo Tomaz (2003), utilizar a água de chuva para suprir as necessidades não potáveis é uma prática antiga que diminuiu devido à implementação dos sistemas públicos de abastecimento, porém, nos dias atuais, a gestão da água de chuva vem sendo observada em muitos países devido à verificação de sua qualidade compatível com usos não nobres.

Ao precipitar, a chuva leva consigo elementos presentes na atmosfera, os quais podem interferir na qualidade da água de chuva. Segundo Tomaz (2003), alguns fatores modificam as características da água de chuva, tais como, localização geográfica, presença de vegetação, presença de carga poluidora, condições meteorológicas, dentre outros.

Para que a qualidade da água não seja comprometida, os primeiros milímetros de chuva devem ser descartados no sistema de aproveitamento de águas pluviais. No caso dessa água ser captada a partir do telhado é aconselhável o descarte para que seja feita a limpeza do telhado devido à elevada concentração de poluentes e matéria orgânica encontrados no mesmo. (MAY, 2004; SIQUEIRA CAMPOS, 2004; TERRY, 2001 *apud* TOMAZ, 2003; TORDO, 2004).

Os telhados mais eficientes na coleta da água de chuva para verificação de sua qualidade são em ordem crescente: telhas cerâmicas, plásticos, fibrocimento, metálico (TERRY, 2001 *apud* TOMAZ, 2003). Ghanayem (2001, *apud* TOMAZ, 2003) concluiu que geralmente o pH da água de chuva encontra-se na faixa 4,5 a 5,8. Quando a água de chuva entra em contato com o telhado, o pH aumenta para um valor médio de 6,5.

Nas últimas décadas foi observado um aumento considerável na quantidade de estudos, a nível mundial, com enfoque na avaliação da qualidade de água de chuva armazenada em cisternas para uso não potável (Scott & Waller, 1982; Michaelides, 1984; Klein & Bullerman, 1989; Krishna, 1991). Handia *et al.* (2003) delimitaram como área de estudo uma zona urbana, destacando um bom potencial quali-quantitativo para captação de água de chuva. O Quadro 1 apresenta alguns parâmetros encontrados na literatura na análise da qualidade de água de chuva.

Quadro 1 – Parâmetros encontrados na literatura na análise da qualidade de água de chuva

Local /Parâmetros	pH	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	H ⁺	Referências
Pedras Altas (RS)	4,98	1,35	0,99	0,89	0,45	0,51	0,723	0,722	0,13	0,0103	Migliavacca <i>et al.</i> (2004)
Parque Nacional Itatiaia (RJ)	4,94	0,184	0,74	0,732	0,423	0,0508	0,0862	0,08987	0,0267	0,0116	Mello & Almeida (2004)
Rio Corumbataí (SP)	5,5	2,2	2,2	4,5	-	0,26	8,85	0,97	0,79	-	Conceição & Bonotto (2004)
Região Metropolitana (SP)	6,2	1,03	1,63	1,36	0,5	0,23	0,92	0,28	-	-	Rocha <i>et al.</i> (2003)
Região Metropolitana (SP)	4,77	0,03	0,83	0,97	0,5	0,14	0,22	0,08	0,04	0,02	Fornaro & Gutz (2003)
Região Metropolitana (RJ)	4,77	2,36	1,98	0,98	0,34	0,434	0,6	0,144	0,24	0,02	Mello (2001)
Figueira (PR)	4,7	-	3,31	-	0,54	-	0,7	-	-	-	Flues <i>et al.</i> (2002)
Piracicaba (SP)	4,5	0,25	0,9	1,03	0,31	0,113	0,11	0,62	0,28	0,33	Lara <i>et al.</i> (2001)
Manaus (AM)	4,7	0,16	0,96	0,26	0,054	0,031	0,048	0,055	0,011	0,017	Williams <i>et al.</i> (1997)
Região Metropolitana Porto Alegre (RS)	5,5	4,2	-	0,45	-	0,66	0,95	-	0,81	-	Luca <i>et al.</i> (1991)
Cubatão (SP)	3,6	7,71	7,67	-	1,25	0,58	4,32	3,62	1	-	Abbas (1989)

Fonte: Adaptado de Tordo (2004)

O presente trabalho tem por objetivo fazer uma análise físico-química da água de chuva na cidade de João Pessoa para ser utilizada como fonte alternativa de abastecimento, em finalidades não potáveis em condomínios horizontais da cidade, com o intuito de minimizar o consumo de água potável nesses locais.

MATÉRIAS E MÉTODOS

Área de Estudo

A cidade de João Pessoa está situada no Estado da Paraíba, Brasil (Figura 1). Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), a cidade tem uma população de 672.081 habitantes, com uma área de 211 km². João Pessoa apresenta atualmente uma forte tendência para o crescimento do número de condomínios horizontais, principalmente no setor sul da cidade.

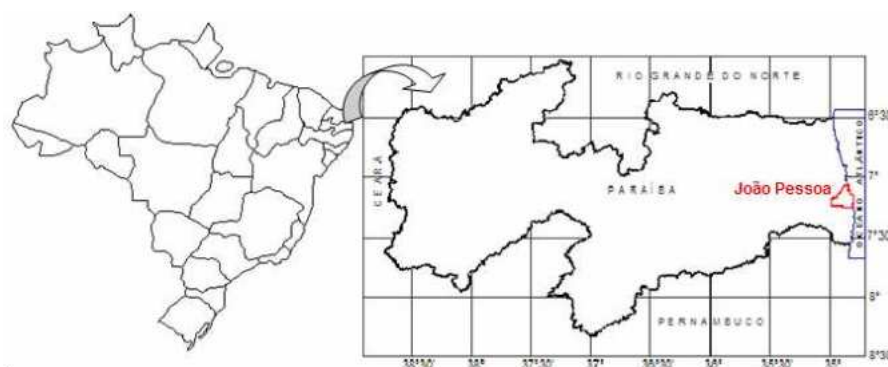


Figura 1 – Localização da cidade de João Pessoa, Paraíba, Brasil.

Coleta da Água pluvial

Na coleta da água de chuva, foram descartados os primeiros milímetros de chuva por apresentar um elevado grau de contaminação já constatado na literatura. As amostras foram coletadas em dois pontos distintos de um condomínio horizontal da cidade de João Pessoa em garrafas plásticas de 1500 mL, uma amostra a partir do telhado cerâmico residencial e a outra do jardim para coleta de precipitação livre. Além destas amostras de água de chuva, foi coletada, também em uma garrafa plástica de 1500 mL, uma amostra da água de torneira residencial. O sistema de abastecimento de água do condomínio em estudo é feito através de um poço profundo, armazenando a água em um reservatório e distribuído para as residências, onde novamente é armazenado em uma caixa d'água.

As amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Saneamento da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) para realização de 12 análises físico-químicas, em que foram analisados os parâmetros pH, condutividade, turbidez, cor, dureza, cloretos, alcalinidade, STD, nitrito, nitrato, amônia, sulfatos. As análises foram realizadas segundo as metodologias estabelecidas pelo *Standard Methods for Examination of Water & Wastewater*.

RESULTADOS

A amostra de precipitação livre coletada a partir do jardim teve influência apenas da deposição úmida de materiais, enquanto que a amostra coletada a partir do telhado sofreu influência tanto da deposição seca de materiais, verificada durante o período de estiagem, quanto da deposição úmida dos mesmos, observada durante a chuva. Os resultados estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 – Resultados das análises microbiológicas da água de chuva na cidade de João Pessoa

Parâmetros	Unidade	Telhado	Jardim (Precipitação livre)	Torneira (Poço)	Portaria Nº 518/04 MS (VMP)	Resolução CONAMA Nº 357/05 (Classe 01)
pH	-	6,72	5,24	6,80	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Condutividade	µS/cm	25,0	24,0	57,5	-	-
Turbidez	UT	0,81	0,34	0,62	5,0 UT	100 UNT
Cor	uH	0,00	0,00	0,00	15 uH	75 mg pt/L
Dureza	mg/L	21,4	20,1	72,1	500 mg/L	-
Cloretos	mg/L	10,5	17,2	9,3	250,0 mg/L	250,0 mg/L
Alcalinidade	mg/L	13,4	6,5	15,3	-	-
STD	mg/L	13,9	12,1	27,3	-	-
Nitrito	mg/L	0,0	0,1	0,0	-	1,0 mg/L
Nitrato	mg/L	0,0	0,0	0,0	-	10 mg/L
Amônia	mg/L	0,0	0,0	0,0	1,5 mg/L	3,7 mg/L
Sulfato	mg/L	ND	ND	ND	250,0 mg/L	250,0 mg/L

Na caracterização da água de chuva, pode-se verificar que os resultados obtidos a partir da amostra do telhado são maiores do que os resultados coletados no jardim (exceção para cloretos), confirmando certa concentração de poluição com resíduos que podem ser encontrados no telhado derivados de fezes de animais, poeiras, folhas de árvores, etc.

O pH da água indica a acidez da chuva ou sua alcalinidade, quando considerada ácida causa sérios problemas ao homem e ao meio ambiente. Os valores apresentados apontam para uma chuva levemente ácida, porém dentro dos padrões de água potável. Os cloretos podem indicar a proximidade do local em estudo com o mar e/ou emissões atmosféricas. Altos teores de cloreto são prejudiciais às pessoas portadoras de doença cardíaca ou renal.

A dureza é um parâmetro que impede a formação de espuma, como o sabão. As amostras do telhado e jardim apresentaram valores de dureza baixos conforme relatado na literatura, porém um pouco elevado na amostra da torneira. Os doze parâmetros encontram-se

em conformidade com a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde e com a Resolução CONAMA nº 357.

CONCLUSÕES

Os valores obtidos para as análises físico-químicas da amostra da precipitação livre do jardim apresentaram melhores resultados do que os obtidos a partir do telhado e da torneira do condomínio em estudo. Dessa forma, é necessário ter cautela na coleta da água de chuva a partir do telhado, quando devem ser descartados os primeiros milímetros de chuva para que a água apresente-se dentro dos padrões exigidos. O tipo do material do telhado, bem como o sistema de calhas do mesmo, deve influenciar diretamente na qualidade da água coletada, e assim, cuidados adicionais devem ser tomados quando o sistema for projetado.

A chuva na cidade de João Pessoa apresentou-se de boa qualidade para sua utilização em fins não potáveis, tais como, regas de jardins, lavagens de carros, lavagens de calçadas, descargas de vasos sanitários, etc., podendo ser utilizada, em último caso, para fins potáveis devendo receber tratamento adequado de acordo com os padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria MS 518/04 e Resolução CONAMA nº 357/05. Portanto, o condomínio em estudo pode utilizar a água de chuva a fim de minimizar o consumo de água potável existente no mesmo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DIAS, I. C. S. Estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2006.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 23 de abril de 2007.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.

PIZAIA, M. G.; SOARES, P. C. S.; CAMARA, M. R. G.; CAMPOS, M. F. S. A importância da água na economia doméstica: formas alternativas para um melhor aproveitamento e economia do recurso pelos residentes domiciliares. In: XLII Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. Ribeirão Preto, São Paulo, 2005.

SIQUEIRA CAMPOS, M. A. Aproveitamento de água pluvial em edifícios residências multifamiliares na cidade de São Carlos. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2004.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis. São Paulo: Navegar, 2003. 180p.

TORDO, O. C. Caracterização e avaliação do uso de águas de Chuva para fins potáveis. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Regional de Blumenau, Blumenau. 2004.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**SUGESTÕES PARA O APRIMORAMENTO DOS SISTEMAS DE CAPTAÇÃO DE
ÁGUA DE CHUVA POR MEIO DE CISTERNAS NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DE
MINAS GERAIS**

Alberto Simon Schwartzman¹ & Luiz Rafael Palmier²

1) Doutorando do Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Av Contorno 842- 8º andar; CEP 30110-060 - Belo Horizonte, MG; e-mail: schvartzman@zipmail.com.br

2) Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da EEUFMG, Av. do Contorno, 842 - 8º andar, 30110-060 - Belo Horizonte, MG, Tel.: (31) 3238-1003, e-mail: palmier@ehr.ufmg.br

RESUMO --- A técnica de captação de água de chuva que atinge telhados e é armazenada em cisternas tem sido utilizada como alternativa para o suprimento de água para o consumo humano em localidades dispersas na região semi-árida brasileira, a qual possui características climáticas e sociais não uniformes. Apesar dessas diferenças, as cisternas construídas nessa região seguem o mesmo padrão, impedindo, por vezes, o aproveitamento das potencialidades de uma dada área. Adicionalmente, é possível verificar situações em que a ausência de uma manutenção adequada dos sistemas de captação de água de chuva resulta no seu abandono, parcial ou total. Neste trabalho discute-se a possibilidade do estabelecimento de um plano de administração, operação e manutenção das cisternas e são apresentados resultados de simulações que demonstram as possibilidades de um melhor dimensionamento das cisternas e controle por parte dos usuários de suas demandas diárias de água.

ABSTRACT --- The domestic roof water harvesting technique has been used as a water supply alternative for human consume in the Brazilian semi-arid region, which is characterized by non uniform climatic and social conditions. Despite those differences, the cisterns constructed in this region follow the same pattern, which, in some cases, impedes the maximum use of the potentials of a given area. Additionally it is possible to verify that the lack of a systematic maintenance of water harvesting systems results in their partial or total

*6º. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007*

abandon. A preliminary version of a cistern administration, operation e maintenance plan is discussed and some simulations showing that a better scheme of the cisterns and a better control of its use by the beneficiaries are presented in this paper.

Palavras-chave: gestão de recursos hídricos, captação de água de chuva, cisternas

1 – INTRODUÇÃO

A região semi-árida brasileira tem sido caracterizada por problemas relacionados à seca. Apesar da existência de um cenário de adversidade climática e hidrológica, somada a solos de baixa fertilidade, é elevado o contingente de população dispersa na região semi-árida brasileira que se estende pelos estados da região nordeste do país e do estado de Minas Gerais. No meio rural ou em pequenos núcleos da região semi-árida brasileira habitam, atualmente, cerca de 31% dos seus quase 48 milhões de habitantes.

A recente iniciativa da implantação de cisternas para captação de água de chuva é traduzida especialmente pelo Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC), ação de organizações não governamentais apoiada pelo governo federal, cuja idéia seria implantar 1 milhão de cisternas em 5 anos. O programa foi iniciado no ano de 2000, estando construídas, aproximadamente, 200.000 cisternas, das quais 6.500 se encontram no semi-árido mineiro.

Essa técnica vem sendo aplicada com sucesso em diversas regiões, mas há situações em que a ausência de uma manutenção adequada dos sistemas de captação de água de chuva resulta no seu abandono, parcial ou total. O maior obstáculo ao uso disseminado dessa técnica pode estar relacionado a problemas de gestão, tais como a ausência de uma legislação adequada e a falta de um plano de monitoramento e manutenção das unidades construídas. Neste trabalho discute-se a possibilidade do estabelecimento de um plano de administração, operação e manutenção das cisternas e apresenta-se uma simulação das possibilidades de otimização das técnicas de captação de água de chuva na região semi-árida de Minas Gerais.

2 – A LEGISLAÇÃO SOBRE ÁGUA DE CHUVA

A recente legislação sobre recursos hídricos não trata especificamente das águas de chuva. A Lei Federal nº 9.433/97, entretanto, estabelece, no parágrafo primeiro do artigo 12, que *independem de outorga pelo Poder Público, conforme definido em regulamento: i) o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural; ii) as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes; e iii) as acumulações de volumes de água considerados insignificantes.*

Interpreta-se que, por serem captadas ou armazenadas em volumes considerados pouco expressivos, e destinadas às necessidades individuais ou de pequenos núcleos populacionais, as captações de água de chuva independem de outorga pelo Poder Público. Desta forma, verifica-se que, salvo regulamentação específica a ser editada, as captações de água de chuva não são administradas pelos órgãos gestores de recursos hídricos.

A Lei Federal nº 11.445/07 – que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico – dispõe em seu artigo 5º 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.* Portanto, apesar do P1MC ter apoio do governo federal, a água de chuva armazenada em cisternas e destinada ao consumo humano não se constitui escopo da política de saneamento básico. Por outro lado, Silva (2006), em recente pesquisa sobre a utilização de cisternas na região semi-árida mineira, cita limitações existentes quanto à qualidade das águas armazenadas e utilizadas para abastecimento humano.

Embora estejam sendo implementadas algumas ações individualizadas em regiões de escassez no país, face ao grande número de estruturas, é de fundamental importância o conhecimento de seus impactos. Assim, propõe-se o cadastramento, pelo órgão gestor de recursos hídricos, de intervenções alternativas – principalmente as cisternas, mas também as barragens subterrâneas, as barragens sucessivas, as “barraginhas” – que visem o aproveitamento de águas para consumo humano de tal forma que essas ações não ocorram de forma profusa e à revelia dos órgãos gestores de recursos hídricos. As principais vantagens desse cadastramento seriam: facilitar o processo de verificação da eficiência das ações e subsidiar a elaboração de um plano adequado de administração, operação e manutenção.

3 – PLANO DE ADMINISTRAÇÃO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Segundo Heller (2005), independentemente do modelo de gestão adotado, os serviços de saneamento necessitam de uma organização adequada para que seja prestado um serviço de qualidade, planejado para a sua expansão e para fazer frente a possíveis mudanças ao longo do tempo. Para o gerenciamento da oferta, demanda, e qualidade das águas em sistemas alternativos, especialmente o de captação de água de chuva, verifica-se a necessidade do estabelecimento de um Plano de Administração, Operação e Manutenção, para a garantia da sustentabilidade dos sistemas.

A título de exemplo, são apresentadas, de maneira simplificada, as bases de um plano dessa natureza a ser aplicado para o conjunto das aproximadamente 300 cisternas já construídas, no âmbito do Programa P1MC, no município de Araçuaí, localizado na região semi-árida mineira, cujo período chuvoso se estende de outubro a março: i) uma entidade responsável pela manutenção das cisternas (companhia de saneamento, prefeitura, associação de usuários, consórcio de usuários, ou organização da sociedade civil de interesse público – OSCIP) faria o cadastramento e localização das cisternas construídas; ii) seriam programadas duas visitas anuais de inspeção (por exemplo, nos meses de abril e outubro), conduzidas por técnicos responsáveis pela inspeção física das cisternas e pela coleta de amostras das águas armazenadas; iii) os exames das amostras coletadas seriam efetuados pela entidade operadora do sistema (no caso de não atendimento aos padrões de potabilidade, seria proposta uma forma adequada de tratamento); iv) na inspeção do mês de abril seriam monitorados os níveis de água das cisternas para se verificar a necessidade de abastecimento, ainda durante a estação seca, e de forma programada, das mesmas por meio de caminhão-pipa com água tratada da estação de tratamento de água do sistema da sede municipal; v) os custos das visitas de inspeção seriam cobertos pelas tarifas a serem estabelecidas e cobradas dos usuários; vi) os ensaios de qualidade (coletas semestrais) seriam estabelecidos em programas específicos para sistemas alternativos de suprimento de água a serem propostos no Plano de Saneamento do município, devidamente regulamentados e aprovados em legislação específica; e vii) os custos para eventuais reparos nas cisternas, decorrentes de natural depreciação dos materiais, poderiam ser subsidiados pelo poder público. Outros reparos necessários decorrentes de má utilização ou conservação seriam arcados pelos usuários das cisternas. Seria verificada a necessidade de reforço do programa de capacitação e treinamento das famílias na utilização das cisternas. Esse plano representaria um salto de qualidade em relação ao atual estágio de utilização das cisternas a um custo relativamente acessível, visto que estimativas preliminares indicam que a parcela a ser cobrada das famílias seria inferior a 1% de sua renda.

4 – DIMENSIONAMENTO DE CISTERNAS NO SEMI-ÁRIDO MINEIRO

Como forma de atendimento às famílias isoladas e dispersas, especialmente nas regiões semi-áridas, é crescente a utilização da técnica de captação de água de chuva que atinge os telhados das residências e sua acumulação em cisternas. Nos projetos recentemente implantados na região semi-árida, como iniciativa de organizações não governamentais, apoiadas pelo governo federal e por entidades privadas, têm sido utilizadas cisternas de placas com volume máximo de armazenamento em torno de 15 a 16 m³ de água, para suprir uma família de 4 a 5 pessoas, considerando-se uma área média de telhados das residências da ordem de 40 m² e médias anuais de chuvas da ordem de 400 mm. Com esses dados a oferta de água limita o consumo humano a 13 L/hab/dia (dessedentação e cozimento de alimentos), durante um período de seca que pode se estender por até 240 dias.

O Relatório do Desenvolvimento Humano, publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD, 2006) considera que todos os cidadãos devem ter acesso a recursos suficientes para satisfazer as necessidades básicas e levar uma vida digna. Assegurar que cada pessoa tenha acesso a, pelo menos, 20 litros de água potável por dia para satisfazer suas necessidades básicas é um requisito mínimo para se respeitar o direito à água e deve ser uma meta mínima para os governos. A região semi-árida mineira apresenta índices pluviométricos anuais superiores a 400 mm, havendo, portanto, possibilidades do atendimento ser ampliado para um índice de 20 L/hab/dia, observando-se a melhoria das técnicas de construção e melhor dimensionamento das cisternas.

Torna-se importante, portanto, verificar se tal técnica atende ao propósito de suprir as demandas médias das famílias residentes e pode ser considerada como alternativa para o suprimento de água para o consumo humano. Para a verificação da viabilidade técnica da instalação de cisternas no semi-árido mineiro, é possível realizar simulações, a partir dos dados históricos diários de chuvas de alguns municípios, desde que se tenham dados consistidos de uma série de anos.

Apresenta-se a seguir, como exemplo, as possibilidades de simulações no município de Araçuaí, com os dados diários de chuvas obtidos da Estação Pluviométrica Fazenda Facão, código 01742020, operada pela CPRM, localizada em local próximo ao rio Gravatá. Esses dados estão disponibilizados no Sistema de Informações Hidrológicas – Hidroweb, da

Agência Nacional de Águas. (ANA, 2007). Foram utilizados dados relativos ao período de 01/01/1986 a 31/12/2002, totalizando 6.208 dias simulados.

Foram consideradas as seguintes hipóteses iniciais: Precipitação diária - P_i = dado diário de chuva, em milímetros; Capacidade máxima da cisterna - $VMAX = 16.000$ litros; Volume inicial da cisterna - $VINI = 16.000$ litros; Área do telhado da residência - $AT = 60 \text{ m}^2$; Número de pessoas por família - $NPES = 4$ pessoas; Consumo por pessoa por dia - $COUNT = 20$ litros/ pessoa x dia; Consumo familiar médio diário - $COMED = NPES \times COUNT = 80$ litros / dia; e Coeficiente de escoamento (razão entre o volume precipitado e o volume efetivamente captado nas calhas, descontadas as perdas de evaporação, absorção da superfície do telhado e ainda infiltrações) - $CE = 0,80$ (adotado).

Admitindo-se que o consumo é constante em todos os dias dos anos, tem-se: $V_i = VCIS_{i-1} + VENT_i - COMED_i$; onde: V_i é uma variável auxiliar que denota o volume de água possível de ser armazenado no dia i , em L; $VENT_i$ é o volume de água que entra na cisterna no dia i , em L ($= P_i \times CE \times AT$); $COMED_i$ é o consumo familiar médio diário, em L; e $VCIS_i$ é o volume de água armazenado na cisterna no dia i , em L.

O volume de água armazenado na cisterna no dia i é calculado da seguinte forma: $VCIS_i = V_i$; se $0 < V_i \leq VMAX$; $VCIS_i = VMAX$; se $V_i > VMAX$; e $VCIS_i = 0$; se $V_i \leq 0$. Os resultados da simulação são apresentados na figura 1.

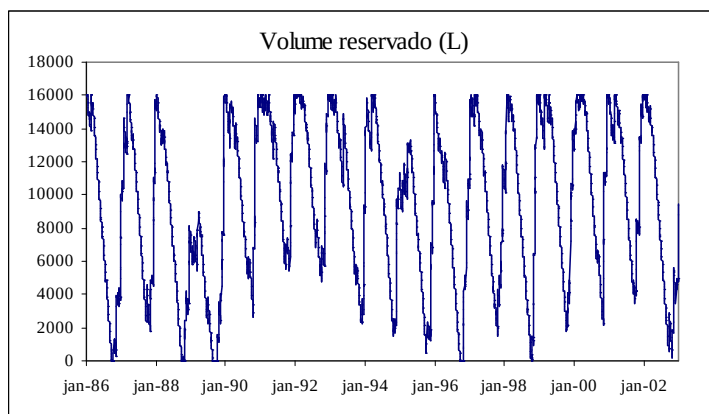


Figura 1 – Volumes reservados no período jan/86 a dez/2002

Com esses dados, em apenas 2% dos dias verifica-se a impossibilidade de atendimento da demanda. A possibilidade de ocorrência de falhas indica a necessidade do controle, por

parte dos usuários das cisternas, de seus respectivos consumos diários de água, de forma a superar os períodos de chuvas escassas. Ainda utilizando-se dos dados de chuvas da simulação efetuada, é possível também simular o controle do consumo diário.

Esse controle poderia se dar, por exemplo, a partir do dia 15 de abril de cada ano (após o período chuvoso). Conforme demonstra a figura 2, o volume médio armazenado nessa data é equivalente a 13.500 litros de água. Supondo a possibilidade de não ocorrerem chuvas até o início do próximo período de chuvas (o período chuvoso se inicia em outubro), esse fato induziria a redução do consumo médio diário para algo em torno de 17 L/hab/dia, ou 68 litros por dia, para uma família de 4 pessoas, possibilitando um consumo reduzido, até a data de 31 de outubro, após o provável início do período chuvoso.

Nos dados analisados é possível verificar que, no ano de 1989, as cisternas construídas na região estudada teriam armazenado menos de 8.000 litros de água. Isso significa que a partir 15 de abril daquele ano o consumo familiar de água deveria ser reduzido à metade (em torno de 10 L/hab/dia). De forma a evitar essa redução excessiva de consumo e em outras situações de emergência, a prefeitura local deveria ser informada com a devida antecedência, pois, eventualmente, haveria a necessidade de envio de carros-pipa para o atendimento das comunidades. Nesse caso, notadamente, o uso dos carros-pipa poderia ser feito de forma planejada, com possibilidade de atendimento gradativo a partir dos meses iniciais de estiagem, quando as cisternas ainda estariam parcialmente cheias, e de fornecimento de água cuja qualidade é compatível com os padrões de consumo humano. Essa água poderia provir das estações de tratamento que abastecem as sedes municipais mais próximas.

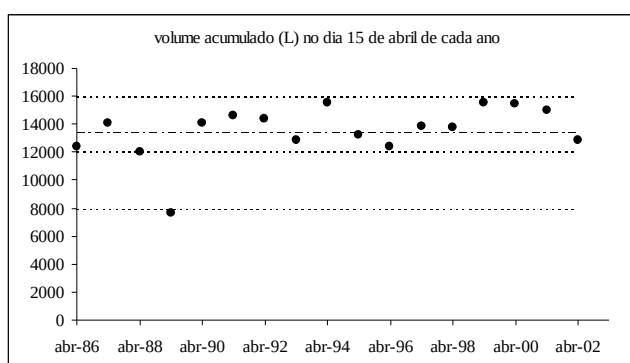


Figura 2 – Volumes acumulados observados no dia 15 de abril no período 1986 a 2002

Observa-se, entretanto, que o ano de 1989 foi atípico. Supondo a não ocorrência de chuvas no período de abril a outubro de cada ano (uma situação pouco provável), em 10 dos

17 anos pesquisados os usuários das cisternas poderiam consumir o volume mínimo diário de água considerado adequado pela ONU.

Verifica-se, portanto, uma variedade de possibilidades a serem consideradas quando da utilização da alternativa a captação de água de chuva. Estudos mais aprofundados são requeridos na utilização das cisternas no que se refere aos seguintes aspectos: a) em função das distribuições diárias de chuvas, há de se verificar as áreas úteis dos telhados. Eventualmente, serão requeridos investimentos na melhoria e acréscimos nos telhados de forma a permitir um melhor aproveitamento das águas, em função do número de pessoas a serem atendidas em cada residência; b) ainda em função das precipitações e demandas diárias, poderão ser construídas cisternas com volumes de armazenamento superiores a 16 m³, de forma a atender a famílias com 5 ou 6 pessoas residentes; e c) é possível repassar aos usuários formas de controle de seu consumo diário de forma a permitir um uso racional da água.

4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um passo importante que permitiria a evolução das técnicas de captação de água de chuva para consumo humano, notadamente as cisternas, seria a sua formalização. Com a inclusão dessas formas de suprimento de água em textos legais, seria possível receber dotações financeiras do poder público, nos respectivos planos de bacia dos setores de recursos hídricos e de saneamento básico, possibilitando ainda o monitoramento formal e evolução das técnicas construtivas. É necessário, entretanto, observar as limitações e, ao mesmo tempo, as diversas possibilidades de uso das cisternas. As unidades a serem construídas devem ser dimensionadas a partir das características climáticas e sociais de cada micro-região de forma a traduzir a técnica em uma alternativa viável de suprimento de água para consumo humano e, eventualmente, também para suprimento de agricultura familiar de subsistência.

5 – BIBLIOGRAFIA

ANA (2007). Agência Nacional de Águas. Sistema de informações hidrológicas: hidroweb. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 21 mai. 2007.

HELLER, L., (2005) “Política pública e gestão dos serviços de saneamento a partir de uma visão de saúde pública”. In.: Anais do Encontro por uma Nova Cultura da Água na América Latina, ABRH, ASSEMAE, FNA, IRN, Fortaleza, CE.

PNUD. (2006). Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, Relatório do Desenvolvimento Humano 2006, A água para lá da escassez: poder, pobreza e a crise mundial da água, UNDP, New York, USA, 240 p.

SILVA, C. V. (2006). *Qualidade da água de chuva para consumo humano armazenada em cisterna de placa. Estudo de caso: Araçuaí, MG.* 2006. 117p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, UFMG.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

OS (DI) LEMAS DA PARTICIPAÇÃO NO PROGRAMA UM MILHÃO DE CISTERNAS RURAIS NOS MUNICÍPIOS DE VIRGEM DA LAPA E ARAÇUAÍ, MINAS GERAIS.¹

Luciana Mendes Barbosa², E-mail: lucianambarbosa@ufmg.br;

Klemens Laschefski, GESTA/UFMG³

RESUMO

Este artigo tem como foco a atuação das entidades executoras do *Programa de Formação e Mobilização para a Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas* (P1MC), sendo o Sindicato dos Trabalhadores Rurais e a Cáritas Diocesana, nos Municípios de Virgem da Lapa e Araçuaí, respectivamente. Este programa, uma iniciativa da sociedade civil organizada e governo federal, propõe a construção de cisternas de placas para coleta e armazenamento de água de chuva como forma de viabilizar o acesso à água para população rural do semi-árido brasileiro.

O objetivo desta pesquisa é avaliar a prática participativa empregada por este programa como forma de fortalecer o capital social das comunidades locais para a convivência independente com a seca. Contudo, a partir de dificuldades encontradas em campo na realização destas estratégias, os autores discutem os limites e alcances do emprego de métodos participativos

¹ Este trabalho é fruto de experiências acumuladas no Projeto “Gestão de Recursos Naturais e Geração de Renda no Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais”, financiado pelo CNPq (Processo Nº 506959/2004-0), bem como é o desdobramento da Monografia do Curso de Geografia da Universidade Federal de Minas Gerais, intitulada: “Do combate à convivência com a seca: (di) lemas da participação no Programa Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC nos Municípios de Araçuaí e Virgem da Lapa, Minas Gerais”.

² Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais e Mestranda em Relações Internacionais pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.

³ Doutor em Geografia pela Universidade de Heidelberg, Alemanha. Atua como pesquisador do Grupo de Estudos em Temáticas Ambientais – GESTA/UFMG.

recomendados pelos organizadores do P1MC. Verifica-se que, a compreensão do que é rural, do que é comunidade, bem como trabalho coletivo e participação é a condição básica para adaptar os projetos às necessidades e perspectivas locais.

Palavras-chaves: participação, capital social, mutirão, cisternas, semi-árido, Vale do Jequitinhonha.

INTRODUÇÃO

Este artigo trata das formas de participação estimuladas pelas entidades congregadas no Programa Um Milhão de Cisternas Rurais (P1MC) e reflete sobre a sua repercussão no processo de transformação social. O foco deste artigo concentra-se no sistema de ajuda mútua, o mutirão, no âmbito da construção de cisternas de placa para a captação e armazenamento de água de chuva. Este, é definido como

“... práticas de auxílio mútuo, a que não são estranhas, também, motivações de amizade, parentesco e compadrio, ora revestem caráter pessoal e se traduzem na prestação recíproca de toda sorte de serviços, ora grupal ou coletiva, envolvendo a maioria dos elementos que formam a vizinhança” CALDEIRA (1956, p. 29).

Desta forma, o trabalho coletivo na forma de mutirão, segundo CÂNDIDO (1997), pode ser entendido como um fator de sociabilidade, que reúne famílias em prol de objetivos comuns. O sistema mutirão é considerado pelos idealizadores do P1MC como o ponto chave para a implementação das referências teóricas da ação básica promovida pelo programa, que deve ser

“... aquela de incentivar e/ou apoiar o surgimento dos grupos de base que explicitem e sejam instrumento da organização das pessoas, apostando na sua formação (ação geradora de capital social) para que estes grupos, por sua vez, efetuem , na realidade,

as transformações necessárias a construção do desenvolvimento” (ASA, 2003, p. 20).

O objetivo principal desta pesquisa é refletir sobre os alcances e limites do sistema de mutirão e do conceito de capital social a partir de experiências durante a construção de cisternas na comunidade de Marimbondo, no Município de Virgem da Lapa, Médio Jequitinhonha, Minas Gerais. Concentramo-nos nas seguintes indagações: o estímulo à participação com base no mutirão é passível de provocar mudanças na estrutura social das comunidades atendidas pelo P1MC? Há contradições entre as estratégias de ação empregadas pelas entidades e filosofia que as norteiam? É possível, a partir das propostas do P1MC romper com o modelo neoconservador hegemônico implementado pelo Estado na região? As entidades envolvidas conseguem se distanciar de um imaginário político e cultural local que é inteiramente subordinado à lógica dominante dos programas governamentais para a região?

Os dados e experiências empíricas foram obtidos através da observação participante durante a construção de três cisternas na comunidade de Marimbondo e entrevistas junto aos moradores envolvidos e aos representantes das entidades e responsáveis pela execução do P1MC nos municípios de Virgem da Lapa e Araçuaí, sendo o Sindicato de Trabalhadores Rurais e a Cáritas Diocesana respectivamente.

Considerações Teóricas

A estigmatização do semi-árido como o *locus* de exclusão e miséria atualmente é desafiada por uma lógica democratizante e participativa, que privilegia a gestão compartilhada e descentralizada dos recursos hídricos, a partir da noção de capital social inserido no conjunto mais amplo do desenvolvimento local. Muitos estudiosos já discutiram este conceito sem, contudo, haver um consenso a respeito. Porém, há um aspecto comum a todas as definições de capital social: as normas de confiança mútua e a riqueza das ações individuais e coletivas enquanto fatores fundamentais para a promoção do desenvolvimento. Os fatores de ordem social, institucional e cultural são, assim, reconhecidos por terem impacto direto na relação dialógica entre indivíduos e atores sociais na produção de melhores formas de interação social e na redução dos impasses da ação coletiva.

Os estudos sobre capital social tentam reunir categorias de análise oriundas da economia e de outras ciências sociais (sobretudo a ciência política, a sociologia e a antropologia) tais como:

*8^o. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007*

estoque, recursos, cumulatividade, redes sociais, confiança mútua, convivência, compromisso cívico, entre outras. Um dos primeiros estudiosos a pensar neste conceito foi o filósofo francês Pierre Bourdieu que durante os anos 60 e 70 definiu o conceito como um conjunto de relações e redes de ajuda mútua que podem ser mobilizadas efetivamente para beneficiar o indivíduo ou sua classe social. Enquanto propriedade de um indivíduo e de um grupo, o capital social serviria de estoque e base de um processo de acumulação que permitisse às pessoas terem mais êxito na competição social (DURSTON, 2002 e MILANI, 2004). No entanto, para COLEMAN (1990), o capital social é um atributo dos grupos sociais, das coletividades e das comunidades. Este capital é gerador de bens públicos e é um atributo da estrutura em que a pessoa está inserida. Todavia, foi a partir dos estudos de Robert Putnam nos anos 90 que o conceito se popularizou e passou a ser utilizado em inúmeros contextos. Para Putnam, o êxito do desenvolvimento capitalista e a consolidação da democracia têm como fonte principal às normas e redes de troca recíprocas e solidárias. Estas redes de troca se baseiam, por sua vez, na confiança que surge de fatores como os laços de parentesco e de vizinhança, a amizade e o sentimento de pertencimento a determinado grupo étnico. Logo para PUTNAM (1993, p. 177) “... o capital social diz respeito a características da organização social, como confiança, normas e sistemas, que contribuam para aumentar a eficiência da sociedade, facilitando as ações comunitárias [...]. O capital social facilita a cooperação espontânea”.

Porém, só a partir da década de 1980, que o capital social e a participação deixam de pertencer ao campo das ciências sociais e passam a integrar o campo do desenvolvimento e das instituições internacionais e organizações não governamentais.

METODOLOGIA

Com o objetivo de analisar o Programa Um Milhão de Cisternas Rurais, que tem como filosofia o paradigma de convivência com o semi-árido, foram adotados métodos qualitativos de pesquisa, que permitem elucidar fatos relativos ao desenvolvimento local e propor soluções aplicadas a campos específicos (educação, capacitação e políticas públicas). Para apreensão das diferentes perspectivas dos atores envolvidos foram realizadas quatro entrevistas semi-estruturadas com representantes do Sindicato dos Trabalhadores Rurais em Virgem da Lapa, da Cáritas Diocesana em Araçuai e moradores de comunidades rurais de

ambos os municípios. Para a realização destas entrevistas foi utilizado um roteiro, que tratava desde as origens destas entidades a fatos relativos à participação da população no P1MC. As entrevistas, gravadas, foram feitas com base no método da história oral (THOMPSON, 1998), que permitiu a coleta de depoimentos, posteriormente analisados de forma qualitativa. Estas entrevistas tiveram como objetivo principal prospectar os diferentes significados/concepções atribuídas às cisternas, tanto pelas entidades, quanto pela população rural, principais atores envolvidos no P1MC. Tais concepções são construções culturais e sociais, elaboradas a partir de visões de mundo, crenças, valores e formas de engajamento com o meio relativo à inserção social destes atores.

Para a realização destas entrevistas foram feitas três visitas a campo entre os meses de Janeiro e Maio de 2006, totalizando um período de 30 dias de coleta de informações. Além das entrevistas, foram usadas como fonte de informação materiais gráficos (cartazes, folderes, cartilhas, artigos, livros, etc.) produzidos, publicados e cedidos pela Cáritas, pela Articulação com o Semi-Árido e pelo P1MC, sendo submetidos a análises diversas. Também foi realizada uma revisão bibliográfica acerca do tema e dos conceitos-chave desta pesquisa, tais como capital social, participação, mutirão, etc.

RESULTADOS

É possível notar, através das experiências abordadas neste artigo, que vários fatores têm dificultado o desenvolvimento e até mesmo a aceitação pela população das práticas participativas propostas pelo P1MC, muitas vezes conduzindo o programa em direções opostas aos que se desejavam seguir. Tais dificuldades podem ser resumidas em três aspectos:

- A falta de mão-de-obra, sobretudo para a realização de trabalhos pesados, em virtude da migração da população mais jovem e geralmente masculina para o corte de cana e plantação de café no sul do Estado de Minas Gerais e em São Paulo;
- Contradição entre o significado atribuído às cisternas pelas entidades, enquanto vetoras do trabalho coletivo e do estímulo à participação/coletividade e àquele atribuído pelas comunidades, como sinônimo de propriedade familiar/privada;
- Inobservância das entidades quanto à especificidade das formas de cooperação e ajuda mútua desenvolvida pelas comunidades;

Sobretudo, as duas últimas observações nos conduziram à conclusão de que o significado e as repercussões da participação, ainda empregados como “senso comum” em muitos projetos e políticas públicas, são muito incipientes. Diante das várias implicações resultantes da escolha pelo mutirão, enquanto prática participativa, pelas entidades reunidas na ASA e responsáveis pela condução do P1MC, é importante ressaltar a necessidade de uma reflexão mais profunda sobre a construção dessas estratégias de ação, através do acompanhamento de seu desenvolvimento na tentativa de avaliar seu alcance.

Nas entidades estudadas, o termo participação tem sido usado para se referir apenas à adesão das famílias e ao envolvimento local no mutirão promovido pelas entidades executoras do P1MC. Em consequência, outras formas de atuação e organização social das comunidades rurais, como a troca de dias e o camarada-pago, são negligenciadas pelas entidades. Porém, mais grave que o não reconhecimento e importância desses sistemas, é saber que estes existem e que são usados pelas famílias de forma estratégica, revestidas muitas vezes de mutirão, para não serem descartadas do programa.

Assim, comunidades que não se inserem em canais institucionalizados de participação e que se dedicam a outros objetivos além das propostas do P1MC, são muitas vezes vistas como passivas e inertes, mesmo que estejam intensamente envolvidas em atividades para a sua reprodução social e material (PARAÍSO, 2003).

Para garantir a participação das comunidades rurais na execução do P1MC as entidades usam freqüentemente argumentos e práticas de forma impositiva/coercitiva. A atenção para este aspecto é importante, já que o processo de mobilização e educação, apesar de enfocar a necessidade de formulação de políticas públicas de “baixo para cima”, percorre o caminho inverso. Isso é patente na própria filosofia do programa que acredita ser capaz de criar métodos/práticas participativas distintos daqueles aceitos, ou melhor, assimilados pelas comunidades rurais, como é o caso da troca de dias e do camarada-pago. A explicação para essas contradições reside nos diferentes significados que as cisternas carregam. Para as entidades promotoras da capacitação, a cisterna é um símbolo de ruptura com o assistencialismo, representante da coletividade, da capacidade de mobilização para sua construção. Já para as comunidades, a cisterna nada mais é que um reservatório de água, de propriedade particular, ou seja, carrega consigo o individual, o particular, o privado. Portanto, o emprego do sistema de mutirão parece incompatível com o objetivo da mobilização. Tem-se assim, um problema de interpretações de significados.

Neste sentido, a forma de organização adotada pelas comunidades de Virgem da Lapa e Araçuaí é totalmente coerente com a visão que eles têm da cisterna. Como as cisternas são tomadas como um benefício particularizado/fragmentado, os moradores das comunidades rurais regulam o trabalho através de uma outra forma de organização, a troca de dias ou camarada-pago compatíveis com suas estratégias de (re) produção social. Este fato merece destaque especial, pois coloca em questão um dos aspectos fundadores do P1MC: a integração das comunidades através de outras formas de trabalhos coletivos, como o mutirão.

CONCLUSÕES

Apesar dos aspectos favoráveis das estratégias de ação adotadas pelo P1MC, observa-se, na escala local que, os métodos participativos aplicados pelo programa não se adequam à realidade cultural das comunidades de Virgem da Lapa e Araçuaí, pois foram pensados para comunidades em outras regiões do vasto semi-árido brasileiro, cujas estratégias de sobrevivência variam muito ao longo desta porção do território.

Ao uniformizar essas estratégias para todo o semi-árido, o P1MC dilui as especificidades internas e diversidades culturais e sociais das áreas em que atua. Com isso, há uma padronização das saídas encontradas pelo programa para envolver as comunidades no projeto de mobilização social, numa inobservância clara às diferenças locais.

Esse último aspecto é importante já que existe uma dissociação entre as concepções locais do que é cisterna e as concepções do programa. Essa dissociação determinou que as estratégias adotadas pelas populações rurais na fase de execução do projeto nos municípios estudados se diferem muito do originalmente previsto.

Esse dissenso entre o significado atribuído às cisternas pelas comunidades rurais dos municípios estudados e as entidades envolvidas, é quase sempre, interpretado pelos responsáveis técnicos como uma carência ou desmotivação em aprender a conviver com o semi-árido e não a uma leitura equivocada dos mesmos sobre as formas e estratégias de organização e reprodução social. Nesse sentido, muitas comunidades e famílias são abandonadas pelo programa sob o pretexto de não saberem conviver com o semi-árido. Percebe-se com isso, um deslocamento do sujeito do saber da população rural local para os técnicos, organizações e governos, que seriam os portadores desse novo paradigma. O que a

análise deste programa revela é que boa parte dos programas destinados ao desenvolvimento da região, em suas formulações e execuções, considera os aspectos culturais locais irrelevantes para a gestão dos recursos hídricos, bem como para a formação de capital social.

Portanto, ao transformar em política pública uma experiência bem sucedida da sociedade civil organizada e expandi-la para outras áreas sob condições semelhantes, é necessário lembrar que elas são semelhantes, mas não iguais. É fundamental para o bom andamento desses projetos que as especificidades, conhecimentos e cultura locais sejam observados e respeitados. Para isso, a compreensão do que é rural, do que é comunidade, bem como trabalho coletivo e participação é a condição *sine qua non* é possível adaptar os projetos às necessidades e perspectivas locais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTICULAÇÃO COM O SEMI-ÁRIDO. **Sumário Executivo do Programa de Formação e Mobilização Social para a convivência com o semi-árido: um milhão de cisternas rurais P1MC**. Recife: 2003.

CALDEIRA, Clovis. **Mutirão: formas de ajuda mútua no meio rural**. São Paulo: Ed. Nacional, 1956.

CÂNDIDO, Antônio. **Os parceiros do Rio Bonito: estudo sobre o caipira paulista e a transformação dos seus meios de vida**. 2.ed. São Paulo: Duas Cidades, 1971.

COLEMAN, James Samuel. **Foundations of social theory**. Cambridge: Belknap Press of Harvard University Press, 1990. 993p.

DURSTON, John. Capital Social: parte del problema, parte de la solución, su papel en la reducción de la pobreza en América Latina y el Caribe. In: Raúl Atria, et al (Org.). **Capital Social y Reducción de la Pobreza en América Latina y el Caribe: en busca de un nuevo paradigma**. Santiago : CEPAL y Michigan State University, 2002.

MILANI, Carlos Roberto Sanchez. **Teorias do Capital Social e Desenvolvimento Local: lições a partir da experiência de Pintadas (Bahia, Brasil)**. Salvador: Organizações e Sociedade, v. 11, n. edição esp., p. 95-113, 2004.

PARAISO, Luciana Braga. Dilemas da participação na gestão de unidades de conservação: a experiência do Projeto Doces Matas na RPPN Mata do Sossego. In: In: ZHOURI, A.; LASCHEFSKI, K.; PEREIRA, D.B. (Org.). **A Insustentável leveza da justiça ambiental: desenvolvimento e conflitos socioambientais**. Belo Horizonte: Autêntica, 2005.

THOMPSON, P. **A voz do passado: história oral**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**Experiência: PROJETO “CASA ECOLÓGICA”
(Tudo em prol da Água)**

José Gomes de Assis
Assistente Social / Ambientalista
(038) 3222 1273 Celular 9197 5354
E-mail: gomes.assis@gmail.com
Rua Raimundo Mangabeira, 39 – Vila Guilhermina - Montes Claros MG

HISTÓRICO DAS ATIVIDADES

Iniciamos em 1996 a coleta da água da chuva só para atender a lavanderia.

Em 1997 colocamos calhas em grande parte do telhado da casa, através de um sistema centralizador, após a primeira chuva depois do telhado limpo, distribuímos a água filtrada nas caixas de consumo. Com isso passamos a utilizar a água para o banho, lavagem de roupa e serviços em geral da casa.

Em 2001, projetamos um aquecedor solar com material mais barato, proporcionando boa redução de energia elétrica (+- 90% ao ano) do uso do chuveiro. Isso provocando uma diminuição do gasto de água das nossas hidrelétricas para geração da energia, visto que +- 97% da energia gerada no Brasil depende dos grandes reservatórios de água dos rios.

Em 2003, devido algumas críticas (na nossa região não chove) surgiu a idéia de reutilizar a água do banho, primeiro instalamos uma caixa de abastecimento que atende todos as bacias sanitárias da residência, no início esta caixa era abastecida pela chuva ou pela Copasa , depois modificamos o esgoto de um banheiro, individualizando o esgoto da pia e do chuveiro para um sistema de filtragem e tratamento básico com clorador composto de: brita, carvão e areia lavada, esta água é armazenada em uma caixa de 500 litros equipada com uma bomba submersa que atende a caixa das bacias sanitárias em média 300 litros por dia (isso porque utilizamos as bacias sanitárias com caixa acoplada – bastante econômico)

Em 2004, fizemos uma caixa subterrânea de 10 m³ (atendendo como caixa pulmão) e 100% do telhado está com calhas coletoras para o melhoramento do sistema de coleta da água de chuva.

Em 2004, iniciamos também a coleta seletiva dos resíduos caseiros, a cozinha foi equipada com 6 gavetas próximo a pia com cores específicas e identificados de acordo com as normas ambientais para cada resíduos gerados (Marrom – Orgânicos / Vermelho – Plásticos / Azul – Papéis / Amarelo – Metais / Verde – Vidros e Laranja – Metais pesados -Pilhas, Baterias e Lâmpadas Compactas Fluorescentes). Posteriormente os resíduos são armazenados em containeres identificados igualmente aos gaveteiros da cozinha, localizados na frente da casa. Hoje só os resíduos orgânicos são apanhados pela coleta pública (**redução de saída dos resíduos da casa em torno de 70 e 80%**) Com este simples procedimento de separação dos resíduos, estamos beneficiando aos catadores de recicláveis e possibilitando maior vida útil ao aterro controlado da cidade, visto que por enquanto só sai da residência o resíduo orgânico. O projeto atende também a Lei Municipal em relação ao passeio em frente da casa, foi projetado um suporte para a coleta pública dos resíduos orgânicos, sobre uma jardinagem em lugar recuado no muro, possibilitando livre acesso dos pedestres ao passeio e proporcionando beleza no portão de entrada da residência.

Em Janeiro de 2005, instalamos no quintal um pluviômetro para o acompanhamento diário do índice da chuva na região, objetivando uma comparação da quantidade de água coletada na residência e da precipitação em mm.

RESULTADOS ATUAIS

Hoje coletamos 77m³ de água de chuva/ano com tendência a melhorar este índice.

Hoje reutilizamos 90.000 litros/ano, da água do banho para atendimento as descargas das bacias sanitárias (vasos c/ caixa acoplada).

O índice de precipitação de chuva na casa esta em torno de 1.250mm/ano

Em relação ao consumo de Água e Energia Elétrica atualmente o projeto esta proporcionando uma otimização média mensal de: **Consumo de água = - 52% Consumo de energia elétrica = - 41%**

OUTRAS ATIVIDADES

Já tivemos a oportunidade de proferir palestras com músicas alusivas ao Meio Ambiente em diversas instituições (Projeto Casa Ecológica) em: Escolas, Faculdades, Empresas, Associações e Condomínios residenciais. Criar um sistema para esta prática a título de informação e oficinas.

Festas de aniversários e eventos culturais o “Palhaço Dr. Natureza” entra em ação com brincadeiras e muitas informações em prol da natureza e os nossos hábitos diários. No Natal o Papai Noel Rural e Dr. Natureza tem um bom trabalho também, na região de Grão Mogol (Vale do Jequitinhonha)

EM PROJETO

Projetos para futuro próximo:

Utilização de cata-vento para bombeamento de água e geração de energia elétrica.

Utilização do resíduo orgânico para produção de gás natural e adubos

Utilização do quintal para produção de verduras e hortaliças utilizando o espaço horizontal e vertical.



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

SECA E CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA NO SEMI-ÁRIDO DE SERGIPE: O P1MC COMO OBJETO DE PESQUISA¹

Maria José dos Santos¹, Edinete Maria de Oliveira², Lincoln Eloi de Araújo³, Bernardo Barbosa da Silva⁴

¹ Química/UFS. MSc em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Doutoranda em Recursos Naturais/UFCG. Bolsista do Programa Internacional de Bolsas de Pós-Graduação da Fundação Ford. Universidade Federal de Campina Grande. Av. Aprígio Veloso, 882 -Bodocongó – Campina Grande/PB. 58.109-970 aquatunem@yahoo.com.br

² Bióloga/UFPB, MSc em Manejo e Conservação do Solo e Água/UFPB. edineteoliver@yahoo.com.br.

³ Meteorologista. Mestre em Meteorologia/UFCG, Doutorando Recursos Naturais/UFCG. Bolsista CAPES. lincolneloi@yahoo.com.br.

⁴ Prof. Adjunto/UFCG, Dr. em Engenharia Civil/UFPB, PhD/Universidade Arizona USA. bernardo@dca.ufcg.edu.br.

RESUMO

A política de gestão das águas no Nordeste semi-árido tem sido historicamente fundamentada na ocorrência das secas. Este é um evento climático que se repete frequentemente com efeitos negativos repercutindo na vida das populações da área, nas atividades econômicas, principalmente no tocante ao abastecimento de água e na agricultura. Nesse contexto, a captação de água de chuva apresenta-se como uma alternativa viável para, somando-se às outras políticas públicas, contribuir para o desenvolvimento social e econômico desta região. As cisternas podem vir a representar uma solução complementar de melhor custo-benefício em relação às alternativas de combate à escassez de água na região com a perspectiva de mudança positiva da realidade por meio de um processo participativo. O propósito deste trabalho é revisitar as políticas de gestão das águas no Nordeste com foco na análise do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: um milhão de cisternas rurais – P1MC e suas inter-relações com o desenvolvimento socioeconômico local.

¹ **Palavras-chave:** Programa 1 Milhão de Cisternas, Semi-árido, Sergipe, água de chuva.

INTRODUÇÃO

A seca, período prolongado de baixa pluviosidade, é considerada por muitos como o mais complexo, embora o menos compreendido entre os riscos naturais, e o que afeta mais pessoas que qualquer outro risco (Hagman, 1984), por ocorrer durante longos períodos e em grandes extensões territoriais e causando morte e colapso socioeconômico. Falkenmark (1992) estimou que o número de pessoas que vivem em países com problemas de água, ou escassez crônica de água, aumentará de 300 milhões para mais de 3 bilhões no ano 2025.

Os problemas causados pelas secas para as populações rurais são similares nas regiões áridas e semi-áridas do mundo. A seca no Semi-árido brasileiro afeta milhões de pessoas, animais e dizima a agricultura de subsistência. Por isso, considera-se a captação da água da chuva como uma alternativa viável para o desenvolvimento social e econômico dessa região (Gnadlinger, 2005), tendo em vista que as fontes de água subterrânea existentes são na sua maioria escassas e salobras e a malha hidrográfica da região é composta por mananciais intermitentes na sua maioria. As estratégias para enfrentar essa realidade dependem da sensibilidade e do nível de responsabilidade do poder público de cada país para com o bem-estar dos seus cidadãos e destes pelo nível de participação na gestão dos recursos hídricos. Entretanto, o Semi-árido brasileiro tem sido alvo de ações pontuais e episódicas para responder ao clamor da sociedade a exemplo de frentes de trabalho, distribuição de cestas básicas, fornecimento de água por meio de carros-pipa e, mais recentemente, na tentativa de minimizar o sofrimento da população por programas assistencialistas como bolsa família, vale gás, entre outros, enquanto espera-se o período das tão esperadas e necessárias chuvas, perpetuando a dependência da população aos políticos locais sem que sejam elaboradas e aplicadas soluções adequadas que possibilitem a convivência da população com a ocorrência das secas nem planejar e executar estratégias viáveis de desenvolvimento local.

A variabilidade pluviométrica no Semi-árido do Nordeste é um fato; porém, apesar da irregularidade da ocorrência das chuvas, sabe-se que esta é uma das regiões semi-áridas mais úmidas do mundo tornando absolutamente viável a instalação de sistemas de captação e uso racional da água de chuva que podem se tornar uma política pública que represente uma contribuição efetiva, eficiente e essencial à satisfação das demandas sociais e assegurar acesso equitativo à água para todos os cidadãos (GNADLINGER, 2005).

Nesse contexto, o Brasil, dentro da complexidade de ações desenvolvimentistas, tem suas responsabilidades ampliadas no que concerne ao planejamento e à implementação de políticas nacionais orientadas para promover uma intervenção coordenada nos planos global, nacional e regional/local, em função da escassez de água e da necessidade do aproveitamento racional da água de chuva, estabelecendo instrumentos regulatórios, programas e ações de instalação e gerenciamento de sistemas de captação de águas pluviais a exemplo de outros países.

Para tanto e devido à importância da execução de ações direcionadas a sustentabilidade socioambiental no Semi-árido, o Ministério do Meio Ambiente, por meio da Agência Nacional das Águas, decidiu apoiar o Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semi-árido: um milhão de cisternas rurais, o P1MC, apresentado como uma das alternativas da política de desenvolvimento para a região Semi-árida do Brasil, desenvolvido em parceria com uma rede de mais de setecentas organizações da sociedade civil, a Articulação do Semi-Árido – ASA, que tem como objetivos beneficiar em até cinco anos um milhão de famílias com a construção de cisternas para a captação de água de chuva, estabelecer a melhoria da qualidade de vida e o equilíbrio do binômio Semi-árido/população sertaneja (Cáritas/ASA, 2001). Em Sergipe, o Programa está sendo executado pelo Centro D. José Brandão de Castro, em parceria com a Cáritas/Diaconia e outras instituições.

Considerando a relevância da proposta, a importância e abrangência, o P1MC foi eleito para objeto de tese a qual se propõe a realizar uma releitura da ocorrência das secas e revisar e analisar as políticas públicas para o Semi-árido espacialmente localizado no Estado de Sergipe, notadamente o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas Rurais - P1MC, e suas inter-relações com o desenvolvimento econômico e social local, avaliar a importância e eficiência do Programa, contribuir para a sua inserção no contexto da Política Nacional de Recursos Hídricos e dimensionar a sua relevância para o desenvolvimento de tecnologias de manejo das águas pluviais.

METODOLOGIA

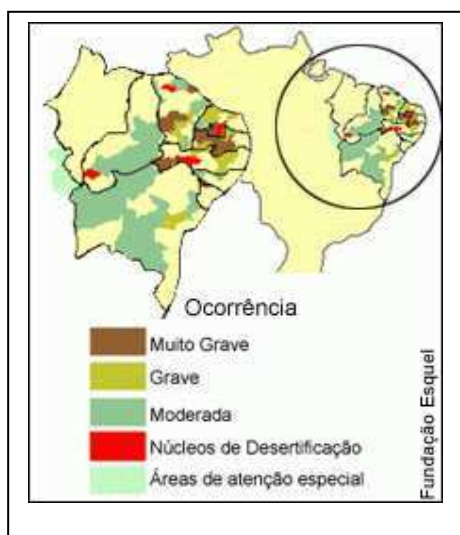
Para desenvolvimento do estudo ora apresentado o método aplicável para este estudo é o **dialético**, citado por Bastos e Keller (2002), Barros e Lehfel (1990), por compreender um conjunto de processos em desenvolvimento no qual os fatores se relacionam e são analisados na qualidade de objetos em movimento, não fixos, mas em transformação. O recorte que

delineia a proposição apresentada exige a adoção do **estudo de caso**, com **abordagem analítica quali-quantitativa, descritiva e interdisciplinar** que significa apreender essência das coisas e buscar compreender a realidade formal e informal e coaduna perfeitamente com a avaliação da dialética entre seca, chuva, cidadania, políticas públicas, gestão participativa e desenvolvimento local. As estratégias de avaliação dos efeitos da variabilidade climática são o delineamento do cenário pré-impacto e as intervenções pós-impacto relativos à seca/chuva e à execução do Programa.

BREVE CARACTERIZAÇÃO DO SEMI-ÁRIDO E DO SERTÃO SERGIPANO

A região Nordeste do Brasil ocupa uma área de 1.539.000 km², dos quais o Semi-Árido possui área de 982.563 km² (BNB, 2005) e abriga 19.167.189 habitantes (IBGE, 2000) e periodicamente enfrenta problemas resultantes da distribuição irregular de chuvas – precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm, possui duas estações climáticas: o “inverno” e o “verão”. O verão corresponde à estação não chuvosa, com sete a nove meses de duração. Clima quente e seco – as temperaturas médias anuais variam de 26° a 28° graus centígrados e insolação superior a 3.000 horas/ano, predominando solos pobres, rasos e com 70% do subsolo apresentando formação cristalina (Duarte, 2001), solos problemáticos tanto do ponto de vista físico, quanto geoquímico e grande parte de sua malha fluvial composta por rios temporários (AB`SABER, 1999).

Essa região passa por longos períodos de estiagem que limitam o crescimento da agricultura, da indústria, põe em risco a saúde e o desenvolvimento regional. O período chuvoso, além de pouco expressivo, concentra-se em poucos meses, fazendo com que uma curta estação chuvosa seja seguida por uma longa estação seca. As precipitações pluviométricas são, via de regra, inferiores à evapotranspiração potencial, caracterizando, então, o déficit hídrico regional (ANDRADE, 1999).



gua de Chuva
e julho de 2007

Figura 1- Ocorrência de Seca no Nordeste . Fonte: Mattar, 2003.

Figura 2- Região Semi-árida de Sergipe. Fonte: CDJBC, 2001.

O Estado de Sergipe é a menor unidade federativa do Brasil. Possui 21.994 km² de extensão e a totalidade de sua área espacial encontra-se nos domínios tropicais; sendo assim, é caracterizado por médias térmicas anuais relativamente altas, sem nenhuma estação fria. A reduzida oscilação térmica contrasta com a acentuada irregularidade pluviométrica, constituindo-se, então, a chuva como elemento determinante do mecanismo natural (PINTO, 1999).

Segundo Santos e Andrade (1992), o período chuvoso situa-se entre os meses de abril a julho e a umidade relativa varia de 25% a 75%, a precipitação pluviométrica varia de 500 a 700 mm e a temperatura média anual é de 27° C. O clima da área é Megatérmico Semi-árido determinado por períodos de estiagem prolongada, 7 a 8 meses aproximadamente, com altas taxas de evaporação condicionadas pela irregularidade de distribuição das chuvas e pelos sistemas de circulação atmosférica classificada por quatro sistemas meteorológicos: a Zona de Convergência Intertropical (Uvo, 1989), os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (Kousky e Gan, 1981), os Sistemas Frontais (Kousky, 1979) e os Distúrbios do Leste (Espinoza, 1996) que atuam na região (ARAÚJO, 2006).

RESULTADOS PRELIMINARES

O Projeto Um Milhão de Cisternas

Eleito como o melhor projeto na categoria Água, do Prêmio Super Ecologia e como melhor trabalho ambiental desenvolvido em 2001 no Brasil, o Programa Um Milhão de Cisternas Rurais – P1MC, de acordo com Bugierman (2002), é muito mais que construir cisternas... “As cisternas funcionam como instrumentos pedagógicos para ensinar cidadania”.

A Articulação do Semi-Árido e o Ministério do Meio Ambiente firmaram o convênio nº 0019/2001 tendo como objetivo principal a elaboração e execução do P1MC dentro de uma ótica afetivamente participativa, capaz de envolver um número significativo de atores nesse

processo de forma que eles se sentissem co-responsáveis pelo Programa (CÁRITAS/ASA, 2001).

Os princípios norteadores desse projeto são: a constatação que é possível coletar a água da chuva, armazená-la, cuidar da sua qualidade e consumi-la racionalmente na época da estiagem e a construção de um futuro digno para a população local, destacando-se o combate à miséria, à fome e à pobreza, buscando a garantia dos direitos básicos de cidadania e segurança alimentar.

O P1MC abrange os estados da região Nordeste onde clima semi-árido se apresenta com maior intensidade e, conseqüentemente, os efeitos das secas são mais danosos à população sertaneja: Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Rio Grande do Norte, Paraíba, Ceará e Piauí, e mais o norte do Estado de Minas Gerais e o nordeste do Espírito Santo, totalizando 1.012 municípios e uma população rural de 8.300.000 habitantes (Franca, 2007). A Tabela 1, a seguir, apresenta o total de municípios e população atendidos pelo P1MC e as necessidades hídricas por Estado.

Tabela 1 – Municípios, População Atendida pelo P1MC e Necessidades Hídricas da População

Unidade Federativa	Nº de Municípios	População Rural em 2000	Necessidades Hídricas m³/ ano
AL	33	341.523	8.725.913
BA	257	2.992.486	76.485.017
CE	134	1.562.184	39.913.929
PB	170	732.425	18.713.459
PE	118	1.315.344	33.607.039
PI	109	475.840	12.157.712
RN	122	417.087	10.656.573
SE	29	198.960	5.083.428
MG (norte)	40	276.049	7.053.052
SEMI-ÁRIDO	1.012	8.311.903	212.369.122

Fonte: FRANCA, 2007.

Conforme dados desta tabela, o volume de água necessário *per capita* estimado para a população rural no Estado de Sergipe é de 25,55 m³/hab/ano, estando abaixo do alerta de escassez hídrica que é de 1700 m³/hab/ano (MAIA NETO, 1997).

Apresenta-se na Tabela 2 o volume de água captada e armazenada por área de telhado conforme o nível de precipitação.

Tabela 2 – Volume de Água Captada e Armazenada por Área do Telhado

Área média do telhado para captação (m ²)	Volume de Água Armazenada em m ³ /ano	
	Precipitação Média 600mm/ano	Precipitação Média 400mm/ano
20	12	8
30	18	12
40	24	16
50	30	20
60	36	24
70	42	28
80	48	32
90	54	36

Fonte: FRANCA, 2007.

Observando os volumes de água coletados, apresentados nesta tabela, observa-se que os totais máximos e mínimos de volumes de água coletados em função da pluviometria média estimada para 600mm/ano e para 400mm/ano, são insuficientes para o consumo humano, em comparação com o volume mínimo de 14 litros/dia/ano estimado por Almeida e Silva (2003) para o Brejo paraibano.

A Tabela 3 apresenta os resultados consolidados obtidos pelo Programa P1MC até o mês de abril de 2007.

Tabela 3 – Resultados até 24 de Abril de 2004

Especificação	Valores
Municípios atendidos	1018
Famílias mobilizadas	200.690
Famílias capacitadas em Gerenciamento Recursos Hídricos	187.923
Pedreiros instrutores capacitados	135
Pedreiros executores capacitados	4.518
Cisternas construídas	190.330
Cisternas em construção	188

Fonte: FEBRABAN, 2007.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da grave ameaça do aumento da escassez de água doce, o Brasil necessita despertar para a o grande potencial pluviométrico que possui no sentido de incluí-lo no escopo da Política Nacional de Recursos Hídricos e estabelecer o seu uso racional e desenvolvimento de

tecnologias de captação das águas pluviais, visto que a colheita de água da chuva pode ser transformada em um instrumento eficiente para o estabelecimento de soluções para os problemas em consequência das estiagens prolongadas, associada a outras ações da política de gerenciamento dos recursos hídricos no sentido de garantir o acesso à água de boa qualidade e o seu uso consciente como elemento essencial à vida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB`SABER, Aziz. **Sertões e sertanejos: uma geografia humana sofrida**. Revista de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, v.13, nº 13, Maio/Agosto, São Paulo, 1999.
- ANDRADE, M. C. **A problemática da seca**. Recife: Líber,1999.
- ALMEIDA, Hermes Alves de e SILVA, Lucas da. Estimativa do potencial para captação de água de chuva no Brejo paraibano, Juazeiro, 2003.
- ARAÚJO, Lincoln Eloí de. **Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba**. (Dissertação de Mestrado), UFCG. 2006.
- BARROS,Aidil Jesus Paes e LEHFELD, Neide Aparecida Souza. **Projeto de pesquisa: propostas metodológicas**. Petrópolis: Vozes. Rio de Janeiro, 1990
- BASTOS, Cleverson e KELLER, Vicente. **Aprendendo a aprender: introdução à metodologia científica**. Petrópolis: Vozes. Rio de Janeiro, 2002.
- BANCO DO NORDESTE DO BRASIL (BNB). **Mapa da área de atuação operacional**. Ceará, 2005.
- BUGIERMAN, Denis Russo. **O fim da sede**. Revista Superinteressante. São Paulo: editora Abril, nº 177, Junho,2002.
- CÁRITAS BRASILEIRA. **Água de chuva: segredo da convivência com o semi-árido**. São Paulo: Paulinas, 2001.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE COOPERATIVAS AGRÍCOLAS DE PORTUGAL/CONFAGRI. **Água: antecedentes**. Portugal, 2002.
- FEBRABAN. **Programa de Formação e Mobilização para Convivência com o Semi-Árido Projeto 1 milhão de Cisternas Rurais**. www.febraban.org.br/apresentação_cisternas.pdf. Acessado em 05.05.2007.
- FRANCA, Dalvino Troccoli. **Água de chuva: alternativas tecnológicas para a convivência com a seca e sistemas de abastecimento da população rural difusa no semi-árido brasileiro**. MMA/ANA. www.ana-mma_convivencia_seca. Acessado em 01.05.2007.
- DIACONIA/ASA. **Programa de Formação e Mobilização Social para Convivência com o Semi-Árido: Um Milhão de Cisternas Rurais**. www.diaconia.org.br. Acessado em 15.05.2005.
- DUARTE, Renato. **Dois modelos para a convivência do produtor rural com o ambiente do Semi-árido Nordeste**. Recife, 2001.
- FALKENMARK, M.: 1992, **Water scarcity and population growth: A spiralling risk**, Ecodecision 6, 21-23.
- GNADLINGER, Johann. **Colheita de água de chuva em áreas rurais**. Palestra. 2º Fórum Mundial da Água. Haia, Holanda, 16-22.03.2000.
- GNADLINGER, Johann. **Estratégias para uma legalização favorável à captação e ao manejo de água de Chuva**. 5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva CD-ROM, Teresina- PI, 11-14.07.2005.

HAGMAN, G.: 1984, **Prevention Better than Cure, Report on Human and Environmental Disasters in the Third World**, Preparado para a Cruz Vermelha da Suécia, Estocolmo.

MAIA NETO, Ramiro. Água para o desenvolvimento sustentável. In: a Água em Revista. Revista Técnica e Informativa da CPRM. Belo Horizonte, 1997.

PINTO Josefa Eliane Santana de Siqueira. **Os reflexos da seca no Estado de Sergipe**. São Cristóvão: NPGeo/UFS, 1999.

SANTOS, Aldeci Figueiredo e ANDRADE, José Augusto. **Delimitação e regionalização do Brasil Semi-Árido**. UFS. Aracaju, 1992.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA EM CISTERNAS: UMA
FORMA DE MITIGAR OS EFEITOS DAS SECAS PROLONGADAS NO
NORDESTE SEMI-ÁRIDO – ESTUDO DE CASO: ASSENTAMENTO PAUS
BRANCOS, PARAÍBA.**

Adriana C. Tavares⁽¹⁾ – Bióloga /UEPB. Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA(UFPB/UEPB).

Mônica Maria P. da Silva – Bióloga/UEPB. Doutoranda em Recursos Naturais/UFCG. Professora titular da UEPB

Laryssa A. Oliveira – Bióloga/ UEPB.

Rafaela Q. Souto – Graduanda em Enfermagem / UEPB.

Rodolfo Luiz Bezerra Nóbrega Graduando em Engenharia Civil /UFCG

Beatriz S. Ovruski Ceballos⁽²⁾ – Bioquímica/UNT/Argentina. Doutora em Microbiologia Ambiental/ICBII/USP/SP. Professora e pesquisadora do Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil e Ambiental/UFCG; Professora visitante da UEPB.

Endereço⁽¹⁾: Rua: Quebra Quilos, 52 - Centro – Campina Grande - PB - CEP: 58100 -380- Brasil - Tel: (83) 9136-0019 - E-mail: adrianacarneirotavares@yahoo.com.br

Endereço⁽²⁾: Av: ÉdsonRamalho, 811 Aptº 202 – Manaíra – João Pessoa – PB – Tel: (83) 93123432 – E-mail: bsu@superig.com.br

RESUMO – O Semi-árido brasileiro caracteriza-se pela variabilidade espaço-temporal da precipitação pluviométrica, com eventos extremos de seca ou de chuvas. As secas periódicas tornam vulneráveis aos sistemas hídricos, com fortes impactos negativos sobre milhares de famílias. Atualmente, há necessidade em gerir os recursos hídricos integrando aspectos quantitativos e qualitativos, pois ambos constituem fatores limitantes ao desenvolvimento socioeconômico, interferindo na saúde pública, no meio ambiente e na economia. O armazenamento de água de chuva em cisternas é uma solução alternativa de abastecimento para amenizar os efeitos da seca e prevenir situações de colapso quali-quantitativo. O presente trabalho objetivou conhecer as condições de manutenção e manejo de sistemas de captação de águas de chuva já instalados e avaliar as áreas de captação nas residências, assim como registrar as principais fontes de água usadas por comunidades da área rural do semi-árido paraibano além das águas de cisternas. A pesquisa foi realizada no assentamento Paus Brancos, no período de julho a dezembro de 2006. Os resultados evidenciaram que, considerando eventos críticos de precipitação (200 mm/ano), o

volume de água captado na superfície média de captação das residências (os tetos 50,9 m²) é inferior ao mínimo considerado necessário de 6L por pessoa ao dia. Esse volume, entretanto, é suficiente apenas para consumo e preparação de alimentos, sendo mais real considerar uma demanda diária de 20L, que atenderia também as necessidades básicas de higiene. Quanto ao manejo, numerosas famílias (90%) adotam medidas preventivas para melhorar a qualidade da água, como uso de equipamentos para o desvio das primeiras chuvas.

PALAVRAS-CHAVE: Cisternas, Manejo das águas de chuva, Semi-árido, Recursos Hídricos.

INTRODUÇÃO

O Nordeste semi-árido se inclui no “Polígono das Secas”, caracterizado como uma região de compreendida pela isoietas de 800 mm. Dentre as características do semi-árido se destacam, além das chuvas concentradas em poucos meses do ano, a cobertura vegetal rasteira (caatinga), o embasamento cristalino predominante que dificulta a retenção da água no solo, e o forte escoamento superficial (*run off*), evapotranspiração potencial acima de 2000mm, a predominância de rios intermitentes, e eventos hidrológicos extremos (secas e cheias) (VIEIRA;FILHO,2006). A gestão integrada da qualidade e quantidade da água no semi-árido nordestino demanda atenção por ser a água um fator limitante para o desenvolvimento social e econômico desta região. Visando reduzir a vulnerabilidade climática a que o semi-árido está submetido, medidas alternativas tem sido desenvolvidas para tentar amenizar ou mitigar os efeitos das secas prolongadas. A coleta de águas de chuvas em cisternas é uma alternativa viável para enfrentar a falta de água potável. Segundo Gnadlinger (2000), a coleta e armazenamento de água de chuva é uma técnica popular em muitas partes do mundo, especialmente em regiões áridas e semi-áridas, pela sua simplicidade e por fornecer água de boa qualidade para consumo humano. A captação de água de chuva parece ter surgido milhares de anos atrás em diversas partes do mundo de forma independente. Atualmente, se está retornando aos antigos conhecimentos e práticas, dando-lhes novas formas com base em critérios mais atuais de construção, manejo e preservação.

No Brasil, a prática de acumular águas de chuva em cisternas vem recebendo maior atenção nos últimos 25 anos. A inquietude com o fornecimento de água segura nos seus aspectos quantitativos e qualitativos tem estimulado as políticas públicas e privadas a melhorar e facilitar seu acesso e a normatizar essa disponibilidade, seu uso e sua gestão (GALIZONI&RIBEIRO, 2004). A Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC), bem como a EMBRAPA Semi-Árido e o Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada - IRPAA detêm uma larga experiência com trabalhos pioneiros nessa área. Numerosos sistemas de captação de água de chuva, através do Programa 1 Milhão de Cisternas (P1MC), já foram construídos e estão em funcionamento no semi-árido brasileiro (MAY, 2004). O objetivo do programa é garantir de

água de boa qualidade, promovendo um uso racional desse recurso de tal modo que sua escassez relativa não continue a constituir impedimento ao desenvolvimento sustentável da região. A idéia é captar água de chuva antes que esta chegue ao solo e direcioná-la para cisternas, armazenando assim algum volume para uso posterior. Embora estes sistemas armazenem água de melhor qualidade, ainda há alguma contaminação hídrica que atinge à população usuária, principalmente da área rural.

A acumulação de águas de chuvas em cisternas se enquadra dentro das chamadas soluções alternativas de abastecimento (MAY, 2004), e para essas águas, a legislação brasileira estabelece que a igual qualquer água destinada ao consumo humano, sua qualidade deve estar dentro dos padrões aceitáveis para essa finalidade. A Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2004), define os padrões de qualidade para a água destinada ao consumo humano e os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância dessa qualidade. Ainda, a portaria estabelece que as águas dos sistemas alternativos estão sujeitas à vigilância e controle de qualidade, para verificar se atendem aos padrões e assegurar condições de potabilidade.

Vários estudos mostraram que a qualidade da água de chuva armazenada em cisternas, geralmente atende aos padrões físico-químicos de potabilidade e não atende aos microbiológicos (ANDRADE NETO, 2004; AMORIM E PORTO, 2001). Vários pesquisadores brasileiros citam diferentes níveis de poluição nas águas de cisternas (BRITO *et al.*, 2006; KATO, 2006), sob influência do tipo de reservatório, dos materiais utilizados na sua construção, tempo de uso, a recepção ou não das primeiras águas de chuva, permanência de volumes de água entre as estiagens (volume morto), estado de conservação da superfície de captação e dutos (GNADLINGER, 2001).

O presente trabalho teve por objetivos conhecer as principais fontes de água usadas por comunidades da área rural do semi-árido (cariri) paraibano, analisar as condições de manutenção e manejo de sistemas de captação de águas de chuva, já instalados, avaliar as áreas de captação nas residências (área dos tetos); tecer cenários preliminares sobre a quantidade de água escoada e armazenada e a necessária para o consumo familiar.

METODOLOGIA

O trabalho foi uma pesquisa do tipo exploratória realizada no assentamento Paus Brancos, com 70 famílias ocupando uma área de 1.279,2951 hectares. Estas famílias estão sob tutela do Instituto de Terras e Planejamento Agrícola da Paraíba – INTERPA, desde 1988. Paus Brancos localiza-se na microbacia do Riacho Angico, afluente do Rio São Pedro, que deságua no Rio Bodocongó, afluente do Rio Paraíba. Esta microbacia está localizada na divisa dos municípios de Campina Grande e Caturité, PB, em área estritamente rural. A região de Paus Brancos apresenta clima típico de semi-árido quente com chuvas médias anuais variando de 239 a 479mm e evaporação média anual de

1500 a 2000 mm/ano.

Os dados foram coletados a partir da observação direta, registros fotográficos e aplicação de entrevistas semi-estruturadas em 33 famílias rurais contempladas com cisternas. Todas as casas das famílias entrevistadas tiveram a área da superfície de captação de água de chuva mensurada, dado que permitiu conhecer a capacidade dos sistemas de captação de água de chuva. Também foi avaliado o estado de conservação dos tetos, dos dutos e das cisternas destas famílias. Dados de precipitação pluviométrica foram fornecidos pelo Laboratório de Recursos Hídricos e Sensoriamento Remoto da UFCG-PB.

RESULTADOS

Em Paus Brancos, foram identificadas várias fontes de abastecimento de água para as famílias, sendo predominantes as cisternas (48,4%) e chafarizes (29,1%) - Gráfico 01.

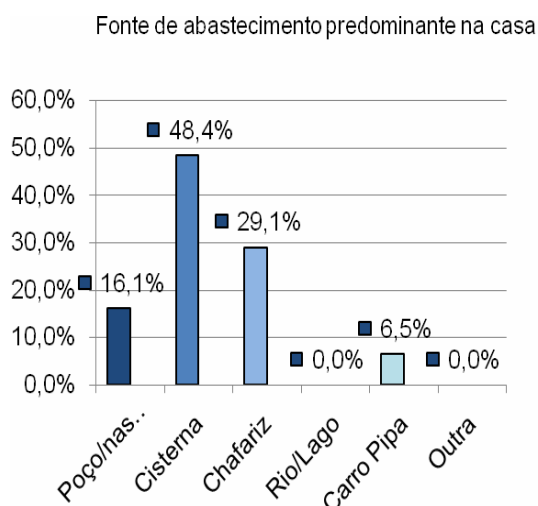


Gráfico 01: Fonte de Abastecimento Predominante

A maioria das famílias usa a água de cisternas para beber (39,4%), cozinhar (37,7%) e tomar banho (23%). Seu emprego para outros fins diminui a garantia de água de boa qualidade para o período de estiagem. Em algumas famílias as cisternas são abastecidas por carros-pipa, desviando-se do principal objetivo de sua construção, que é o de armazenar água de chuva, de melhor qualidade para o consumo humano. No geral, o uso de água de carro-pipa ocorre quando as águas de chuva armazenadas não são suficientes para satisfazer a demanda familiar, seja porque as chuvas do período foram escassas ou porque a área de escoamento é reduzida ou porque a família tem numerosos membros que consomem mais água do que é possível armazenar no sistema instalado. Segundo Jalfim (2001), o consumo de água na zona rural semi-árida do Brasil é de aproximadamente 6L por pessoa/dia, considerando apenas as necessidades prioritárias de beber e cozinhar. Já para Ariyananda (1999), esse valor deveria ser 20 L, pois a higiene pessoal deve ser incluída, sendo uma necessidade básica do ser humano para a preservação da saúde. Para a

comunidade sob estudo, foi feita a seguinte análise: sendo a superfície média de captação de 50,9m², considerando uma capacidade de escoamento médio de 75% (varia com a característica do telhado) e a situação mais crítica de chuva, de 200 mm ao ano, seria possível captar e armazenar 7.635 L de água de chuva, conforme a equação apresentada a seguir :

$$V = P \times A \times CE$$

Onde:

V = volume de chuva a ser armazenado;

P = precipitação média da região;

A = área da superfície de captação, e

CE = coeficiente de escoamento da superfície.

Considerando o consumo de 6L por pessoa/dia e um número médio de cinco pessoas por família, o consumo anual seria de 10.950 L, assim o volume calculado não atende a demanda. Os mesmos cálculos, aplicados para uma demanda diária de 20L, indicam necessidade anual de 36.500 L. Para esta situação, o volume médio captado atualmente pelas famílias sob estudo, de 7.635L é inferior ao mínimo necessário de 6L por pessoa ao dia e portanto, não é suficiente para suprir as condições mínimas de higiene (20L/pessoa dia). Assim, a área média de captação existente na comunidade estudada (de 50,9 m²) é inadequada para eventos de valores críticos de precipitação.

Considerando-se uma situação real, de 400 mm/ano (a média de precipitação em anos normais é de 750 mm), com a mesma área de escoamento (50,9m²), o volume acumulado nas cisternas seria de 15.270L, o qual satisfaz uma família de 5 pessoas durante o ano todo para uma demanda diária de 6L; todavia não chega a ser suficiente para a demanda diária de 20L. Em relação aos aspectos quantitativos, os projetos consideram um volume único de 16 m³ para as cisternas, o que atende em média, uma família com 5 pessoas, entretanto não são raras famílias maiores no semi-árido nordestino. Estas observações mostram a necessidade de algumas mudanças em relação à construção e operacionalização destes sistemas e deve ser considerado pelos órgãos oficiais nos projetos de construção de cisternas, em particular porque a maior das cisternas pesquisadas foram construídas por programas governamentais, como o Programa de Um Milhão de Cisternas - P1MC (65%) - Gráfico 02. Quanto à superfície de captação, observou-se que a maioria encontra-se em bom estado (70%), porém as calhas e condutores verticais requerem limpeza, e em alguns casos substituição. A conservação e estado higiênico das cisternas (Gráfico 03) em geral são adequados (80%), e em (20%) delas não é feita manutenção, apresentando rachaduras e vazamento. Numerosas famílias (90%) adotam medidas preventivas de manejo para melhorar a qualidade da água, como o desvio das primeiras chuvas.

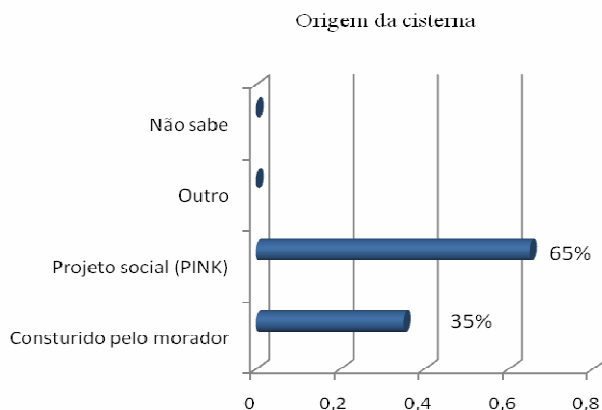


Gráfico 02: Origem da Cisterna

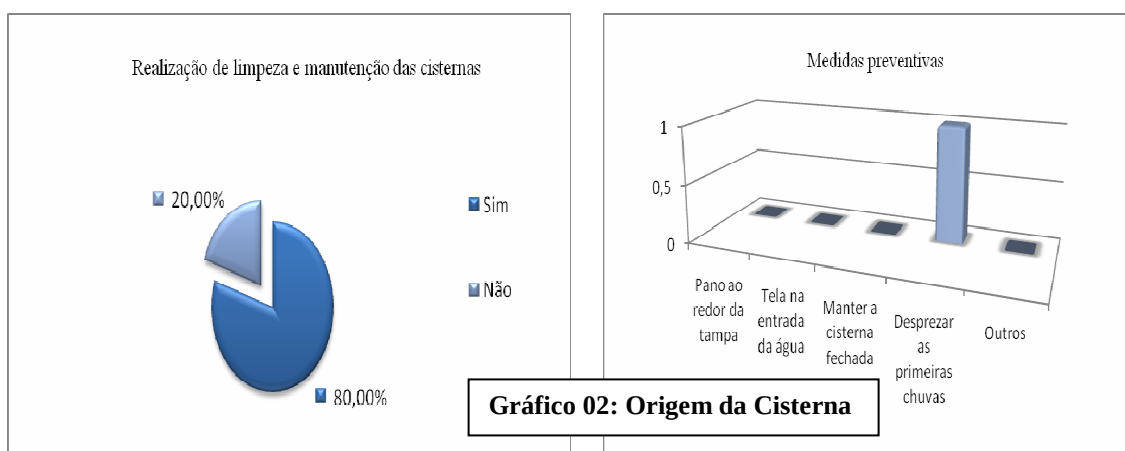


Gráfico 02: Origem da Cisterna

Gráfico 03: Limpeza e Manutenção da Cisterna

Gráfico 04: Medidas preventivas de manejo

Segundo Silva (2006), mesmo quando se usa tela na entrada da cisterna, é recomendado o desvio da primeira chuva, para remover as partículas depositadas na superfície das área de captação (folhas, poeira e fezes de pássaros e de pequenos animais, assim como deles próprios, que podem residir em espaços entre as telhas ou dentro das tubulações). Estudos realizados com a aplicação do desvio evidenciaram melhorias na qualidade da água armazenada, pela lavagem da superfície de captação as primeiras chuvas, que é descartada (ANDRADE NETO, 2004).

Para retirada da água da cisterna (Gráfico 05), 80% dos entrevistados usam baldes, apenas 15% recorrem à bomba manual e 5% recorrem a outros meios de coleta. Sabendo-se que o método de retirada da água influencia diretamente na qualidade da água armazenada, é aconselhável que a coleta ocorra sem contato direto do usuário com a água, para reduzir o risco de contaminação. O uso de bombas (manuais ou automáticas) seria mais adequado para minimizar a contaminação. Outras medidas importantes consistem em manter a cisterna com a tampa fechada, lavar e manter perfeitamente limpos os recipientes usados na coleta e evitar o contato destes com o solo.

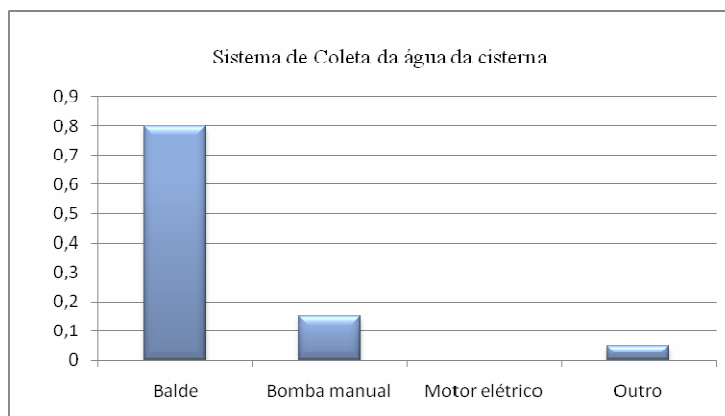


Gráfico 05: Sistema de Coleta da água da Cisterna

Em relação ao tratamento de água, 40,5% das famílias de Paus Brancos não tratam a água antes de beber, 24,3% afirmam aplicar a desinfecção solar (SODIS), 21,60% utilizam o processo de cloração e os demais filtros de barro (13,60%). Todavia, constatou-se que a desinfecção solar não é feita por numerosas famílias e que, das que usam cloro, não se aplica a dosagem correta.

CONCLUSÕES

- Foram identificadas várias fontes de abastecimento de água para as famílias, sendo predominantes as cisternas (48,4%) e os chafarizes (29,1%);
- As superfícies de captação da água de chuva se encontram em bom estado de conservação (70%), no entanto calhas e condutores verticais requerem limpeza e até substituição;
- A superfície média de captação de água de chuva ($50,9\text{m}^2$), permite armazenar 7.635L em situação crítica de chuva (200 mm/na). Esse volume é inferior ao mínimo necessário de 6L por pessoa/dia, considerando cinco pessoas por família. Também não é suficiente para uma demanda diária de 20L, que atenda as necessidades básicas de higiene.
- A conservação e estado higiênico das cisternas são adequados (80%) e em 20% não é feita manutenção, apresentando rachaduras e vazamentos.
- Numerosas famílias (90%) declaram adotar medidas preventivas de manejo como o desvio das primeiras chuvas. Todavia, 80% dos entrevistados usam baldes e apenas 15% recorrem à bomba manual. Essa prática inadequada compromete a qualidade da água armazenada.

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: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI-ÁRIDO, 3., 2001. Pernambuco – PE. *Anais...* Pernambuco: ABCMAC, 2001.

ANDRADE NETO, C.O. Proteção sanitária das cisternas rurais. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 11.,2004. Natal-RN. **Anais...** Natal: ABES/APESB/APRH, 2004

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518, de 23 de março de 2004.** Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/sitefunasa/legis/pdfs/portarias_m/pm1518_2004.pdf> Acesso em: 25 de Maio de 2005.

BRITO, L. T. L.;SILVA, A. S. S.;PORTO, E. R.;CAVALCANTI, N. B. Cisternas Domiciliares: quantidade e qualidade das águas para consumo humano. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 35.,2006. João Pessoa – PB. **Anais...**João Pessoa,2006

GALIZIONI, F.M.; RIBEIRO, E.M. Notas sobre água de chuva: o programa de um milhão de cisternas no semi-árido mineiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDO POPULACIONAL, 14.,2004. Caxambú – MG. **Anais...**Caximbú: ABEP-Caxambú. 2004. p.13

GNADLINGER, J. **Colheita de Água de Chuva em Áreas Rurais. Juazeiro** – BA: IRPAA, 2000.40p.

GNADLINGER, J. A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semi-árido brasileiro – uma abordagem focalizando o povo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO SEMI ÁRIDO, 3., 2001. Campina Grande-PB. **Anais eletrônicos.** Campina Grande , 2001.

KATO, M.T. Qualidade de águas de cisternas utilizadas para fins de consumo humano no município de Poço Redondo – SE. In:SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA DE SAÚDE PUBLICA SANEAMENTO AMBIENTAL SUSTENTABILIDADE E INCLUSÃO, 3.,2006.Fortaleza – CE.**Anais...**Fortaleza, 2006.p.6.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo - SP, 2004.

SILVA, C.V.da.**Qualidade da água de Chuva Para Consumo Humano Armazenada em Cisternas de Placa. Estudo de Caso: Araçuaí, MG.** Dissertação (Mestrado em Saneamento Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais - MG, 2006.

VIEIRA, V. P.P.B; FILHO, J.C.G.G. Água doce no Semi-árido. In: REBOUÇAS, A da C. *et al.* **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação.** 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.Cap.15, p.481-505.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

PROJETO ÁGUA COLETIVA
Transformação Social Para uma melhor Condição de Vida no Semi-Árido em
Pernambuco por meio de Captação de Água de Chuva
Experiência Popular

Romero Melo

Vice -Presidente do CCFBB - Comitê da Cidadania dos Funcionários do Banco do Brasil
em PE, Av. Rio Branco, 240, 10º andar - Recife (PE) CEP 50 030 900, Email:
romeromelo@bb.com.br, ccfbb_pe@yahoo.com.br

Resumo:

Objetivos: Atenuar as dificuldades de parte da população do semi-árido pernambucano na permanente busca de água para consumo, através da construção de cisternas de placas, proporcionando-lhe melhoria na condição de vida principalmente de crianças e idosos.

Método: O serviço voluntário envolve funcionários do Banco do Brasil, que juntamente com lideranças comunitárias e técnico qualificado, identifica comunidades onde o acesso a água potável é quase inexistente. A seleção das famílias é feita de acordo com a disponibilidade de recursos pelo Comitê da Cidadania.

Resultado: Os beneficiários do projeto têm uma substancial alteração na qualidade de vida, principalmente mulheres e crianças, principais atores da busca diária por água potável, que em alguns casos chega a ser de 5 horas/dia. As poderão dedicar-se à escola, reduzindo a evasão. Os adultos, poderão dedicar-se a outras atividades, como a agricultura e produção de artesanato.

Conclusão: Esta intervenção altera sobremaneira alguns aspectos sociais, diminuindo a propensão dos indivíduos de deixarem a terra onde mora; altera os índices de verminoses e casos de diarreia das comunidades, principalmente com relação às crianças, mais suscetíveis a estes tipos de disfunções. Há estudos comprovados em projeto no sul da Bahia, indicando redução em até 93% o índice de verminose nas pessoas da comunidade (Revista Carta Capital, nº 399, abril/2005).

Introdução

Pensar a melhoria de vida de populações remete obrigatoriamente à condição dessas pessoas em seus meios, construídos ou naturais. No caso do semi-árido brasileiro, particularmente no Estado de Pernambuco, a realidade nos obrigou a uma reavaliação de

*6º. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007*

conceitos que até bem pouco eram pautados pela busca de estratégias de combate a seca. Essa realidade foi alterada graças as novas tecnologias sociais, traduzidas como técnicas ou metodologias reaplicáveis, desenvolvidas na interação com as comunidades, que representem soluções efetivas de transformações sociais (Rede Social, 2007). Assim podemos pensar em estratégias de convivência com a seca.

A mudança de paradigma de um modelo civilizatório dos povos para uma nova forma ética e ambiental vem sendo desenvolvido com enorme atraso. Se os saberes antigos tinham por base a divindade, a alma e a ética, a revolução científica implantou o mecanicismo e o materialismo físico – e a conseqüente fragmentação do saber. Com isso, perdemos a dimensão orgânica da natureza e os resultados batem em nossa porta (Pelizzoli, 2004).

É nesse contexto que o Comitê da Cidadania dos Funcionários do Banco do Brasil em Pernambuco, entidade sem fins lucrativos sediada em Recife (PE), desenvolveu o projeto Água Coletiva, que consiste na implantação de sistema de captação de água das chuvas, através de calhas instaladas nos telhados das residências e armazenada em construção cilíndrica sobre o solo, com saída independente para utilização. O modelo já é amplamente utilizado pelo Programa 1 Milhão de Cisterna (P1MC), firmado entre Articulação no Semi-Árido (ASA) e o Ministério do Desenvolvimento Agrário, Social e Combate à Fome (MDS).

Metodologia

A pesquisa para o projeto foi efetuada pelo próprio Comitê na região oeste do Estado de Pernambuco, incluindo cidades do agreste e sertão (como p.ex. Gravatá, Caruaru, São Caetano, Exu, Parnamirim, Araripina, Timbaúba, Poção), onde chove em média de 500 a 700 mm por ano, nos meses compreendidos entre março e junho. Foram mapeadas 100 famílias, com critérios definidos a partir da existência de mulher como chefe de família; quantidade de crianças; quantidade de idosos; portadores de necessidades especiais. Após o aceite das famílias, os trabalhos foram iniciados em junho de 2006 com meta de construção de 100 unidades até 2007.

O aprimoramento técnico consiste na construção da cisterna de placas sobre o solo , dispensando a escavação requerida pelo processo tradicional que encobre cerca de 60% de

sua estrutura. Em alguns casos, quando os telhados das residências não tiverem a altura exigida, as suas paredes serão construídas semi-enterradas. Este modelo tem capacidade de armazenar 16.000 litros d'água, abastecendo por cerca de 6 meses uma família de 6 pessoas, com um custo por unidade de R\$ 1.396,00. Toda construção é georeferenciada e disponibilizada às prefeituras locais.

Resultados

Promover a educação da população em questões de saúde, higiene, ecologia e cidadania. Contribuir para a geração de renda tornando as comunidades beneficiadas auto-sustentadas, além de fixá-las na região. Reduzir o tempo dispendido na coleta de água, para que possam dedicar-se a alguma atividade rentável e diminuir a exposição à promoção política e à dependência dos tradicionais carros-pipas. Até momento, junho/2007, já foram construídas 66 unidades no Estado.

Referências

- Declaração do Semi-Árido – Proposta da Articulação no Semi-Árido Brasileiro para a Convivência com o Semi-Árido e Combate à Desertificação. Brasil, 1999. Disponível em <http://www.asabrazil.org.br> .
- Diaconia - Cartilha Convivendo Com o Semi-Árido – Construção de Cisternas de Placas Sobre o Chão, Série “ Compartilhando Experiência” .Recife: 2003
- Lovelock, James. Gaia - Cura para um Planeta Doente. São Paulo (SP): Editora Cultrix. 2001
- Manuais de Uso e Manufatura de Sistemas. Brasil, 2007. Disponível em <http://www.sociedadedosol.org.Br>.
- Pacheco, Paula. Água de Beber. Revista Carta Capital, abril/2005.
- Pelizzoli, Marcelo L. Correntes da Ética Ambiental. Petrópolis(RJ): Editora Vozes.2004.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**O POTENCIAL PARA A CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVAS
EM TANQUE DE PEDRA**

Hermes Alves de **Almeida**¹, Almir de Souza Lima²

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

²Estudante do Curso de Geografia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB.

RESUMO

A irregularidade na distribuição espacial e temporal da precipitação pluvial no nordeste brasileiro vem a cada ano agravando o “drama” social da população rural, por não dispor de água potável para suprir as necessidades básicas das famílias. Para a realização deste trabalho, utilizou-se a série histórica de precipitação pluvial da cidade de Pocinhos, PB, correspondente ao período de 01.01.1930 a 31.12.2006. A área de estudo foi um Tanque de Pedra, localizado no sítio Pedra Redonda, do referido município. Os dados mensais e anuais de precipitação foram ordenados de forma crescente, sendo calculados: as médias aritméticas, as medianas, os desvios padrão, os parâmetros da distribuição de frequência e a probabilidade empírica aos níveis de 25, 50 e 75%. A partir dos totais anuais de chuvas estabeleceram-se seis “cenários”: a média do período, o máximo, o mínimo e os valores correspondentes aos três níveis de probabilidade. Os principais resultados mostraram a existência de elevadas oscilações, quando se compara o total de chuva observado com o esperado. A distribuição mensal é extremamente irregular, uma vez que os desvios padrão, em alguns meses, são superiores às próprias médias esperadas e a média anual foi da ordem de 34%. Os valores medianos mensais foram sempre menores que os das médias e, portanto, a distribuição de frequência é assimétrica. A média anual de chuva ocorre a um nível de probabilidade de 56,8% e o volume potencial anual mediano de captação de água de chuvas, no Tanque de Pedra, é de 353 litros para cada m² de área superficial. O volume potencial mínimo de captação de água de chuva é de 132 litro por m² de área de interceptação e ocorre com uma probabilidade inferior a 2%.

Palavras Chaves: clima, captação de água, cisternas.

INTRODUÇÃO

A água potável é o elemento indispensável à vida humano e, portanto, um dos maiores problemas sociais do mundo. A sua disponibilidade vem diminuir a cada dia, haja vista que o crescimento populacional é muito maior que os mananciais hídricos do Planeta.

A rocha sofre um processo de intemperismo e, por algum motivo, ela aflora na superfície. De acordo com SILVA, SCHULZ & CAMARGO (2004), as rochas de natureza cristalina (metamórfica ou ígnea) são as mais resistentes ao processo de desgaste pela água que as sedimentares.

As formações rochosas que constituem os Tanques de Pedras têm se constituído numa alternativa viável ao armazenamento da água da chuva no semi-árido nordestino. Embora, por ser um reservatório superficial, os tanques tornam-se vulneráveis às altas taxas de evaporação o que acarretam grandes perdas de água para a atmosfera na forma de vapor (CURI, 2001).

Nas zonas rural e urbana do município de Pocinhos, no Agreste da Paraíba, podem-se encontrar esses tipos de Tanques utilizados como reservatório de água. Mesmo antes do chegar o abastecimento público na cidade, através da Companhia de Água e Esgotos do Estado da Paraíba (CAGEPA), era comum ver pessoas com baldes ou latas na cabeça, com carrinhos de mão, utilizando-se jumentos e/ou carros de boi para transportar água desses reservatórios para as zonas rural e urbana.

A maior parte desta “região” tem características físico-ambientais que limitam o potencial produtivo, pelas freqüentes ocorrências de secas, solos rasos, alta salinidade, baixa fertilidade e capacidade de retenção de água reduzida. Portanto, não há dúvida da importante caracterizar de se estabelecer às épocas de maior precipitação, pois as secas geram problemas sociais e econômicos, dizimam as colheitas e animais e esgotam as reservas de água superficial (DUARTE, 2002; PIPPUS, 2006).

A escassez de água, num determinada local, pode ser amenizada, adotando-se tecnológicas simples relacionadas ao aproveitamento da água da chuva. No entanto, a precipitação pluvial é única fonte dessa tecnologia e o elemento do clima de maior variabilidade espacial e temporal na maioria das regiões do mundo (ALMEIDA, 2001).

No semi-árido nordestino, a chuva além da má distribuição espacial e temporal, os totais médios anuais variam de 300 a 800 mm, os intra-anuais além de irregulares, há anos em que a concentração ocorre de um a dois meses e em outros chovem torrencialmente (ALMEIDA &

SILVA, 2004). Mesmo na microrregião do Brejo paraibano que é uma das mais chuvosas, a chuva mensal é extremamente irregular, os desvios padrão, em alguns meses, superam a própria média, a distribuição é assimétrica e o coeficiente de assimetria é positivo (SILVA, ALMEIDA & COSTA FILHO, 2005).

Devido à elevada variabilidade temporal e local da precipitação, a distribuição mensal é assimétrica e, portanto, a média não é o valor mais provável de ocorrer. O simples uso desse valor, como referência, sem um estudo estatístico abrangente, conduzirá, obviamente, a erros interpretativos que resultam em subestimar ou em superestimar a quantidade de chuva esperada a nível local e, portanto, o potencial real para a captação.

Diante da irregularidade na distribuição de chuva torna-se necessário um estudo estatístico abrangente da série pluvial existente e a determinação da superfície de captação de afloramento rochosos, no sítio Pedra Redonda, município de Pocinhos, PB, sendo a estimativa do potencial de captação de água de chuva, utilizando-se a área de captação do Tanque de Pedra, o objetivo principal do presente trabalho.

MATÉRIAS E MÉTODOS

Os dados mensais e anuais de precipitação pluvial da cidade de Pocinhos, PB, latitude de 07° 04'S, longitude de 36° 04"W e altitude de 624 m, foram cedidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA), em Campina Grande.

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).

Dos totais anuais de chuvas foram estabelecidos seis cenários: aos níveis de 25%, 50% e 75% e para o ano mais seco, o mais chuvoso e a mediana.

A caracterização do regime de distribuição de chuvas foi feita a partir da análise dos dados mensais e anuais, 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.

Para se determinar o volume potencial de captação de água da chuva, utilizou-se a área de captação do Tanque de Pedra (Figura 1). A área foi determinada a partir do divisor de água, medindo-se o comprimento (C) e largura (h) de seguimentos regularmente espaçados, na rocha a cada 50m de distância um do outro. O “croqui” estabelecido permitiu aproximar a área a de uma figura geométrica conhecida, no caso um triângulo retângulo. De posse dessas medições calcularam-se as áreas parciais e o somatório delas a área final.



Figura 1: Tanque de Pedra, Sítio Pedra Redonda, Pocinhos, PB.

Partindo-se da relação de 1 mm de chuva corresponde a 1 litro por m² de área e adotando-se um coeficiente de escoamento superficial de 0,90, o volume potencial anual de captação de água da chuva (VP) foi calculado mediante a expressão:

$$VP \text{ (litros)} = \text{total de chuva (mm)} \times \text{área do telhado (m}^2\text{)} \times 0,90$$

Os cálculos, as análises estatísticas e a confecção de gráficos foram feitas utilizando-se a Planilha Eletrônica Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ø. *Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva*
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007

Os totais mensais referentes às médias, mediana e desvio padrão da precipitação pluvial são mostrado na Figura 2. Observa-se, na referida Figura, que os totais médios mensais estão associados a uma elevada dispersão mostrada através do desvio padrão (DP).

As dispersões além de serem extremamente elevadas, verificam-se que os DPs de setembro a março são maiores do que a própria média. Quando se compara a média anual com desvio padrão, a dispersão foi de $\pm 38,2\%$, ou seja, para um média de 378 mm o DP equivalente é de 144 mm.

As médias mensais das médias e das medianas superiores a 50 mm (Figura 2) ocorrem sequencialmente durante quatro meses, ou seja, de março a junho quanto chovem 52,6% do total anual. Os desvios padrão são ainda elevados, mas bem menores que os verificados nos meses de setembro a fevereiro, período na qual a chuva representa apenas 10,6% (37,1 mm) do acumulado no ano.

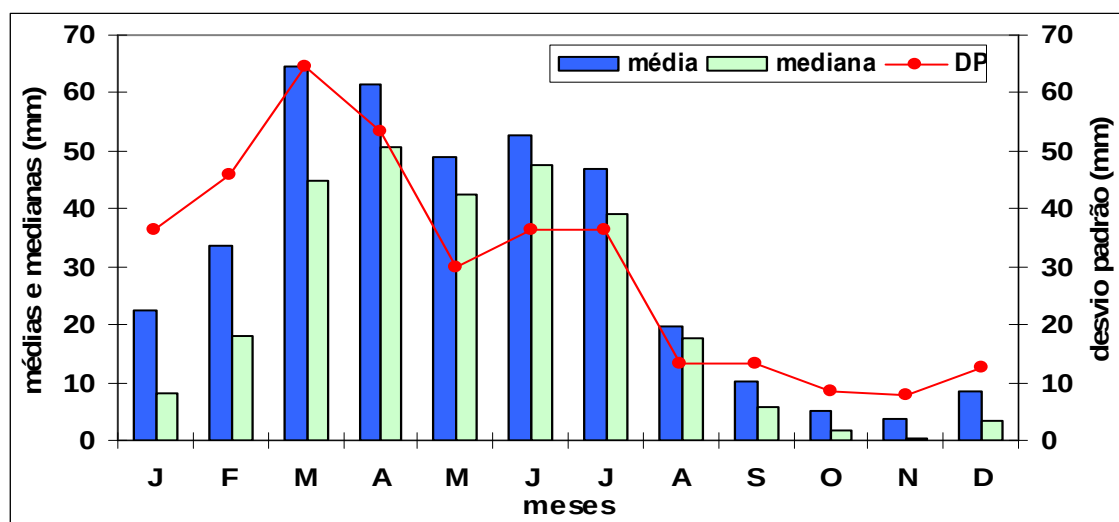


Figura 2: Médias, medianas e desvio padrão mensal de precipitação pluvial da cidade de Pocinhos, PB, correspondentes ao período: 1930-2006.

As medianas mensais foram sempre menores que as médias (Figura 2). Assim sendo, a distribuição de frequência tem assimetria positiva e a mediana é o valor mais provável de ocorrer do que a média. Diante disto, adotar-se-á a mediana com medida de tendência central e não a média como comumente é usada.

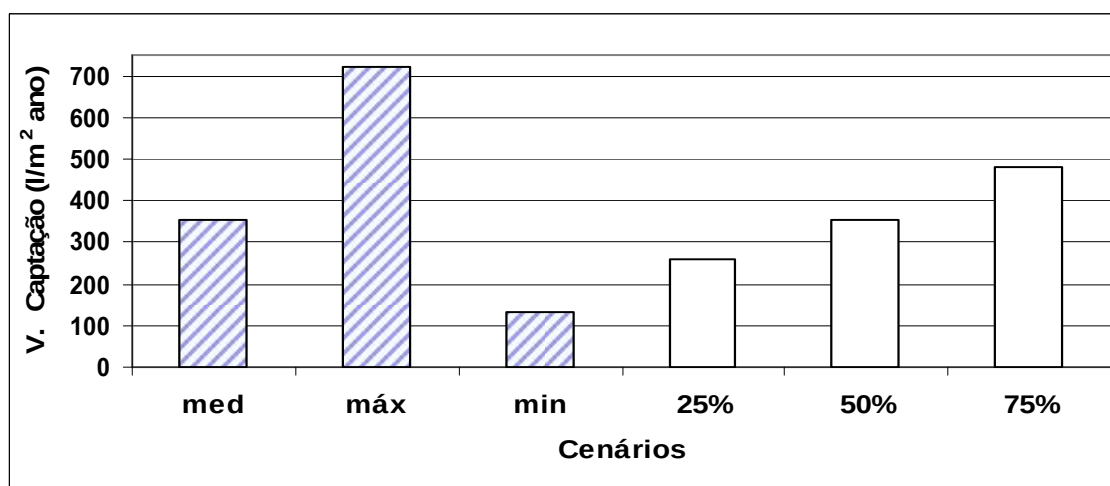


Figura 3: Volumes anuais de captação de água de chuva no Tanque de Pedra. Sítio Pedra Redonda, Pocinhos, PB.

Admitindo-se o pior cenário, que seria a do ano mais seco da série (1958) da série de 1930 a 2006, por exemplo, ainda é possível captar um volume 132 litros por cada m^2 de área de captação do Tanque. Aos níveis de 25 e 50% de probabilidade, que corresponde a um e a dois anos a cada quatro anos, as chances são 260 e 353 litros para cada m^2 de superfície de interceptação no afloramento rochoso. Já, quando a precipitação pluvial ocorre ao nível de 75%, o que equivale a três anos numa série de quatro, o volume anual seria de 481 litros para cada unidade de área em m^2 .

Apenas analisando-se os elevados valores de volumes de captação, constata-se que os Tanque de Pedra dispõem de um elevado potencial natural para a captação de água de chuva, utilizando-se a área superficial da própria rocha para a coleta da água de chuva.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados conclui-se que:

- A distribuição mensal de chuvas é extremamente irregular e os desvios padrão, em alguns meses, supera a própria média esperada;
- A média anual de chuva ocorre a um nível de probabilidade de 56,8%;
- O volume potencial anual mediano de captação de água de chuvas, nos Tanque de Pedra, é de 353 litros para cada m^2 de área superficial;
- O volume potencial mínimo de captação de água de chuva é de 132 litro por m^2 de área de interceptação e ocorre com uma probabilidade inferior a 2%;

- e) O estudo estatístico permitiu estabelecer o regime pluvial da zona rural de Pocinhos e quantificar o volume potencial para a captação de água de chuva (em litros), nos Tanque de Pedra, para cada m² de área de interceptação da chuva.

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..., Fortaleza: CD-ROM.

ALMEIDA, H. A. de. Probabilidade de ocorrência de chuva no Sudeste da Bahia. Ilhéus, CEPLAC/CEPEC. Boletim Técnico n. 182, 32p, 2001.

ASSIS, F. N., ARRUDA, H. V., PEREIRA, A. R. Aplicações de estatística à climatologia: teoria e prática. Pelotas, RS, Ed. Universitária/UFPEL, 161p, 1996.

CURI, R. C.; ALBUQUERQUE, A. S. O. **Planejamento integrado do uso da água em propriedades rurais: considerações.** UFPB, Campina Grande, PB, 2001, CD-ROM.

DUARTE, R. **Um tipo singular de desemprego massivo e episódico: o caso dos flagelados das secas no semi-árido nordestino.** In: Cadernos Adenauer III (2002), nº 5, O Nordeste à procura de sustentabilidade. Rio de Janeiro: Fundação Konrad Adenauer, dezembro 2002.

PIPPUS, M. M.. A precipitação no Nordeste brasileiro e a sua relação com o deslocamento meridional da ZCIT. Disponível em: <http://www.master.iag.usp.br/Sinotica/MONOG/MAIRA.doc>. Acesso em 04 jan. 2006.

SILVA, A. M., SCHULZ, H. E., CAMARGO, P. B. Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas. São Carlos, SP: RiMA, Editora. 140p, 2004.

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., 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.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**Estudo da viabilidade econômica da captação de água de chuva em residências da
cidade de João Pessoa**

*Gilson Barbosa Athayde Júnior, Isabelly Cícera Souza Dias , Carmem Lúcia Moreira
Gadelha*

Departamento de Tecnologia da Construção Civil, Universidade Federal da Paraíba, Campus
I. Castelo Branco, João Pessoa – PB. Cep: 58.051-900. Fone (83)3216-7355. E-mail:
gilson@ct.ufpb.br

RESUMO

Este trabalho trata do estudo da viabilidade econômica da utilização de um sistema de coleta e aproveitamento da água de chuva em residências na cidade de João Pessoa. Foram considerados três tipos padrão de residências com níveis sócio-econômicos distintos: um popular, um médio e um alto. A distribuição de usos potáveis e dos não potáveis foi pesquisada na bibliografia e foi definida como sendo 84,6% de demanda por água não-potável (água pluvial) para a residência de padrão popular, 87,6% para o padrão médio e 89,6% para o padrão alto. Foram calculados os indicadores econômicos valor presente líquido (VPL) e razão benefício/custo, ambos para uma vida útil do sistema de 20 anos, além do período de retorno, para alguns valores possíveis de a capacidade do reservatório de acumulação. Para o atual cenário de tarifas, o aproveitamento de águas pluviais no âmbito predial é alternativa economicamente inviável para os padrões popular e médio de residências. Para o padrão alto, em virtude do valor mais elevado de tarifa e de quantidade maiores de águas pluviais utilizadas, a alternativa é economicamente viável, com VPL variando de R\$ 1.278,17 a R\$ 2.254,00, razão benefício/custo variando de 1,30 a 1,47 e período de retorno variando de 8,17 a 10,19 anos.

Palavras-chave: água de chuva, captação, viabilidade econômica, João Pessoa

INTRODUÇÃO

A importância da água é explicada pelo fato de a mesma ser essencial à sobrevivência do ser humano, ao desenvolvimento econômico e à preservação do meio ambiente. Hoje em dia, muitas cidades experimentam problemas de desabastecimento de água devido ao crescimento da população e do consumo *per capita* de água, de modo que fontes alternativas de água surgem como solução para amenizar esses problemas. Neste contexto inclui-se a captação de águas pluviais para usos não potáveis em residências. Segundo TOMAZ [1], a captação e aproveitamento de águas pluviais para fins diversos em residências é técnica milenar que ganha espaço nos dias atuais.

Em caso de locais desprovidos de abastecimento público de água, tal alternativa se justifica por si só, devido aos diversos benefícios advindos do abastecimento de água. Em locais que dispõem de serviços de abastecimento de água, porém que passam por crises de desabastecimento, o aproveitamento de águas de chuvas desempenharia importante papel na complementação da oferta de água. E no caso de locais com serviços de abastecimento de água que estão funcionando bem e atendendo plenamente à demanda, ainda tal alternativa poderia ser considerada sob o ponto de vista econômico em comparação com a água fornecida pela concessionária local.

Apesar de ser uma opção interessante do ponto de vista ambiental, a implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial depende de diversos fatores, dentre eles a possibilidade técnica, a viabilidade econômica e a aceitação social. Dentro deste contexto, o presente trabalho busca avaliar a viabilidade econômica da implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva para os diferentes padrões sócio-econômicos de moradia (popular, médio e alto) que visam o abastecimento das bacias sanitárias, chuveiro, lavatórios, tanques, máquina de lavar roupas, lavagem de automóveis, rega de jardins e piscinas em residências na cidade de João Pessoa – PB.

METODOLOGIA

Para fins de levantamento de custos, o sistema de captação e armazenamento de águas pluviais foi concebido contendo o telhado, calhas, condutos verticais e horizontais,

6º. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva

Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007

filtro de areia, cloração, reservatório inferior e reservatório superior. Considerou-se ainda que a boa qualidade inerente às águas pluviais, conforme dados brasileiros publicados na literatura relativa ao tema (HERNANDES e AMORIM [2]; VACCARI *et al* [3]; JAQUES *et al* [4]), juntamente com uma etapa de tratamento da água, incluindo filtração e cloração, torna tais águas passíveis de todos os usos numa residência, exceto possivelmente o potável. Dessa forma, foi considerado que apenas a pia de cozinha (preparo de alimentos, lavagem de pratos, ingestão) utilizará água potável fornecida pela concessionária e o restante da demanda por água da residência será suprida pelas águas pluviais.

Foram considerados três tipos padrão sócio-econômicos de residências (descritos abaixo): um popular, um médio e um terceiro de padrão alto.

Residência de padrão popular: com população de 4 habitantes e consumo per capita de 130,00 L/hab.dia e área de captação de águas pluviais (telhado) de 60 m².

Residência de padrão médio: com população de 5 habitantes e consumo per capita de 162,00 L/hab.dia e área de captação de águas pluviais (telhado) de 120 m².

Residência de padrão alto: com população de 6 habitantes e consumo per capita de 192,83 L/hab.dia e área de captação de águas pluviais (telhado) de 300 m².

A distribuição de usos potáveis e dos não potáveis foi pesquisada na bibliografia (TOMAZ [1], TOMAZ [5], CREDER [6] e ROCHA *et al.* [7]) e foi definida como sendo 84,62% de demanda por água não-potável (água pluvial) para a residência de padrão popular, 87,65% para o padrão médio e 89,63% para o padrão alto.

Os dados de precipitação utilizados no trabalho foram obtidos da Rede Hidroclimatológica do Nordeste, através do site da ADENE [8]. Utilizou-se uma série de dados de chuva abrangendo dados diários do período de 1912 a 1969, cujas médias mensais resultaram nos valores mostrados na Figura 1 e num total anual médio de 1745,8 mm.

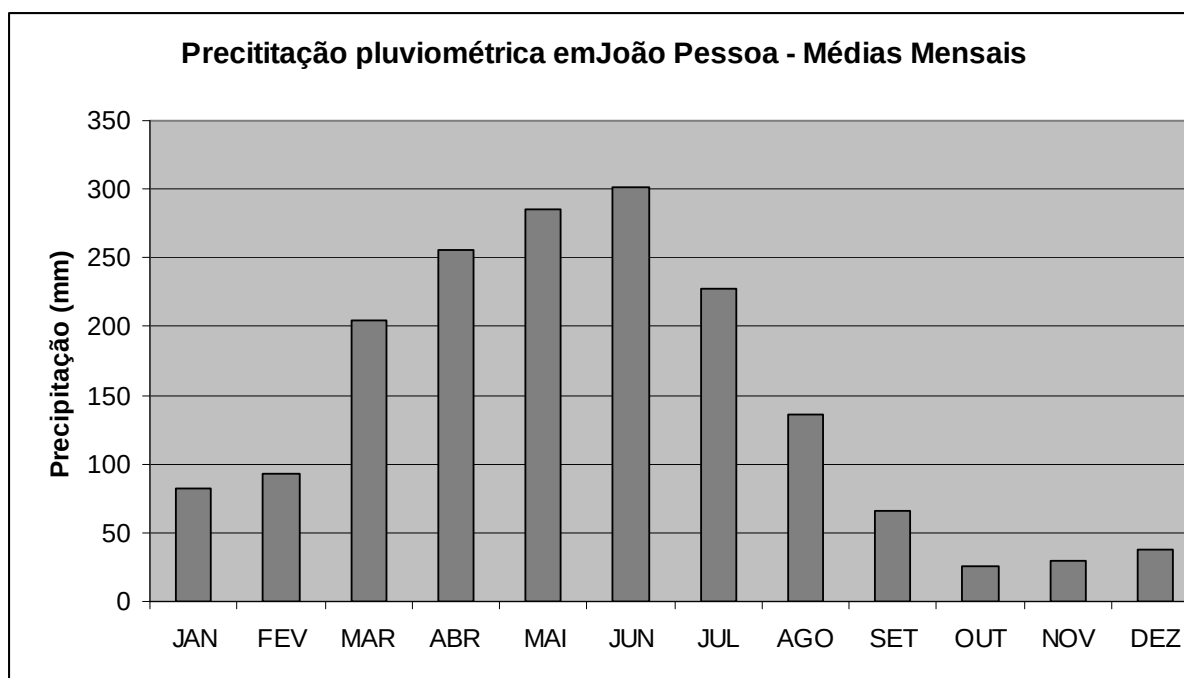


Figura 1 – Médias mensais da precipitação pluviométrica em João Pessoa, 1912 – 1969 (ADENE [8])

Os custos do reservatório de acumulação foram baseados nos preços de mercado para reservatórios pré-fabricados. Custos adicionais de calhas, conjunto elevatório e energia elétrica para o conjunto elevatório foram também considerados. O benefício econômico considerado foi o valor da quantidade de água aproveitada num ciclo anual, tomando-se como base o valor do m^3 de água fornecida pela concessionária local, que é de R\$ 1,99/ m^3 para consumo entre 11 e 20 m^3 (faixa na qual se enquadrrou o padrão popular), R\$ 2,62/ m^3 para consumo de 21 à 30 m^3 (faixa na qual se enquadrrou o padrão médio) e R\$ 3,56 para consumo acima de 30 m^3 (enquadrando-se o padrão alto). Estes valores de tarifa são apenas para os serviços de água, não incluindo os de esgotamento sanitário.

Para simular cenários futuros em que o valor da tarifa de água praticada deve aumentar, foram calculados os mesmos indicadores financeiros para o dobro, o triplo e o quádruplo dos atuais valores.

RESULTADOS E CONCLUSÕES

Foram considerados alguns valores para a capacidade do reservatório de acumulação, variando desde um mínimo equivalente a dez dias de consumo da residência até o máximo possível dimensionado pelo método de Rippl (RIPPL [9]) ou equivalente a 20 dias de consumo da residência, sendo considerado o maior desses dois valores.

Para o padrão popular, o volume máximo do reservatório de água de chuva foi encontrado tomando-se como base vinte dias de consumo, uma vez que o volume máximo calculado pelo método de Rippl foi inferior ao volume mínimo (considerando dez dias de consumo na residência). O volume máximo, calculado pelo método de Rippl, foi igual a 3,10 m³, enquanto que o volume mínimo, considerando 10 dias de consumo, igual 4,40 m³. Como o volume mínimo calculado para o reservatório de acumulação foi maior do que o volume máximo (calculado pelo método de Rippl), adotou-se 20 dias de consumo para o máximo volume (8,8 m³). Foram atribuídos possíveis valores entre os volumes máximo e mínimo, calculados para o reservatório de acumulação de água de chuva, para que fosse analisada a viabilidade econômica referente a quantidade de água aproveitada num ciclo anual.

No padrão médio o volume máximo do reservatório de águas pluviais foi calculado pelo método de Rippl (22,55 m³) e o volume mínimo para suprir dez dias de consumo na residência (7,10 m³). A partir dos valores máximo e mínimo referentes ao volume do reservatório de acumulação de água de chuva, foram atribuídos possíveis valores para que fosse analisada a viabilidade econômica referente a quantidade de água aproveitada num ciclo anual.

Analogamente ao padrão médio de residências, os volumes máximo e mínimo do reservatório de acumulação de água de chuva foram calculados para o padrão alto. O volume máximo foi igual 102,29 m³ e o volume mínimo igual 10,37 m³. Foram atribuídos possíveis valores entre os volumes máximo e mínimo para que fosse analisada a viabilidade econômica referente a quantidade de água aproveitada num ciclo anual para o padrão alto de residências.

Foram calculados, para os valores considerados da capacidade do reservatório de acumulação, os indicadores econômicos VPL e razão B/C para uma vida útil do sistema de 20 anos, assim como o período de retorno (PR). Os indicadores da análise econômica do sistema de aproveitamento de água de chuva para os padrões popular, médio e alto de residências são apresentados nas Figuras 2 a 10.

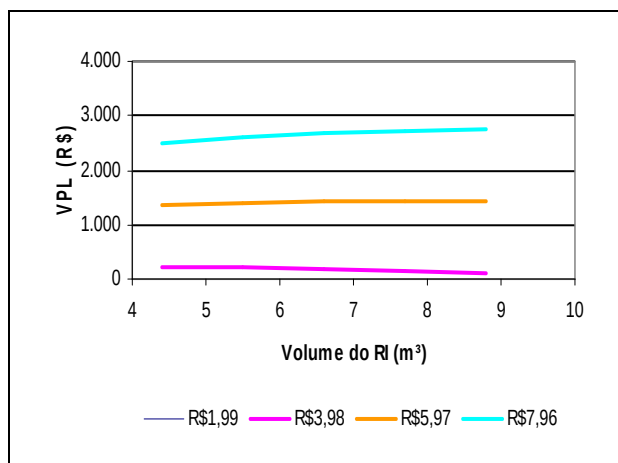


Figura 2 – VPL para o padrão popular

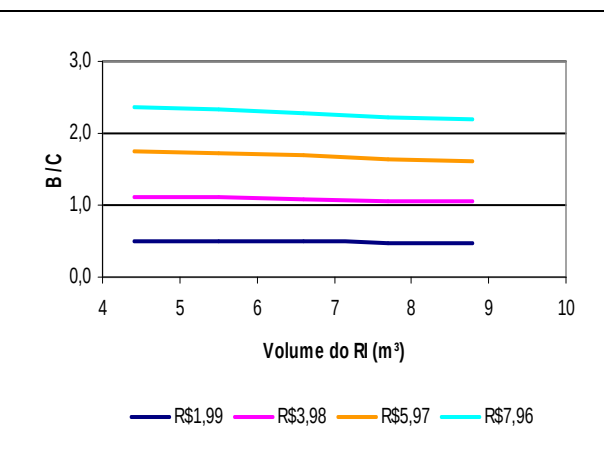


Figura 3 – Razão B/C para o padrão popular

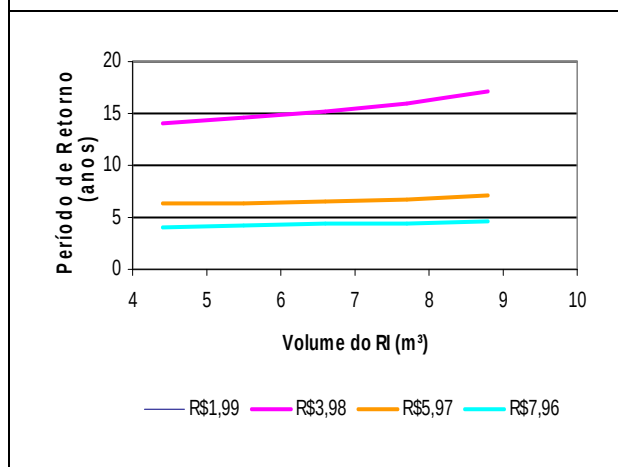


Figura 4 – PR para o padrão popular

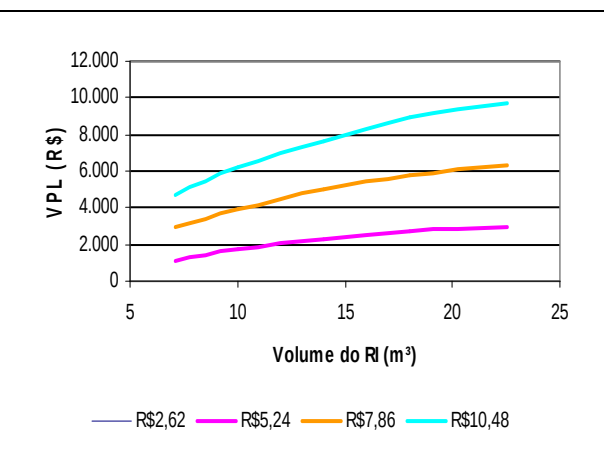


Figura 5 – VPL para o padrão médio

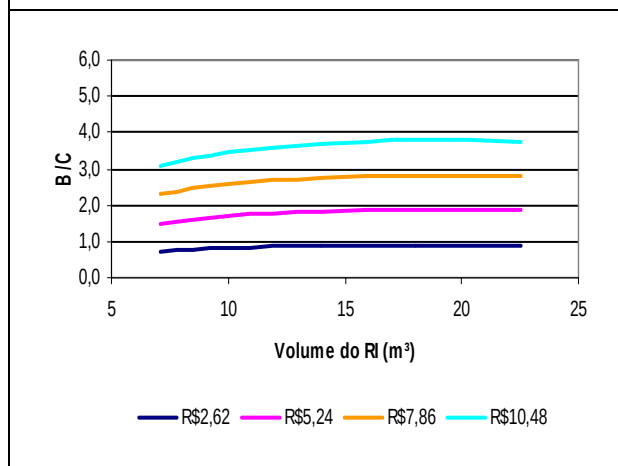


Figura 6 – Razão B/C para o padrão médio

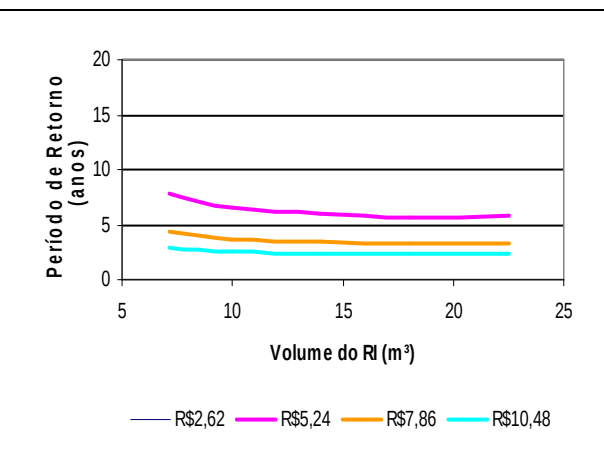


Figura 7 – PR para o padrão médio

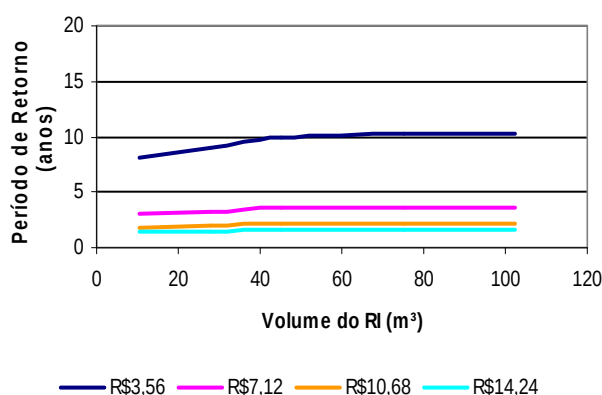
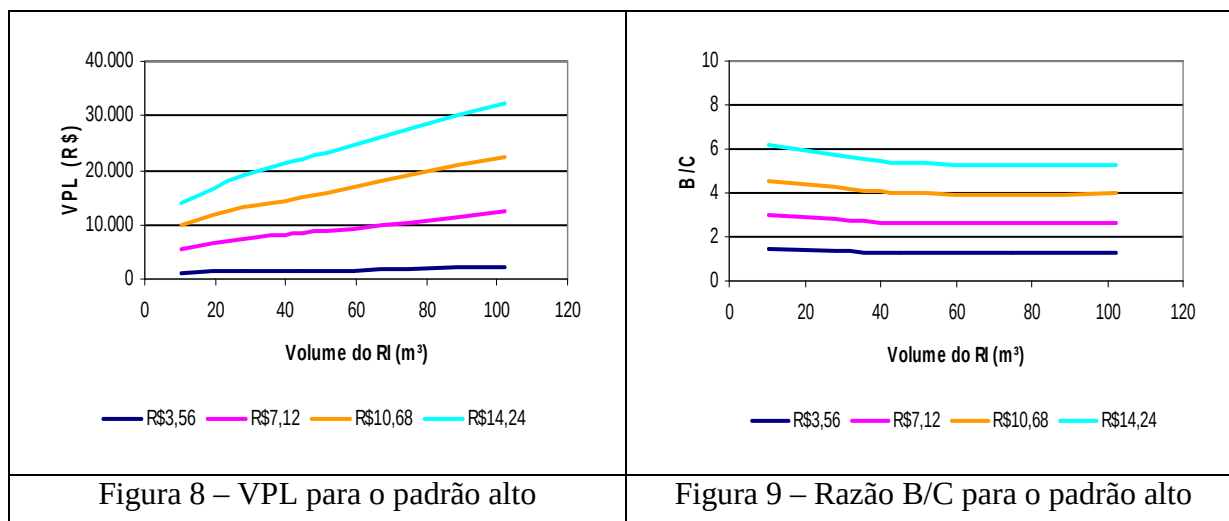


Figura 10 – PR para o padrão alto

Para o atual cenário de tarifas, o aproveitamento de águas pluviais no âmbito predial é alternativa economicamente inviável para os padrões popular e médio de residências. Para o padrão alto, em virtude do valor mais elevado de tarifa e de quantidade maiores de águas pluviais utilizadas, a alternativa é economicamente viável, com VPL variando de R\$ 1.278,17 a R\$ 2.254,00, razão benefício/custo variando de 1,30 a 1,47 e período de retorno variando de 8,17 a 10,19 anos.

Por outro lado, para cenários futuros de valor de tarifa, o aproveitamento de águas pluviais em residências é alternativa economicamente viável, com VPL de até cerca de R\$ 32.386,11 para o padrão alto de residência e valor de tarifa de água equivalente ao quádruplo do atual, por exemplo.

Com relação ao volume do reservatório de acumulação, os valores da razão benefício/custo e período de retorno para os padrões popular e alto foram mais vantajosos para valores reduzidos da capacidade do reservatório, enquanto que para o padrão médio esses

indicadores tiveram melhores resultados para reservatórios com volume de acumulação igual a 18 m³. Com relação ao VPL, esse foi mais vantajoso para valores elevados da capacidade do reservatório para todos os padrões sócio-econômico de residências.

Deve-se ressaltar que embora não se tenha indicadores econômicos atrativos para o cenário atual de cobrança de tarifas para os padrões popular e médio, deve-se considerar que os possíveis aumentos que a água sofrerá nos próximos anos irão diminuir o período de retorno e aumentar o benefício/custo e o VPL.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] TOMAZ, P. (2003). *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. 1 ed. São Paulo. Ed. Navegar, 180p.
- [2] HERNANDES, A.T.; AMORIM, S.V. (2006). *Avaliação quantitativa e qualitativa de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma edificação na cidade de Ribeirão Preto*. In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, XI. Florianópolis. pp 3364 – 3372. 2006.
- [3] VACCARI, K. P. *et al.* (2005). Caracterização da água de chuva para o seu aproveitamento em edificações como fonte alternativa de água para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23. Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2005. CD-ROM.
- [4] JAQUES, R. C.; RIBEIRO, L. F.; LAPOLLI, F. R. (2005). Avaliação da qualidade da água de chuva da cidade de Florianópolis - SC. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23. Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2005. CD-ROM.
- [5] TOMAZ, P. (2000). *Previsão de consumo de água: Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos*. 1 ed. São Paulo. Ed. Navegar, 250p.
- [6] CREDER, H (2006). *Instalações Hidráulicas e Sanitárias*. 6 ed. Rio de Janeiro. Ed LTC, 440p.
- [7] ROCHA, A. L; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. (1998). *Caracterização e Monitoramento do Consumo Predial de Água*. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documento Técnico de Apoio E1. Ministério do Planejamento e Orçamento: Brasília.
- [8] ADENE – Agência de Desenvolvimento do Nordeste. (2006). Disponível em <<http://www.adene.gov.br/ixpress/pluviometria/plv/index.dml>> Acesso em 06 Fev De 2006.

[9] RIPPL, W. (1883). Capacity of Storage Reservoirs for Water Supply”. Proceedings of The Institution of Civil Engineers, v. 71, 1883



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

AValiação da Viabilidade Técnico e Social da Desinfecção Solar (SODIS) em Águas de Cisternas de Placa – Estudo de Caso Camurim (Itaiçaba)

Márcio Pessoa Botto

Engenheiro civil, mestre em saneamento ambiental pela Universidade Federal do Ceará.

Endereço de contato: Rua Nunes Valente, 687, apt-1901. Meireles CEP: 60125-070, Fortaleza, CE, Brasil. Tel.: (85) 3224 0117, (85) 9995 1578, e-mail: marciobotto@yahoo.com

RESUMO

Ainda hoje, 40% dos domicílios cearenses são desprovidos de abastecimento de água por rede pública. Para evitar ou mitigar doenças de veiculação hídrica, métodos caseiros de tratamento de água devem ser recomendados. O SODIS, desinfecção de água a partir da energia solar, foi aplicado e investigado tecnicamente e socialmente em comunidades do Estado do Ceará, sendo uma delas abastecidas por água captada por cisternas de placa. O método é capaz de melhorar a qualidade microbiológica da água, conseguindo a inativação de coliformes termotolerantes na concentração de até 10^3 NMP/100mL. O SODIS foi muito bem aceito, com 45% de aceitação das famílias. Após o projeto, foi possível observar a redução em 50% dos casos de diarreia em Camurim (Itaiçaba-CE).

Palavras-chave: água, cisternas de placa, desinfecção solar, SODIS, saúde pública.

INTRODUÇÃO

A captação de água de chuva através de cisternas de placas é uma realidade presente no semi-árido cearense. Dos 1.018 municípios beneficiados em todo o País pelo programa P1MC (Programa 1 Milhão de Cisternas de Placas) até o mês de abril de 2007, Itaiçaba, município na região nordeste do Ceará, possui uma comunidade chamada Camurim, em que 80% dos moradores são abastecidos pelas águas das cisternas de placa construídas pela Fundação Cáritas Arquidiocesana do Ceará, juntamente com a ASA.

Vários estudos já comprovaram que a água captada nas cisternas de placa não está livre de contaminação microbiológica, ou seja, não atende aos padrões de potabilidade exigidos pela OMS. Segundo Blackburn et al (2005), as possíveis fontes de contaminação bacteriológica das cisternas são: a presença de animais sobre as estruturas de captação e

dentro das cisternas; o mau acondicionamento dos baldes usados para coletar água na cisterna; o uso da cisterna para receber água de outras fontes; o não descarte ou descarte inadequado das primeiras águas de chuva.

Uma técnica de tratamento de água que vem sendo estudada e aplicada em países em desenvolvimento como uma tecnologia segura para o tratamento microbiológico é a desinfecção solar. Essa técnica, hoje denominada SODIS, foi primeiramente estudada por Aftim Acra em 1984 e posteriormente aprimorada pelo instituto EAWAG, na Suíça. O SODIS, método em batelada, extremamente simples e barato, dispensa o fornecimento de energia elétrica e utiliza apenas garrafas PET como insumo e o sol, universalmente disponível e gratuito.

O método SODIS, sigla para desinfecção solar, utiliza duas componentes da radiação: UV-A, responsável pela modificação do DNA dos microrganismos e a radiação infravermelha responsável pela elevação da temperatura da água, tendo em vista que os microrganismos são sensíveis ao aquecimento (SODISa, 2003).

Segundo EAWAG/SANDEC (2005), atualmente cerca de um milhão de pessoas utiliza regularmente o SODIS como método de desinfecção em 20 diferentes países. Apenas na América Latina, até o final de 2004, mais de 200.000 usuários foram contabilizados. Existe uma grande aceitação do SODIS nas comunidades onde já houve sua disseminação. A porcentagem de usuários regulares está entre 40 e 80% do total de pessoas capacitadas. Os benefícios diretos do SODIS na saúde pública são evidentes, havendo uma redução de até 75% nos casos de diarreia entre os usuários regulares do SODIS. (EAWAG/SANDEC, 2005).

METODOLOGIA

De acordo com EAWAG/SANDEC, (2005), a metodologia SODIS consiste em encher completamente garrafas plásticas transparentes limpas do tipo PET (tereftalato de polietileno) com capacidade para até dois litros, com água de turbidez inferior a 30UT. Em dias ensolarados, as garrafas devem ser expostas ao sol, no sentido horizontal, durante seis horas ininterruptas, sempre no intervalo de maior pico de insolação (09h00min e 16h00min).

Dados climatológicos foram coletados junto à estação agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará em Fortaleza para avaliar as condições de insolação para o uso da desinfecção solar.

Para a escolha das comunidades beneficiadas com o projeto foi considerado o perfil do saneamento ambiental das mesmas no contexto estadual. Mapeando-se os dados levantados

pelo Censo de 2000 realizado pelo IBGE, verificou-se que os municípios localizados no nordeste do Ceará apresentam uma maior carência quanto aos serviços básicos de saneamento. Além disso, buscou-se escolher comunidades onde houvesse atuação efetiva de Organizações Não Governamentais através de projetos sociais de desenvolvimento local.

Sabe-se que antes de tentar sugerir tecnologias de saneamento, é preciso vencer preconceitos e esclarecer as comunidades da importância de inserir hábitos de higiene no cotidiano, importância dos hábitos de tratar (desinfetar) a água, e dos hábitos de destinar adequadamente os resíduos fecais. Portanto, trabalhos de sensibilização foram realizados a partir de oficinas participativas com a comunidade, distribuição de cartilhas educativas e parcerias com as escolas e postos de saúde.

Após a realização da campanha e o estabelecimento de um contato com as comunidades, com suas lideranças e com os agentes de saúde, foram selecionados grupos de moradores a serem capacitados quanto ao uso da tecnologia proposta. Esses moradores, chamados de multiplicadores ou promotores, foram divididos por área, e cada um ficou responsável por visitar e acompanhar um grupo de no máximo 15 famílias. Durante os meses de maio a julho de 2005, os multiplicadores visitaram casa a casa repassando os conhecimentos adquiridos sobre educação sanitária à comunidade. Acredita-se que a ação dos multiplicadores, integrantes da comunidade local, seja bem mais valorizada pela comunidade.

A fim de avaliar melhor os resultados do projeto, foram aplicados questionários antes, durante e após o projeto. O universo amostral de aplicação dos questionários abrangeu todas as famílias das comunidades e foram respondidos pelo chefe de família. Em caso de sua ausência, aplicavam-se as perguntas ao responsável pelo domicílio naquele momento.

Durante os meses de junho e julho de 2005, nas comunidades selecionadas, foram coletadas água bruta (antes de aplicar SODIS) e água tratada pelo método, para a análise de coliformes termotolerantes. As garrafas SODIS foram preparadas e manuseadas pelos próprios moradores, e expostas ao sol no período da manhã, aproximadamente às 07h00min. Entre as 15h00min e 17h00min do mesmo dia, as garrafas eram retiradas do sol e encaminhadas para o laboratório em Fortaleza. Foi utilizada a metodologia de tubos múltiplos com meio A1 DIFCO® para a quantificação de coliformes termotolerantes, indicador próprio para avaliar a contaminação fecal das amostras.

RESULTADOS

Avaliação técnica

A partir da sistematização dos dados climatológicos, observa-se que durante o pico de insolação (09h30min às 15h00min), os valores de radiação solar global em Fortaleza são superiores aos recomendados pela literatura, de 500W/m² (LAWAND et al., 1988 apud WEGELIN et al., 1994) e 600W/m² (ZAPP et al., 1987 apud PROSAB, 2001) (Figura 01).

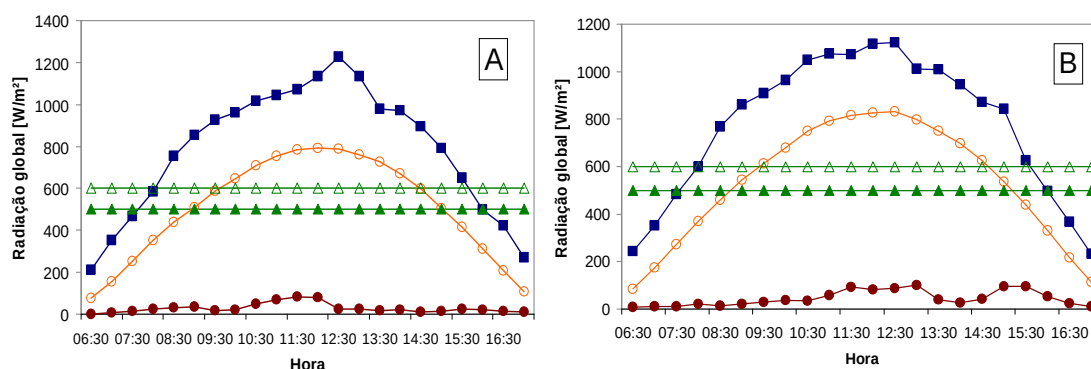


Figura 01 – Valores médios (○), máximos (■), mínimos (●) de radiação solar global registrados em 2004 (A) e 2005 (B) das 06h30min às 17h00min, em Fortaleza, Ceará, e valores mínimos necessários para realizar o SODIS: 500W/m² - Lawand *et al.* (1988 apud Wegelin *et al.* 1994) (▲) e 600W/m² - Zapp *et al.* (1987 apud Prosab 2001) (△).

As análises microbiológicas das amostras manuseadas pelos próprios usuários apresentaram uma boa remoção do indicador fecal. O método mostrou-se capaz de inativar concentrações de coliformes termotolerantes acima de 10³ NMP.100mL⁻¹, como apresentado na Tabela 01. Contudo, pode-se observar que em alguns casos não houve redução e em outros ocorreu aumento da colimetria (amostras Camurim 3, 6, 7, e 9). Como exemplo, na amostra Camurim 3, houve a duplicação na concentração do indicador fecal, e na amostra Camurim 6, esse aumento chegou a 6 vezes. As garrafas SODIS, quando não expostas diretamente à luz solar, funcionam como um reator biológico, apropriado para a multiplicação bacteriana sob temperatura ótima (SODIS, 2003b); em outros casos, a insuficiente higienização dos recipientes contribuiu para o aumento da contaminação. Estes dois fatores podem ter sido as causas principais do aumento ou permanência das altas quantidades de coliformes termotolerantes nas amostras de água tratada. Vale ressaltar que estes problemas ocorreram devido ao uso inadequado da tecnologia, considerando que as garrafas foram expostas em locais sombreados.

Tabela 1 - Resultado das análises de coliformes termotolerantes das amostras brutas e tratadas nas quatro comunidades pesquisadas.

Amostra	Data de coleta	Origem/ classificação (cisterna de placa)	Turbidez (uT)	coliformes termotolerantes		Redução
				água bruta	água SODIS	
Camurim 1	6/6/2005	carro pipa	2	3000	3000	0,00%
Camurim 2	20/6/2005	chuva	1	130	23	82,31%
Camurim 3	20/6/2005	carro pipa	1	1300	2400	-84,62%
Camurim 4	20/6/2005	chuva	1	300	<2	100,00%
Camurim 5	22/6/2005	carro pipa	0	2400	2	99,92%
Camurim 6	22/6/2008	chuva	1	300	300	0,00%
Camurim 7	22/06/205	chuva	1	800	800	0,00%
Camurim 8	29/6/2005	chuva	1	130	<2	100,00%
Camurim 9	4/7/2005	carro pipa	2	500	3000	-500,00%
Camurim 10	4/7/2005	carro pipa	3	3000	500	83,33%
Camurim 11	4/7/2006	chuva	2	3000	30	99,00%
Camurim 12	6/7/2006	chuva	1	13	<2	100,00%
Camurim 13	6/7/2006	chuva	1	<2	<2	0,00%
Camurim 14	6/7/2006	chuva	2	11	<2	100,00%

Destaca-se a elevada contaminação das águas das cisternas de placas e o baixo valor de turbidez das amostras. Mesmo as águas de chuva armazenadas nesses reservatórios não estão isentas da contaminação fecal, isto porque o manejo da água é feito de forma incorreta, onde moradores utilizam baldes para coleta da água, as calhas não são devidamente limpadas e, em alguns casos, as primeiras águas de chuva são armazenadas (amostras Camurim 2, 4, 6, 7 e 11, Tabela 01).

No entanto, a maior contaminação encontra-se nas águas fornecidas através dos carros-pipa disponibilizados pela prefeitura municipal. A concentração média de coliformes termotolerantes das cisternas abastecidas pelo carro pipa foi de $2,3 \times 10^3$ NMP. 100mL-1 (amostras Camurim 1, 3, 5, 9 e 10, Tabela 01).

Avaliação social

Os resultados do pré-diagnóstico, ou seja, os questionários aplicados antes de iniciar o projeto (abril a junho de 2004) foram:

- Sócio-econômicos:
 - Escolaridade: 35% dos chefes de família são analfabetos
 - Renda: 40% das famílias possuem renda inferior a 1 (um) salário mínimo.
- Saneamento
 - Abastecimento de água (cisternas de placa): 20% das famílias responderam que não limpam as calhas do sistema de captação de água e apenas 80% descartavam a primeira água da chuva. 80% utilizam cordas e baldes para coleta da água e 20%, bombas manuais e elétricas.
 - Tratamento de água: 20% não realizam nenhum tipo de tratamento doméstico de água.
 - Esgotamento: 80% possuem fossa rudimentar e 20% lançam seus dejetos no terreno.

Logo após a etapa de sensibilização e oficinas na comunidade, houve um incremento de 3% nas famílias que tratavam água para consumo humano e após o trabalho dos multiplicadores, hoje, 100% das famílias na comunidade Camurim tratam a água antes de consumi-la.

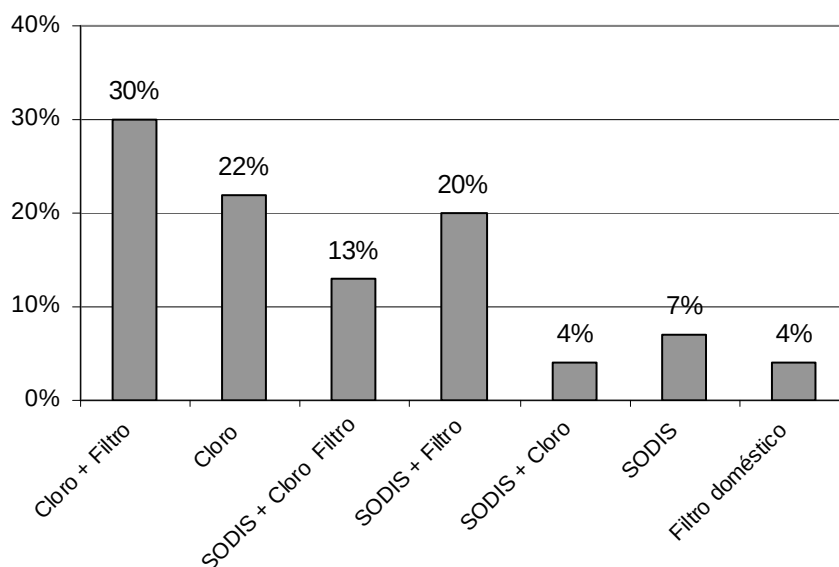


Figura 02 – Tipos de tratamento de água na comunidade Camurim após o projeto. Itaíçaba, junho de 2005.

Foi possível observar a aceitação do SODIS em mais de 40% das famílias na comunidade Camurim. O despertar para o problema foi tão proeminente, que alguns moradores que nada faziam para tratar a água começaram a fazer uso de dois ou mais métodos de tratamento (Figura 02). O relato dado pelos moradores era de que o SODIS não alterava o gosto nem odor da água.

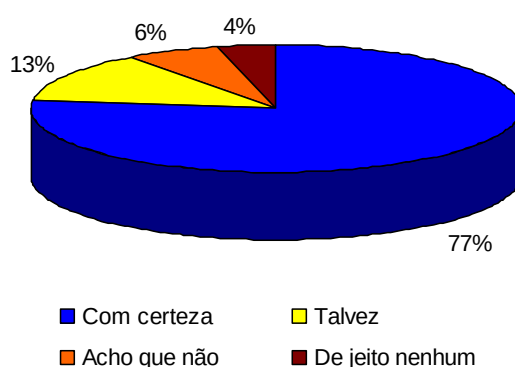


Figura 03 - Sustentabilidade do SODIS. Porcentagem de famílias que vão continuar a usar o método. Itaiçaba, junho de 2005.

Para avaliar a sustentabilidade da tecnologia, foi perguntado aos usuários do SODIS se eles iriam continuar a usar este método. Apenas 6%, na comunidade Camurim, responderam que não iriam continuar a usar o SODIS de forma alguma (Figura 03).

Naturalmente, deve-se ressaltar a possível ocorrência de elementos omitidos e/ou alterados por parte dos entrevistados, considerando sempre a possibilidade de que em um levantamento de dados via entrevista, o entrevistado pode responder de forma a agradar o pesquisador ou então apresentar uma versão positiva dos fatos.

Comparando-se os dados de doenças diarreicas levantados pelo Posto de Saúde (PSF), observou-se uma redução em 50% dos casos, ou seja, em 2004 foram relatados 14 casos, e 2005 apenas 7.

CONCLUSÕES

As cisternas de placa em Camurim não estão livres de contaminação microbiológica.

A desinfecção solar é um método eficiente para as condições climáticas do Estado do Ceará, alcançando a total inativação de coliformes termotolerantes quando se faz uso correto desta tecnologia.

Este projeto, ainda que tenha sido planejado e executado com enfoque educativo baseado em treinamentos, capacitações e oficinas, alguns usuários cometeram certos

equivocos, como por exemplo, expor as garrafas em locais sombreados, não sendo obtida a esperada desinfecção. Isto ratifica o fato de que o uso de uma tecnologia por mais simples que seja, requer treinamento e acompanhamento adequados para corrigir possíveis problemas encontrados.

O método de desinfecção SODIS, por sua simplicidade e baixo custo, pode ser considerado sustentável e torna-se habitualmente praticável em áreas carentes de saneamento adequado, podendo ser replicado nas famílias que são abastecidas por água de chuva, uma vez que a turbidez dessas águas sempre está abaixo de 30uT.

Bibliografia

BLACKBURN, D., RETAMAL, Y., LIMA, M., JALFIM, F., VIANA, A., JÚNIOR, M., Avaliação da contaminação microbiológica de água para consumo doméstico na região de atuação da Diaconia no semi-árido nordestino, 5 ° Simpósio Brasileiro de Captação de Água de Chuva, Disponível em: CD-ROM.

EAWAG/SANDEC. Desinfección Solar del Agua - Guia de Aplicación, Cochabamba, Bolívia. p80 2005.

PROSAB 2, Processos de Desinfecção Alternativos na Produção de Água Potável. ABES. Rio de Janeiro, 2001. p139.

SODISa. Climatic Conditions: Solar Radiation, Technical Note #5, 2003. Disponível em: <http://www.sodis.ch>. Acesso em 13 maio 2005.

SODISb. SODIS Efficiency: Covered Sky Conditions, Technical Note #11, 2003. Disponível em: <<http://www.sodis.ch>>. Acesso em 13 maio 2005.

WEGELIN, M., CANONICA, S., MECHSNER, K., FLEISHMANN, T., PESARO, F., METZLER, A., Solar water disinfection: scope of the process and analysis of radiation experiments, Journal of Water Supply: Research and Technology – Aqua, v. 43, n3, p154-159, 1994.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**INFOCHUVA: UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL DE AVALIAÇÃO DE
RISCOS DE DESABASTECIMENTO DE SISTEMAS DE CAPTAÇÃO
DE ÁGUA DE CHUVA**

**Rodolfo Luiz Bezerra Nóbrega¹, Magno Jefferson de Souza Queiroz², Lorena Fernandes
Maia², Carlos de Oliveira Galvão¹**

¹ Unidade Acadêmica de Engenharia Civil – Universidade Federal de Campina Grande

Caixa Postal 505, Campina Grande, PB, 58.100-970

rodolfo@hidro.ufcg.edu.br

² Departamento de Sistemas e Computação – Universidade Federal de Campina Grande

Resumo: Neste artigo é apresentado um software para avaliação de sistemas de captação de água de chuva. A metodologia é baseada no algoritmo de balanço hídrico de reservatório (cisterna) e em dois índices, de garantia e de confiabilidade volumétrica. De modo a exemplificar o seu funcionamento, foram realizadas, com sucesso, simulações para 57 municípios localizados no semi-árido paraibano. Esta ferramenta computacional pode ser utilizada por organizações, órgãos públicos, programas de assistência social, a defesa civil, entre outros, para obter informações mais detalhadas sobre a segurança hídrica dos sistemas de captação de água de chuva em escala regional.

Palavras-chave: software, avaliação, água de chuva, cisterna.

1. INTRODUÇÃO

De modo a facilitar as avaliações de projetos de conservação de recursos hídricos, diversas aplicações computacionais têm sido desenvolvidas em âmbito mundial. Estas podem ter tanto um caráter de pequena escala, quando sistemas individuais são analisados, como de grande escala, quando um sistema maior, que contempla vários menores, é o foco dos resultados.

Olsen (2005) explica que estes sistemas, integrando o conjunto de Sistemas de Suporte à Decisão (SSD), têm encontrado ampla aplicação, auxiliando na organização e estruturação de problemas em benefício do processo de tomada de decisão. O autor ainda cita que as técnicas utilizadas nesses SSD são diferenciadas entre países em desenvolvimento e desenvolvidos, abordando para suas análises um caso particular na Índia.

Embora esses sistemas tenham tido uma larga aplicação no campo de recursos hídricos, quando nos referimos às aplicações que tratam de sistemas de captação de água de chuva (SCAC) este universo é limitado, apesar de existirem experiências registradas que demonstrem um conjunto de iniciativas emergentes, apresentadas a seguir.

Nóbrega et al. (2005), de modo a obter suporte em projetos hidráulicos de SCAC, desenvolveram um software para dimensionamento de elementos destes sistemas baseados em procedimentos de cálculos adotados pelo Programa de Estudos e Ações para o Semi-Árido da Universidade Federal de Campina Grande (PEASA/UFCG).

De maneira mais ampla, Thomas et al. (2002), como parte de um projeto de gerenciamento de água industrial, integraram aos resultados respectivos diagnósticos de rentabilidade financeira relacionados ao investimento de SCAC.

Já uma organização não governamental indiana denominada Ajit Foundation desenvolveu um software, denominado SimTanka, para simular performances de SCAC em diversas comunidades. Foi verificada que esta análise, quando realizada somente para uma unidade de sistema, era inviável e, assim, posteriormente foram desenvolvidas aplicações que envolviam outros aspectos (sociais, logísticos, entre outros) das comunidades (Olsen, 2005).

No presente trabalho é apresentada a primeira versão de um software de avaliação de risco de desabastecimento de sistemas de captação de água de chuva, denominado InfoChuva. São abordadas suas características e funcionalidades, e, como demonstração, resultados de uma simulação padrão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 – O Software InfoChuva

O InfoChuva é baseado na equação de balanço hídrico de reservatório, expressa em unidades volumétricas:

$$Vd_t = \text{Min}(Vd_{t-1} + Vcap_t - Vcon_t, Ca - Vm) \quad (1)$$

onde Vd_t é o volume disponível no instante t ; Vd_{t-1} é o volume disponível no instante $t-1$; $Vcap_t$ é o volume captado durante o período entre os instantes $t-1$ e t ; $Vcon_t$ é o volume consumido no período entre os instantes $t-1$ e t ; Vm é o volume morto ou intangível (volume que às vezes não é utilizado por se localizar no fundo da cisterna); e Ca é a capacidade da cisterna.

Considera-se que a demanda requerida irá ser consumida ao mesmo passo 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.

Os volumes captado e consumido ($Vcap$ e $Vcon$) durante o período entre os instantes $t-1$ e t são calculados respectivamente por:

$$Vcap_t = Ac \times C \times P_t \quad (2)$$

$$Vcon_t = \text{Min}[D_t + (E_t \times As), Vd_{t-1} + Vcap_t] \quad (3)$$

onde Ac é a área de captação; C é o coeficiente de escoamento superficial da área de captação; P_t é a precipitação ocorrida no período entre os instantes $t-1$ e t ; D_t é a demanda de água para o período entre os instantes $t-1$ e t ; E_t é a evaporação estimada no local no período entre os instantes $t-1$ e t ; e As é a área superficial da cisterna em contato direto com a atmosfera.

Após a realização destas etapas de cálculos para um intervalo de tempo especificado (duração da simulação), o InfoChuva produz, para cada sistema analisado, duas informações: a garantia de suprimento de água (G), adaptação simplificada de Hashimoto et al. (1982), e a confiabilidade volumétrica da cisterna ($Confv$), dada por Tomaz (2003):

$$G = \frac{Pda}{Pt} \quad (4)$$

$$Confv = 100 \times \frac{V_{c,total} - V_{x,total} - V_{s,total}}{V_{c,total}} \quad (5)$$

onde Pda é a quantidade de períodos onde a demanda foi atendida; e Pt é o número de períodos totais da simulação; $V_{c,total}$ é o volume total captado de água; $V_{x,total}$ é o volume total extravasado pela cisterna; e $V_{s,total}$ é o volume de suprimento total que foi necessário.

Para que o software consulte as informações necessárias de maneira padronizada para sua execução, foram propostos formatos de arquivos de entrada e saída de dados. Estes primeiros, os arquivos de entrada, foram divididos em dois tipos: arquivo de parâmetros e arquivo de precipitação.

No arquivo de parâmetros são informadas as características dos sistemas necessárias para realização dos procedimentos de cálculo, sendo cada conjunto de dados separados pela descrição do local e suas coordenadas geográficas.

Como arquivo de precipitação, o formato utilizado é denominado PMH (Padrão Meteorológico-Hidrológico) desenvolvido como formato padrão na plataforma SegHidro (Araújo et. al., 2005). Deste modo, foi possibilitado que o InfoChuva também seja utilizado naquela infraestrutura computacional, caracterizada pela facilidade em acoplar modelos (atmosféricos, hidrológicos, estatísticos, entre outros) e com sua execução baseada em grade computacional.

De maneira a permitir que as simulações abrangessem resultados referentes a uma maior diversidade de características dos sistemas, foi implementada no InfoChuva a opção de variar o valor dos três principais parâmetros de comportamento quantitativo (demanda, volume da cisterna e área de captação) dentro de um intervalo especificado.

Os resultados gerados por cada execução são organizados em arquivos de saída. Estes se enquadram em dois tipos: os que contêm todos os resultados parciais e finais para todos os locais com determinados parâmetros utilizados e os arquivos de saída que contêm os resultados finais de todas as simulações em apenas um único arquivo, chamados arquivos-resumo.

Nestes arquivos-resumo os resultados são classificados automaticamente por ordem decrescente dos valores obtidos de garantia, podendo então ser facilmente identificados os sistemas que obtiveram os melhores resultados. Para cada resultado neste arquivo é indicado o outro arquivo correspondente que contém os resultados detalhados da simulação em questão.

2.2 – Caracterização da simulação realizada

Para a simulação realizada neste trabalho, foram utilizados os dados pluviométricos disponíveis no Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWeb) da Agência Nacional de Águas (ANA) referentes a 57 municípios localizados no Semi-Árido do Estado da Paraíba.

Os dados históricos de pluviometria foram utilizados para geração de percentis (com valores de 55, 65, 75, 85 e 95%), de modo a fornecerem estimativas de probabilidades nos resultados gerados.

No tocante às características dos sistemas, as simulações foram realizadas utilizando variações na área de captação (30, 40, 50 e 60 m²), capacidade da cisterna (10, 12, 14, 16, 18 e 20 m³) e demanda (20, 40, 60, 80, 100 litros/dia). Valores de evaporação e volume intangível foram considerados desprezíveis para os cálculos e, portanto, contabilizados como nulos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao total foram produzidos 600 cenários de comportamento do abastecimento realizado através de sistemas de captação e armazenamento de água de chuva para cada local analisado, totalizando 34.200 resultados para os 57 locais, gerados a partir das 5 simulações realizadas.

Como ilustração, apresentam-se os resultados obtidos com os diferentes valores da área de captação para sistemas com 16 m³ de capacidade e demanda de 100 litros/dia. Na Tabela 1, a seguir, são apresentados os menores valores de garantia obtidos nas simulações realizadas para cada local de estudo.

Tabela 1 – Valores de garantia (%) obtidos para os sistemas com o percentil de 75% de probabilidade de ocorrência de precipitação, capacidade de 16 m³, demanda de 100 litros/dia e áreas de captação de 30, 40, 50 e 60 m².

Local \ Área de Captação	30 m ²	40 m ²	50 m ²	60 m ²
Aguiar	71,04	76,23	76,78	77,32
Araruna	72,13	81,69	91,26	100,00
Aroeiras	65,57	73,22	80,60	87,98
Bananeiras	90,44	100,00	100,00	100,00
B. Sta. Rosa	43,99	44,26	44,54	44,81
B. São Miguel	45,36	45,90	46,72	46,99
Bonito de Santa Fé	70,22	74,59	75,14	75,41
Brejo do Cruz	66,39	74,04	77,32	77,87
Boqueirão	45,63	46,17	46,99	47,54

Cabaceiras	43,72	43,72	43,72	43,72
Cachoeira dos Índios	74,04	75,41	76,23	76,78
Cacimba de Dentro	51,37	54,64	57,38	60,11
Caiçara	57,65	62,57	67,21	71,13
Campina Grande	100,00	100,00	100,00	100,00
Cajazeiras	74,04	75,14	76,23	77,05
Conceição	68,85	73,77	74,32	74,32
Condado	71,31	77,87	77,87	78,14
Coremas	77,32	77,87	78,69	79,23
Cuité	69,40	77,87	85,79	87,70
Desterro	43,72	43,72	43,72	43,72
Gurjão	45,63	46,45	46,99	47,81

Tabela 1 – Valores de garantia (%) obtidos para os sistemas com o percentil de 75% de probabilidade de ocorrência de precipitação, capacidade de 16 m³, demanda de 100 litros/dia e áreas de captação de 30, 40, 50 e 60 m² (continuação).

Local	Área de Captação 30 m ²	40 m ²	50 m ²	60 m ²
Fagundes	82,79	95,90	100,00	100,00
Ibiara	76,78	78,14	79,23	79,51
Imaculada	57,65	62,30	66,94	71,78
Ingá	34,02	40,44	49,86	57,51
Itaporanga	73,77	77,32	78,14	78,42
Itabaiana	34,02	40,44	49,86	57,51
Jericó	71,04	77,87	78,14	78,42
Juazeirinho	47,81	49,18	50,55	52,19
Juru	74,32	77,05	78,14	79,23
Malta	61,20	67,21	72,95	73,77
Mogéiro	92,90	100,00	100,00	100,00
Monteiro	43,99	44,26	44,54	44,54
Nazarezinho	73,50	74,04	74,59	75,14
Nova Olinda	71,31	74,32	74,86	75,14
Olivedos	45,36	46,17	46,72	47,27
Pedra Lavada	46,45	47,54	48,36	49,45
Piancó	72,40	77,05	77,60	77,60
Pombal	62,30	68,31	74,59	76,50
Pocinhos	78,42	78,69	78,69	78,96
Prata	54,64	58,47	62,02	65,85
Princesa Isabel	61,48	67,21	73,22	74,59
Salgadinho	44,26	44,54	44,81	45,08
Santana Luzia	58,20	62,84	67,76	72,68
Santana Garrotes	63,11	69,67	76,23	77,87
S. João Tigre	45,63	46,45	46,99	47,81
S. João Rio do Peixe	77,05	79,51	79,78	80,05
S. José Lagoa Tapada	77,87	78,42	79,23	79,51

S. Mamede	74,32	77,32	77,60	77,60
S. Sebastião Umbuzeiro	74,32	77,32	77,60	77,60
Serra Branca	74,32	77,32	77,60	77,60
Serra Grande	74,32	77,32	77,60	77,60
Solânea	74,32	77,32	77,60	77,60
Soledade	43,72	43,99	43,99	43,99
Sumé	49,73	51,91	54,10	56,56
Triunfo	68,85	75,96	76,78	77,87
Umbuzeiro	50,68	54,25	58,63	62,19

Dentre os resultados expostos, verificamos que, em alguns casos, o ganho na garantia de abastecimento foi considerável, como indicado nas localidades de Aroeiras e Itabaiana, quando se aumenta a área de captação. No caso de um sistema para Araruna, com uma área de captação de 30 m², obteve-se 72,13% de garantia e, quando simulado com um telhado de 60 m², atingiu 100%. Outras localidades não apresentaram ganho apreciável nos valores de garantia, enquanto algumas, como Campina Grande e Mogeiro, apresentaram 100% de garantia em praticamente todas as simulações realizadas.

Vale salientar que, para alguns locais, as séries históricas que foram utilizadas continham dezenas de anos, enquanto que outras eram bem mais curtas. Assim, se faz necessário a busca de informações pluviométricas complementares ao banco de dados consultado, como em sistemas de informações de agências estaduais de recursos hídricos, para que se tenham resultados mais precisos.

Além destas potenciais melhorias, outros métodos estatísticos com o quais se tratam os valores de precipitação podem ser aplicados, caso a caso, através de testes, de modo que se tenham resultados que melhor representem cada local.

3. CONCLUSÕES

Embora tenham sido realizadas apenas análises preliminares dos resultados produzidos, já é possível verificar que sistemas de captação de água de chuva não podem ser analisados de maneira individual, quando são partes integrantes de programas de abrangência regional, mesmo estes se situando em regiões climáticas semelhantes.

A variabilidade climática pode interferir na eficiência do abastecimento de água por meio de sistemas de captação de água de chuva de maneira relevante. Em face disto, é questionável a adoção de parâmetros uniformes para construção de elementos que tenham características distintas conforme seus locais de aplicação, tal como a cisterna.

Através do software InfoChuva aqui apresentado, é possível uma análise da influência desses parâmetros em escala regional, possibilitando, por exemplo a avaliação das áreas de prioridade na execução de projetos sociais ou, no caso da Defesa Civil, o planejamento das áreas e períodos de atuação.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo, E; Cirne, W; Wagner, G.; Oliveira, N.; Souza, E. P.; Galvão, C. O.; Martins, E. S. (2005). The SegHidro Experience: Using the grid to empower a hydro-meteorological scientific network. 1st IEEE Conference on e-Science and Grid Computing, Melbourne, Australia.

Hashimoto, T.; Stedinger, J. R.; Loucks, D. P. (1982). Reliability, resiliency, and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation. Water Resource Research, v. 18, n. 1, p. 14-20.

Nóbrega, R. L. B.; Alencar, M. S. F.; Galvão, C. O. (2005). Um sistema de captação de água de chuva para áreas urbanas. 5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, Piauí.

Olsen, D. R. (2005). Decision support system for rural water supply in the nilgiris district of South India. McMaster University, Civil Engineering, Dissertação de Mestrado.

Thomas, J. S.; Pol, J. Le; Gillet, S.; Phan, L. (2002). SIRRUS: evaluation software of the technical and economic profitability of rainwater on an industrial site. Water Science and Technology, v. 46, n. 6-7, p. 71-76.

Tomaz, P. (2003). Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. Navegar Editora. São Paulo.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**USO DE TÉCNICAS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS DO SEMI-ÁRIDO MINEIRO**

Norma Angélica HERNÁNDEZ-BERNAL¹ & Luiz Rafael PALMIER²

1) Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Avenida Contorno 842/1007; CEP 30110-060 - Belo Horizonte, MG; e-mail: norma.hdz.bernal@gmail.com

2) Professor Associado do Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da EEUFMG, Avenida Contorno, 842/809, 30110-060 - Belo Horizonte, MG, Tel.: (31) 3238-1003, e-mail: palmier@ehr.ufmg.br

RESUMO --- Quatro técnicas de captação de água de chuva por escoamento foram implementadas em duas áreas experimentais no semi-árido de Minas Gerais com a finalidade de se determinar suas eficiências na recuperação ambiental de áreas degradadas em regiões tropicais semi-áridas. Procurou-se, também, avaliar as bases para se atingir o equilíbrio entre os elementos físicos e biológicos do meio ambiente. Um total de 154 mudas de *Manguifera indica* (manga) e *Psidium guajava* (goiaba) foram plantadas e utilizadas como bio-indicadores para as diferentes técnicas de captação, quais sejam: S₁ – Negarim; S₂ – Leirões em semicírculo; S₃ – Leirões em curva de nível; e, S₄ – Camalhões em curva de nível. Uma área de 200m² sem tratamento funcionou como área controle. Os resultados mostraram os diferentes graus de eficiência de cada um desses sistemas.

ABSTRACT --- Four runoff farming techniques were implementing in two experimental plot areas in the semi-arid region of Minas Gerais with the aim of evaluating their efficiency in the recuperation of degraded areas in tropical semiarid regions. Additionally, the base to reach equilibrium between the physical and biological elements of the environment was also evaluated. A total of 154 *Manguifera indica* and *Psidium guajava* (mango and guava) seedlings were planted and used as bio-indicators of the four water harvesting techniques, which were: S₁ – Negarim; S₂ – Semi-circle bunds; S₃ – Contour level

bunds; S₄ – Contour level ridges. A 200m² without any treatment was used as a Control Area. The final results show the different level of efficiency of each one of the rainwater systems.

Palavras-chave: captação de água de chuva, *runoff farming*, recuperação ambiental

1 – INTRODUÇÃO

A escassez de água pode ocorrer em qualquer nível de abastecimento ou demanda, em sistemas socialmente construídos ou como consequência de padrões alterados de abastecimento natural derivado das mudanças ambientais. No entanto, a escassez tem as suas origens na falta de água e é nas regiões áridas e semi-áridas onde se manifesta de maneira mais aguda, já que essas regiões são afetadas por períodos de seca, variabilidade climática e, eventualmente, crescimento de população.

Regiões de um grande número de países no mundo – China, Índia, Paquistão, vários países da África e da América Latina – estão sofrendo com a escassez de água. Para poder sustentar as suas necessidades, esses países precisam colocar como prioridade o uso eficiente de todas as suas fontes de abastecimento de água – água subterrânea, escoamento superficial, água de chuva – e na implementação de estratégias que maximizem um retorno eficiente – social, econômico e ambiental – do recurso. Historicamente, grandes projetos de abastecimento de água e de irrigação têm sido desenvolvimentos nesses países para, segundo seus promotores, promover o crescimento econômico. No entanto, a crescente demanda e a competição pelo recurso hídrico podem se tornar um obstáculo à redução dos problemas relativos à pobreza, principalmente nas áreas rurais.

Nesse contexto, regiões áridas e semi-áridas apresentam grandes áreas degradadas e o desflorestamento, a erosão, o escoamento acelerado e as mudanças climáticas estão contribuindo para a escassez do recurso hídrico. Junto a alguns fatores geográficos, em certas regiões a escassez de água pode ser, também, um resultado das políticas de gestão e dos sistemas econômicos e de produção. A implantação de um modelo internacional de concentração de poder econômico e político, no qual prevalece uma homogeneização dos modelos de produção e dos padrões de consumo, tem gerado a desestabilização ecológica e o

abandono dos sistemas culturais próprios de cada grupo humano. É assim que a água se constitui em um recurso crítico e chave para se atingir um desenvolvimento sustentável a longo prazo. A tarefa de gerenciar os recursos hídricos está se tornando cada vez mais complexa e com altos custos econômicos e sociais devido ao aumento populacional, ao forte processo de urbanização, à globalização econômica e à homogeneização das atividades econômicas (BISWAS & TORTAJADA, 2001).

Técnicas de captação de água de chuva vêm sendo implementadas tanto em países desenvolvidos como em países em desenvolvimento, nas mais variadas condições climatológicas, como uma alternativa de gestão em que a oferta de água é aumentada a um custo relativamente baixo. Principalmente nas regiões áridas e semi-áridas dos países em desenvolvimento, as técnicas de captação de água que coletam o escoamento superficial para aumentar a produtividade agrícola vêm sendo utilizadas com relativo sucesso, embora ainda se verifique uma carência de manuais que indiquem os métodos mais adaptados a condições naturais específicas. Assim, neste trabalho são apresentados os resultados de uma pesquisa que procurou comparar a eficiência de diferentes métodos de captação de água de chuva.

2 – CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA POR ESCOAMENTO (*runoff farming*)

A captação de água de chuva é definida como o processo de coletar e armazenar água de chuva utilizando uma superfície na qual se possa gerar escoamento. Quando esse escoamento é dirigido a uma área de cultivo, a técnica é chamada de captação de água de chuva por escoamento (FAO-ABCMAC, 2006). A captação de água tem sido utilizada, principalmente, para consumo humano nas regiões de escassez de água. Em alguns lugares do continente Americano, Oriente Médio e Ásia há evidências arqueológicas de que esses sistemas eram usados com fins domésticos antes da era cristã (PRINZ e MALIK, 2002; TOSCANO e HUCHIN, 2004). A captação por escoamento em micro-bacias pode ser feita por meio de uma área de captação, eliminando as rochas da superfície do solo. Esse método foi praticado no deserto do Negev há milhares de anos com a finalidade de possibilitar a produção agrícola. Essa técnica funciona, também, como técnica de manejo de solos para promover a recarga dos aquíferos ou para aumentar a produção agrícola ao incrementar a umidade nas áreas de cultivo de grãos e árvores. A quantidade de água armazenada depende da capacidade de infiltração do solo, da interceptação da vegetação e da evapotranspiração.

A captação de água de chuva pode ser utilizada como uma ferramenta nos processos de recuperação de solos degradados nos ambientes semi-áridos, já que a sua eficiência na produção de massa vegetal tem sido corroborada em diferentes lugares do mundo (BRUINS *et al.*, 1986; KUDAKWASHE *et al.*, 2004; ZHU, 2003). No entanto, as referências sobre a utilização da técnica de captação por escoamento na recuperação de áreas degradadas são poucas, limitando-se a algumas experiências, por exemplo, nas regiões semi-áridas da China (LI & GAO 2001) e do Chile (CONAF-JICA, 1998).

3 – METODOLOGIA

No contexto do Vale do Jequitinhonha a implementação das técnicas de captação de água de chuva por escoamento pode criar condições favoráveis para minorar os problemas de degradação do solo, contribuindo para a solução de problemas sociais e econômicos que se apresentam na região. Para promover a reabilitação ambiental de duas áreas degradadas localizadas no município de Itinga, em Minas Gerais, foram selecionadas quatro técnicas de por escoamento para agricultura (*runoff farming*), considerando as características de precipitação, solos e declividade. Não foram encontrados registros de uso anterior das técnicas de *runoff farming* no Médio Vale do Jequitinhonha.

Essas técnicas baseiam-se na construção de estruturas de terra, de pequeno ou médio porte, que limitam uma área de infiltração (cova e sulco) onde a água de chuva será acumulada, promovendo a infiltração e o maior acúmulo de água na região das raízes. Dessa maneira é aproveitada a acumulação de água do escoamento gerado durante e após as precipitações. O local onde a água é acumulada pode ser utilizado para o plantio de uma muda de árvore.

Como podem ser construídas de forma manual, as estruturas são de baixo custo, fator fundamental face à situação econômica e social da população ativa na região (FAO-ABC MAC, 2006). As técnicas de captação de água selecionadas para determinar as diferenças de eficiência em retenção de água no subsolo e de recuperação das características de estabilidade do solo e da vegetação foram: S1 – Negarim, S2 – Leirões em Semicírculo, S3 – Leirões em Curva de Nível e S4 – Camalhões em Curva de Nível.

As duas áreas selecionadas para a implantação do projeto possuem declividade moderada, mas com alterações na vegetação original e com processos ativos de erosão, visto

que foram utilizadas de forma excessiva em atividades agropecuárias. As duas áreas estavam sem utilização por mais de seis anos. A Área Experimental 1 (AE1) indicava alto de nível de compactação por pisoteio e mostrava evidências de processos erosivos por escoamento laminar, de uma forma geral, e por escoamento concentrado, em alguns pontos. A Área Experimental 2 (AE2) apresentava menos alterações de perda de solo ou compactação, mas possuía uma declividade maior e solos empobrecidos pelo excesso de uso. As duas áreas experimentais encontram-se dentro de um perímetro de 2 km² e ambas possuem uma área de 800 m², tendo sido destinadas subáreas de 200 m² para cada sistema de captação de água. Utilizou-se uma área de 200 m² anexa à AE1 para a implementação de uma Área Controle.

Com base em análises das características físicas de material obtido em perfis das duas áreas experimentais, determinou-se que na área AE1 o solo é do tipo LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Tb Eutrófico Argilossólico A moderado, textura média fase caatinga hipoxerófila, com drenagem moderada. Já na área AE2 o solo é do tipo LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Tb Distrófico Típico A moderado, textura média fase caatinga hipoxerófila, bem drenados.

As árvores selecionadas para o plantio foram mangueiras (*Mangifera indica*) e goiabeiras (*Psidium guajava*). Embora essas culturas sejam muito comuns no Brasil, é limitado o conhecimento de suas necessidades hídricas para a região do semi-árido, podendo ser cultivadas em lugares cuja precipitação média anual se situa entre 500 e 2.500 mm, com um período seco para a floração e a produção de frutos (SILVA, 2006). Além das áreas experimentais AE1 e AE2, também foram plantadas árvores na Área Controle, mas sem que fosse aplicado tratamento ou que fossem construídos sistemas de captação.

Para se determinar o desenvolvimento das árvores foram selecionados indicadores de altura e área foliar. A estimativa da área foliar é utilizada para avaliar o crescimento das plantas e é utilizada em estudos agrônômicos e fisiológicos. Para ambos os parâmetros – de altura e número total de folhas –, seguiram-se os métodos de medição diretos propostos por Pearcy *et al.* (1994).

Com uma fita métrica foram medidas as alturas totais de cada planta. No caso das plantas com bifurcações, foi considerada a extensão do galho com maior comprimento. Quantificou-se o número de folhas que cada uma das mudas tinha para comparar posteriormente o desenvolvimento em altura e da copa da árvore. Esses monitoramentos

foram realizados mensalmente de forma a se obter indicadores da evolução e desenvolvimento geral das plantas. Estão sendo desenvolvidas análises estatísticas para se determinar o sistema com melhor desempenho. No presente texto são feitas análises simplificadas com base na observação dos valores médios e valores máximos desses indicadores. Valores de umidade do solo nas áreas experimentais também subsidiam as análises aqui apresentadas.

4 – RESULTADOS

A Área Controle teve os valores menores em altura para as árvores de ambas as espécies. Nenhuma árvore da espécie *Manguifera indica* plantada na Área Controle sobreviveu até o final da execução da pesquisa. Embora a situação tenha sido um pouco melhor para a espécie *Psidium guajava*, a Área Controle também não ofereceu condições adequadas para que fosse alcançado um desenvolvimento significativo dessa espécie. O desenvolvimento das árvores, tanto na AE1 quanto na AE2, apresentou diferenças qualitativas muito claras entre os diferentes tratamentos. Os gráficos de barras das figuras 1, 2, 3 e 4 mostram os valores médios de altura e de número de folhas, com os valores máximos (*outliers*).

Em ambas as áreas experimentais os tratamentos S₃ e S₄ proporcionaram melhores condições de umidade (esses dados foram medidos, mas não são apresentados neste trabalho), o que se refletiu, de uma forma geral, em um melhor desenvolvimento das árvores tanto para a espécie *Manguifera indica* (Figura 1) quanto para a espécie *Psidium guajava* (Figura 2). Na AE2 todos os sistemas tiveram um melhor desempenho do que na AE1, para ambas as espécies, provavelmente em função da textura dos solos, pois os da AE2 contêm uma maior proporção de areia fina nas camadas superiores, favorecendo a infiltração. É importante destacar que, contrariamente ao que ocorreu na Área Controle, os tratamentos proporcionaram a retenção de umidade, o que permitiu o desenvolvimento das plantas mesmo durante o período de seca.

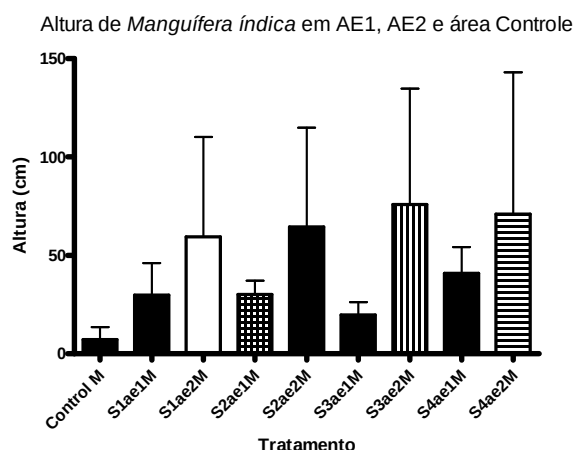


Figura 1: Altura de *Manguifera indica* nas áreas experimentais e na área controle

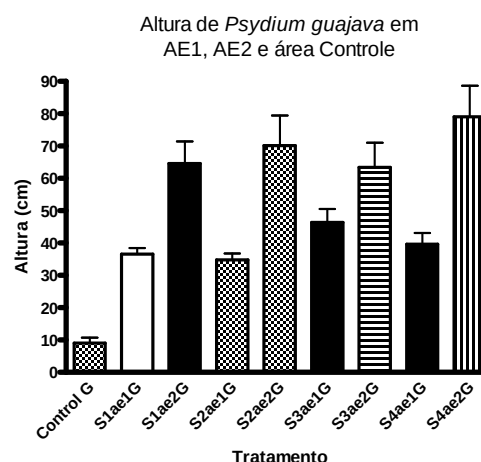


Figura 2: Altura de *Psyidium guajava* nas áreas experimentais e na área controle

No que se refere ao número de folhas nas mudas de manga, na AE1 o tratamento que melhor permitiu o desenvolvimento da copa das árvores foi o S₄ – Camalhões em curva de nível e na AE2 foi o tratamento S₂ – Leirões em semicírculo (Figura 3). As condições na Área Controle foram deficientes para permitir o desenvolvimento da área folhear das mudas, tanto de manga quanto de goiaba. Para a espécie *Psyidium guajava*, em ambas as áreas o tratamento S₄ permitiu o melhor desenvolvimento da copa das mudas (Figura 4).

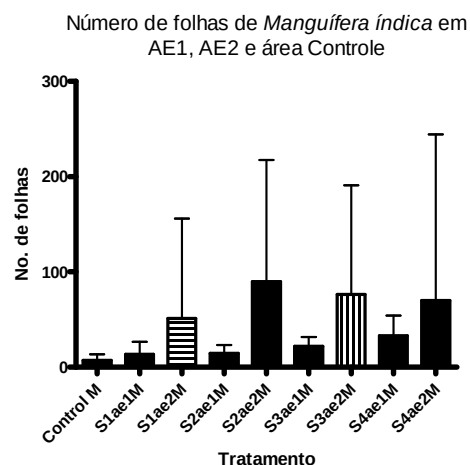


Figura 3: Desenvolvimento folhear de *Manguifera indica*

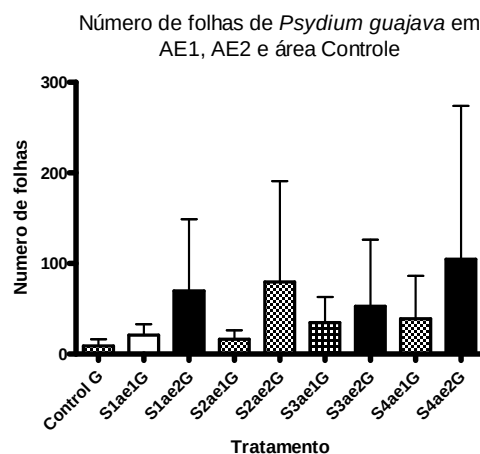


Figura 4: Desenvolvimento folhear de *Psyidium guajava*

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstra a aplicabilidade das técnicas de captação de água de chuva do tipo *runoff farming* na recuperação de áreas degradadas para a região semi-árida de Minas Gerais. Os valores obtidos permitem inferir que qualquer que seja o tratamento, a produtividade obtida é superior à opção de plantio sem nenhuma tentativa de reter parte do escoamento superficial. Ressalta-se que, de uma forma geral, os tratamentos S₃ – Leirões em curva de nível e S₄ – Camalhães em curva de nível foram os que apresentaram os melhores resultados para ambas as espécies, tanto para a altura das árvores, quanto para o número de folhas.

Portanto, as técnicas avaliadas mostraram serem capazes de incrementar a infiltração de água no solo e a retenção de umidade na zona das raízes em um grau superior às condições naturais do solo, indicando que podem ser utilizadas na produção de alimento da região diminuindo a vulnerabilidade ambiental e social a um custo relativamente baixo.

6 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BISWAS, A e TORTAJADA, C. (editors), Integrated River Basin Management. The Latin American experience. New Delhi, India, Oxford India Paperbacks, 241p. 2001.

BRUINS, H. J.; EVENARI, M. e NESSLER, U., Rainwater-harvesting for food production in arid zones. *Applied Geography*, 6, 13-32, 1986.

CONAF-JICA, Manual de control de erosiones. Proyecto Cuencas CONAF-JICA Control de Erosión y Forestación en Cuencas Hidrográficas de la Zona Semiárida de Chile, Santiago de Chile, 73p, 1998.

FAO-ABCMAC, Captação de água de chuva para aumentar a produção agrícola , CD, 2006.

KUDAKWASHE, M., CHUMA, E., MUKAMURI, B. Rainwater harvesting for sustainable agriculture in communal lands of Zimbabwe. *Phys. Chem. of the Earth*, 29, 1069-1073, 2004.

LI, Xiao-Yan, GAO, Kian-Shao. Experimental study on rainfall harvesting and microcatchment model for ecosystem rehabilitation in the transitional zone between arid and semiarid regions. *J. Grad. School of the Chinese Academy of Sciences*, vol 21, No. 2, 2004.

PEARCY, R.; EHLE, J. MOONEY, H. RUNDEL, P. (editors) Plant Physiological Ecology. Fields Methods and instrumentation. Chapman & Hall, London UK, 1994.

PRINZ, D. e MALIK, A., Runoff farming WCA infoNET, 2002.

SILVA, A. Captação de água de chuva: Sustentabilidade ambiental no semi-árido brasileiro. João Pessoa, PB. 31/7 a 4/8-2006. Escrito para o Curso de Captação de Água de Chuva no XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, João Pessoa, PB, agosto 2006.

TOSCANO, L. e HUCHIM, J. La región Puuc de Yucatán. in: *Arqueología Mexicana*. Vol.XII. No. 70. nov-dic, 2004.

ZHU, Q. Rainwater harvesting and poverty alleviation: a case study in Gansu, China. *Water Resources Development*. Vol 19 No. 4, 2003.



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA IRRIGAÇÃO

Eduardo Cohim⁽¹⁾
Ana Paula Garcia⁽²⁾
Audenice Silva⁽³⁾
Asher Kiperstok⁽⁴⁾

RESUMO: Os mananciais utilizados para abastecimento de água tornam-se insuficientes devido ao aumento da demanda ou têm sua qualidade comprometida, gerando a necessidade de buscar alternativas capazes de reverter o atual estado de uso deste recurso. Neste trabalho foi avaliada a utilização de água de chuva para a irrigação, como complementar ao sistema público de abastecimento. Para isso foi realizada revisão bibliográfica e o desenvolvimento de uma ferramenta computacional que simula o atendimento desta demanda com água pluvial. A partir das simulações efetuadas conclui-se que a captação e utilização de águas pluviais para fins não potáveis, apresenta-se como uma alternativa viável, diminuindo a pressão nos mananciais, locais e regionais, permitindo o direcionamento destes recursos para atendimento a consumos mais nobres.

Palavras-chave: Aproveitamento de água pluvial, Reservatório, Irrigação

INTRODUÇÃO

O setor de saneamento, entendido aqui no seu sentido mais estrito como a coleta e a disposição dos esgotos sanitários, encerra o fluxo de dois recursos vitais: água e alimentos. O que se constituiu no sistema convencional para abastecimento de água e saneamento baseia-se num único uso da água e na coleta, tratamento e disposição final do efluente tratado e dos lodos produzidos durante o tratamento (FANE, 2003 apud COHIM e KIPERSTOK, 2007). Embora esse sistema tenha obtido sucesso na redução de doenças de veiculação hídrica, adota

¹Rua Aristides Novis, nº 02, 4º andar. ^{1,2,3,4}Universidade Federal da Bahia/Escola Politécnica - Departamento de Engenharia Ambiental – DEA. Rede de Tecnologias Limpas e Minimização de Resíduos (TECLIM). Federação. CEP 40210-630. Salvador – Bahia. Tel.: 3203-9452 / 3235-4436 - e-mail: ecohim@ufba.br

uma lógica caracterizada pelo fluxo linear da água. As conseqüências têm sido a exaustão e poluição dos mananciais de água e o empobrecimento dos solos.

O crescimento econômico e a necessidade de alimentação da população constituem duas ameaças ao abastecimento de água. Segundo Castro (2003), cerca de 70% da água destinada a usos consuntivos no mundo é utilizada na irrigação, sendo fundamental a busca de fontes alternativas para suprir esta demanda. A escassez de água e a poluição dos recursos hídricos representam um problema de saúde pública, limitam o desenvolvimento econômico e agredem o meio ambiente, conseqüências mais notadas nos países em desenvolvimento (NIEMCZYNOWICZ, 1996 apud COHIM e KIPERSTOK, 2007).

A escassez pode incluir tanto os casos de pequena capacidade de oferta decorrente da baixa pluviosidade como os de elevada demanda. Tanto em um caso como no outro, observa-se uma crescente pressão sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos que se caracteriza pela crescente extração por um lado e a crescente degradação da qualidade decorrente do lançamento das águas usadas, por outro.

Esse modelo de saneamento pode ser analisado também do ponto de vista de tecnologias limpas, cujas intervenções têm alcançado grande sucesso na indústria, através da aplicação combinada dos conceitos de prevenção da poluição, reúso e ecologia industrial. Se aplicarmos alguns conceitos básicos de produção limpa ao sistema convencional de saneamento, poderemos entender a necessidade de mudanças drásticas (GIJZEN, 1997).

- Princípio 1: Não utilizar mais material, energia ou outro recurso por unidade de produto que o absolutamente necessário - Prática atual: Consome-se entre 100 e 350 litros, a depender da região, per capita de água potável por dia, enquanto apenas cerca de dois litros são utilizados realmente para beber.
- Princípio 2: Não usar material de qualidade superior ao estritamente necessário para o processo produtivo - Prática atual: Usa-se água de alta qualidade para dar descarga em vasos sanitários, limpar o piso, lavar o carro e molhar os jardins.
- Princípio 3: Não misturar diferentes correntes de resíduos - Prática atual: Já no interior do domicílio vários fluxos são misturados. Mistura-se urina e fezes formando as denominadas as águas negras; águas de chuveiro, de lavatórios, de lavagem de roupas formando as águas cinzas. Sob a denominação genérica de esgotos domésticos, é lançado na rede coletora e misturado com efluentes industriais e, freqüentemente, com águas de chuva.

- Princípio 4: Avaliar outras funções e usos econômicos de subprodutos antes de considerar seu tratamento e disposição final - Prática atual: o esgoto é descarregado em corpos d'água com ou sem tratamento prévio.

A gestão da demanda, o uso de tecnologias que promovam a economia de água, o reúso da água cinza para descarga de vasos sanitários ou outros usos menos nobres e o aproveitamento da água de chuva do telhado são estratégias adotadas no eco-saneamento.

No ciclo natural, a água circula na Terra através da precipitação e evaporação. A chuva que cai sobre os continentes é transpirada pela vegetação e uma parte percola para os aquíferos e outra escoam superficialmente em rios que fluem para o oceano, num ciclo cujo tempo médio é de 2500 anos (ANDERSON et al., 2001). As águas de chuva, encaradas como um problema no ambiente urbano são manejadas de forma tal que provocam duas consequências negativas. Por um lado, o alto grau de impermeabilização resulta em um escoamento mais rápido e de maior volume, causando alagamentos e desabamentos. Por outro lado, reduz de forma substancial a contribuição de recarga do lençol subterrâneo e o escoamento de base, resultando com isso as vazões dos rios urbanos durante os períodos secos e o comprometimento de uma importante fonte de abastecimento local, os aquíferos.

Ao invés de problema, essas águas podem ser manejadas como solução, ainda que parcial, para o abastecimento descentralizado.

Sistemas para aproveitamento de água de chuva são utilizados desde a antiguidade. Segundo Gnadlinger (2000) o esquecimento das tecnologias de coleta de água pluvial se deve, entre outros fatores, ao progresso técnico dos séculos XIX e XX que ocorreu principalmente nos países desenvolvidos, onde não havia a necessidade de captação de água de chuva, na aplicação de práticas destas regiões em zonas mais secas durante a colonização, na ênfase da construção de grandes barragens, no desenvolvimento do aproveitamento de águas subterrâneas e no projeto de sistemas de irrigação com altos custos. O manejo das águas pluviais deve ser orientado por dois princípios. Primeiro, deve-se procurar aproveitar a água precipitada armazenando-a antes que ela entre em contato com substâncias contaminantes. Segundo, deve-se criar condições de infiltração do excedente, restaurando os fluxos naturais e, por consequência, reabilitando mais uma alternativa para abastecimento de água local e descentralizado.

OBJETIVO

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a utilização de água de chuva na irrigação de jardins e outras culturas, apresentado a ferramenta computacional desenvolvida para o dimensionamento de reservatório para água pluvial.

METODOLOGIA

A metodologia adotada consistiu em revisão bibliográfica e análise das variáveis que influenciam nas condições de aproveitamento de águas de chuva.

Buscando o dimensionamento econômico do reservatório de acumulação de água pluvial foi desenvolvida uma planilha eletrônica, baseado no balanço hídrico diário, considerando os sistemas de água de chuva e de abastecimento público funcionando em paralelo, de forma complementar. O esquema de concepção do modelo pode ser visto na Figura 01.

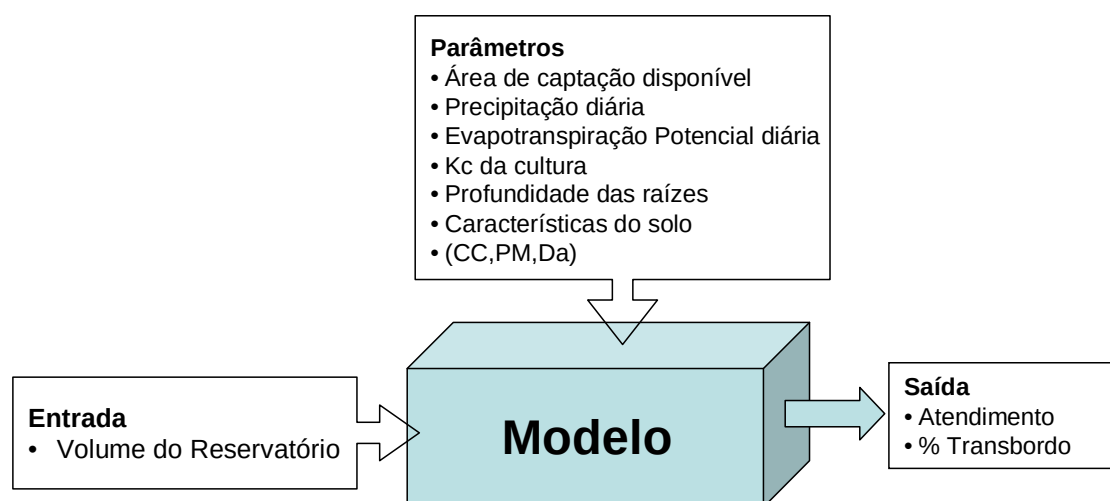


Figura 01. Esquema do modelo para dimensionamento de reservatório pluvial.

DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO PARA ÁGUA DE CHUVA

O tamanho do reservatório para água pluvial dependerá de diversos fatores entre eles tem-se: regime de chuvas local, área de captação disponível, demanda e o nível de risco aceitável. O tipo de consumo a que será destinada a água de chuva e a existência de outras fontes para suprimento deste, implicará no grau de risco aceitável ao esvaziamento do reservatório influenciando no seu dimensionamento.

Durante estudo realizado na Austrália (HATT et al., 2005), onde foram avaliados diversos sistemas de utilização de água de chuva implantados, observou-se que dentre os principais

usos destinados a água de chuva as mais freqüentes era irrigação de jardim e áreas públicas (44%) e as descargas em vasos sanitários (15%). Neste estudo foi verificada uma relação positiva entre a área de captação disponível e o tamanho do reservatório utilizado, porém não se percebeu uma relação estatisticamente significativa entre a média anual de chuva e o tamanho do reservatório. O autor conclui que outros fatores devem influenciar de forma mais marcante o dimensionamento do sistema, como os custos de implantação.

Foram identificados na literatura diversos modelos e métodos para dimensionamento de reservatórios. Basicamente os modelos calculam o balanço entre a quantidade de chuva captada e a demanda para esta água, utilizando como parâmetros a precipitação local, a área de captação e demanda. Porém observou-se a utilização de dados mensais, o que acarreta muitas vezes em volumes superdimensionados, ou ainda, programas fechados, com dados de precipitação de uma determinada localidade, não permitindo a sua utilização em outras áreas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O modelo criado para dimensionamento de reservatório para água de pluvial, utilizando o software MS Excel foi desenvolvido inicialmente objetivando calcular sistemas para irrigação de jardins, em áreas urbanas, porém o mesmo permite ao usuário entrar com as características do solo e da cultura a ser irrigada, série de precipitação e evapotranspiração potencial diária, área de captação e coeficiente de escoamento (*runoff*), tendo como resposta taxa de atendimento à demanda anual para diferentes volumes de reservatórios permitindo a sua aplicação a diversas culturas e regiões.

Para determinar a demanda para a água de chuva, inicialmente é necessário fazer o balanço hídrico solo-planta-atmosfera. A demanda hídrica da cultura é determinada a partir da evapotranspiração real (ETc) desta calculada pela Equação 01.

$$ETc = ET_o \times Kc \quad \text{Equação (01)}$$

Onde, ET_o: Evapotranspiração potencial; K_c: Coeficiente da cultura.

Parte desta demanda será atendida pela água armazenada no solo. Para determinar esta reserva de água é necessário definir a parcela da precipitação que realmente infiltra no solo e desta qual estará disponível para planta. Para calcular infiltração a partir de uma precipitação foi utilizado o método do Soil Conservation Service (SCS) (USBR, 1977 e McCUEN, 1982 apud PAIVA e PAIVA (org), 2001), a partir da Equação 02.

$$I_{(i)} = P_{(i)} \times \frac{(0,8.S)}{(P_{(i)} + 0,8.S)} \quad \text{Equação (02)}$$

$$S = 254 \times \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Equação (03)

Onde, I: infiltração(mm); P: precipitação(mm); S: Máxima capacidade de retenção do solo(mm) avaliada a partir da curva número (Equação 03); CN: N° da curva.

Porém nem toda a água que infiltra será utilizada pela planta, esta só conseguirá absorver quando a umidade no solo estiver entre os limites da capacidade de campo (CC), condição ideal para a planta, e o ponto de murcha (PM), a partir do qual as raízes não conseguem mais retirar água do solo devendo, portanto ser evitado (BERNARDO, 2006; PAIVA e PAIVA, 2001). O esquema do algoritmo de calculo está representado na Figura 02.

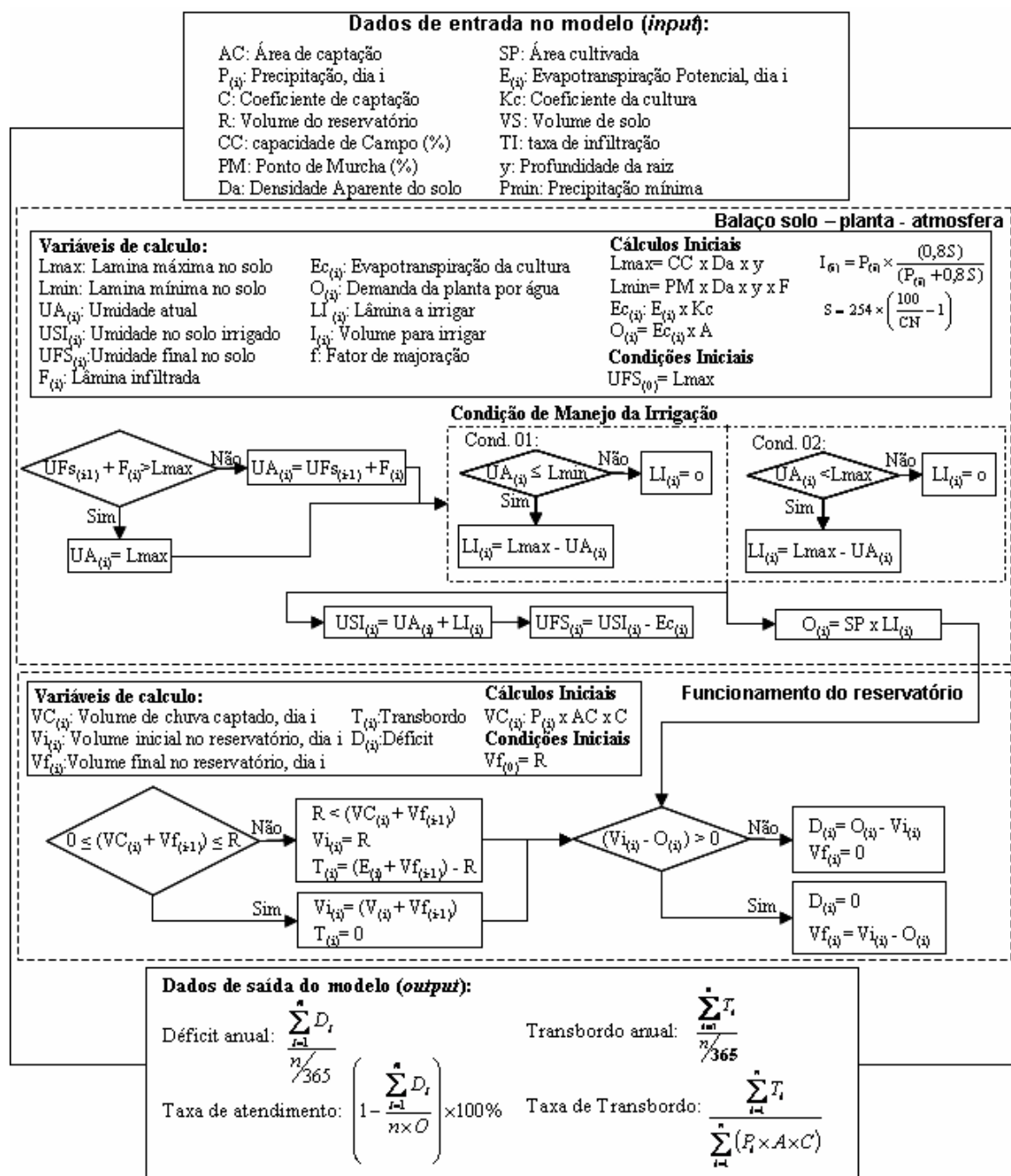


Figura 02. Modelo para dimensionamento de reservatório

Para calcular a lâmina de irrigação que será suprida pelo reservatório de água pluvial foram avaliadas duas condições de manejo: Condição 1, a irrigação se dará quando a umidade do solo chegar a um valor pré-determinado, um pouco acima do ponto de murcha, com uma lâmina necessária ao estabelecimento da capacidade de campo. Condição 2: A irrigação será feita todos os dias visando corrigir a umidade do solo estabelecendo a capacidade de campo.

Em seguida é simulado o sistema de captação e utilização de água pluvial a partir do balanço previpitação – captação – reserva-consumo considerando quando o reservatório para água potável estiver vazio, a demanda será atendida pelo sistema publico, caso contrario ele suprirá a irrigação.

O sistema de utilização de água pluvial para foi simulado para as duas condições de manejo da irrigação, inserido no modelo as mesmas condições de solo, cultura (banana, Kc: 1,2 e 100m² de área plantada), área de captação (100m² e C: 0,90) e dados de precipitação e evapotransiração potencial de Salvador. Para a 1ª condição de manejo o reservatório adotado, 7 m³, substituiu aproximadamente 50% da demanda anual. Porém, com a condição 2, cerca de 65% da demanda anual foi substituída para o mesmo reservatório. Os resultados encontrados para a condição 2 podem ser acompanhados as Figuras 03 e 04. Constatou-se com isso que o manejo da irrigação influencia no dimensionamento do sistema. Foi observado ainda que, para os dois cenários simulados, aumentando o volume do reservatório, não houve um acréscimo proporcional na demanda atendida (Figura 03).

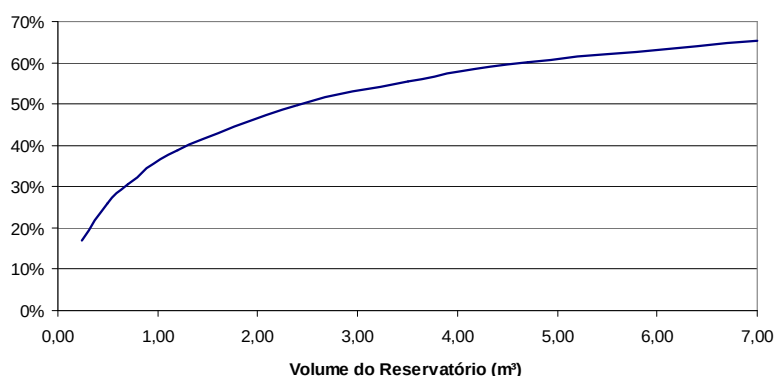


Figura 03. Volume do reservatório x Demanda atendida (%)

A partir das análises dos resultados das simulações e das curvas Volume do reservatório x Economia na conta de água adotando os potenciais de economia indicados nas simulações efetuadas para diferentes capacidades de reservação, valores de reservatórios de fibra de vidro e polietileno e tarifa média cobrada em Salvador pela concessionária local, R\$ 1,91, segundo o SNIS (BRASIL, 2006), observa-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 a concessionária, não crescem na mesma proporção, apresentando na curva Volume do reservatório x Período de retorno do

investimento um ponto de inflexão no qual encontrariamos a menor relação Investimento x Economia (Figura 04).

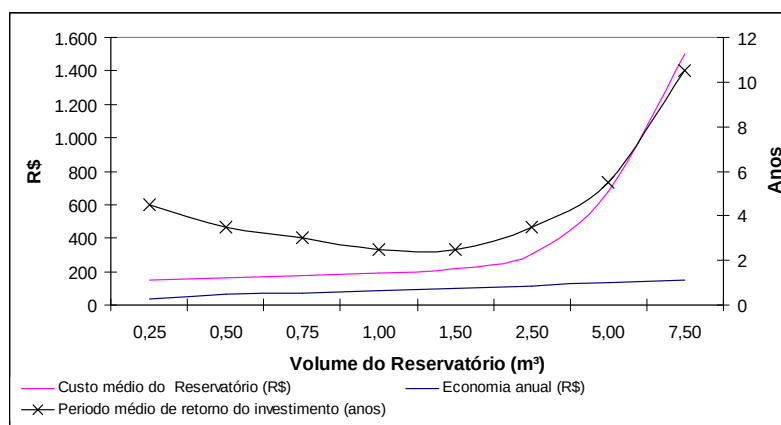


Figura 04. Volume do reservatório x Economia e Período de retorno do investimento

CONCLUSÕES

A partir das simulações efetuadas e da revisão bibliográfica, conclui-se que a captação e utilização de águas pluviais para a irrigação, quando associada ao dimensionamento criterioso do sistema de captação, coleta e reservação, observando as características locais, manejo da irrigação, evitando assim a implantação de projetos inadequados, apresenta-se como uma alternativa viável, possibilitando a redução de custos, diminuindo a pressão nos mananciais, permitindo o direcionamento destes recursos para atendimento à consumos mais nobres, para uma parcela maior da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor Saneamento. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento**. Água e esgotos 1995-2004/ Resíduo sólidos 2002 - 2004. Brasília: 2006. CD-ROOM.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. P.45 - 98.
- CASTRO, N. **Apostila de Irrigação**. 2003. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – IPH.
- COHIM, E.; KIPERSTOK, A. **Racionalização e reuso de água intradomiciliar. Produção limpa e eco-saneamento**. In: KIPERSTOK, Asher (Org.) Prata da casa: construindo produção limpa na Bahia. Salvador: [S.n.], [2007]. 2v. ° Trabalho não publicado.
- GIJZEN, Huub. **Low Cost Wastewater Treatment and Potentials for Re-use, A Cleaner Production Approach to Wastewater Management**. IHE, Delft, The Netherlands, UNESCO, 1997.
- GNADLINGER, J. **Coleta de água de chuva em áreas rurais**. In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Holanda. Anais eletrônicos... Disponível em: <irpaa.org.br/colheita/indexb.htm> acesso em: Abril/ 2007.
- PAIVA, J. B. D; PAIVA, E. M. C. D. (org) **Hidrologia Aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Pgs 33 – 277. Porto Alegre: ABH, 2001.
- SICKERMANN, J. M. **Gerenciamento das águas de chuva: imprescindível para o futuro das grandes cidades**. Maio de 2004. Disponível em: <www.ecoviagem.com.br> acesso em: Abr/2007.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

Captação de água de chuva no meio urbano para usos não potáveis

Eduardo Cohim⁽¹⁾; Ana Paula Garcia⁽²⁾; Asher Kiperstok⁽³⁾

^(1,2,3)Universidade Federal da Bahia - Escola Politécnica - Departamento de Engenharia Ambiental - Rede de Tecnologias Limpas e Minimização de Resíduos (TECLIM), Rua Aristides Novis, nº 02, 4º andar. Escola Politécnica - Departamento de Engenharia Ambiental – DEA. Federação. CEP 40210-630. Salvador – Bahia. Tel.: 3203-9452 / 3235-4436 – e-mail: ecohim@ufba.br

Resumo

Os mananciais utilizados para abastecimento de água na área urbana tornam-se insuficientes devido ao aumento da demanda ou têm sua qualidade comprometida, gerando a necessidade de buscar alternativas capazes reverter o atual estado de uso deste recurso. Neste trabalho foi avaliada a utilização de água de chuva, para usos não potáveis, como complementar ao sistema urbano de abastecimento, reduzindo o consumo da água fornecida pela concessionária. Para isso foi desenvolvida uma ferramenta computacional que simula o atendimento da demanda não potável com água pluvial. A partir das simulações efetuadas e da revisão bibliográfica, conclui-se que a captação e utilização de águas pluviais em regiões urbanas, para fins não potáveis, apresenta-se como uma alternativa viável, reduzindo custos, diminuindo a pressão nos mananciais e permitindo o direcionamento destes recursos para atendimento à consumos mais nobres, para uma parcela maior da população.

Palavras chave: Aproveitamento de água pluvial, Reservatório

Introdução

A crise no abastecimento d'água gera a necessidade de buscar alternativas que contribuam para o uso eficiente da água pela sociedade. Segundo DIXON e colaboradores (1999) a sustentabilidade urbana só será alcançada caso a sociedade se direcione no sentido do uso eficiente e apropriado da água.

A captação direta nas edificações de águas pluviais pode ser considerada como uma fonte alternativa para a redução da demanda do sistema público. Esta técnica, bastante usada em regiões que não dispõem de outras alternativas, como o semi-árido, quando aplicada em regiões urbanas para fins não potáveis, possibilita a redução da pressão sobre mananciais regionais, permitindo o direcionamento deste recurso para atendimento dos consumos mais nobres. Porém sua utilização necessita de estudos acerca da viabilidade e eficiência no atendimento das demandas a que será destinada, dimensionamento do sistema de captação, coleta e reservação, observando as características locais, evitando a implantação de projetos inadequados que comprometam os aspectos positivos da alternativa.

Objetivos

Este trabalho tem como objetivos: Estudar a viabilidade da utilização de água de chuva, para usos não potáveis em áreas urbanas a partir da análise das variáveis que influenciam o seu aproveitamento, apresentar a ferramenta computacional desenvolvida para o dimensionamento o reservatório para água pluvial e avaliar a eficiência no atendimento das demandas a que será destinada considerando aspectos quantitativos.

Metodologia

A metodologia adotada consistiu em revisão bibliográfica e análise das variáveis que influenciam nas condições de aproveitamento de águas de chuva, captadas diretamente nas edificações.

Buscando o dimensionamento econômico do reservatório de acumulação domiciliar foi desenvolvida uma planilha eletrônica, baseado no balanço hídrico diário, considerando os sistemas de água de chuva e de abastecimento público funcionando em paralelo, de forma complementar.

Revisão bibliográfica

O setor de saneamento, entendido aqui no seu sentido mais estrito como a coleta e a disposição dos esgotos sanitários, encerra o fluxo de dois recursos vitais: água e alimentos.

O que se constituiu no sistema convencional para abastecimento de água e saneamento baseia-se num único uso da água e na coleta, tratamento e disposição final do efluente tratado e dos lodos produzidos durante o tratamento (FANE, 2003 apud COHIM e KIPERSTOK, 2007). Embora esse sistema tenha obtido sucesso na eliminação de epidemias de doenças de veiculação hídrica, adota uma lógica caracterizada pelo fluxo linear dos recursos água. As conseqüências têm sido a exaustão e poluição dos mananciais de água e o empobrecimento dos solos.

O crescimento econômico e a necessidade de alimentação da população constituem as duas principais ameaças ao abastecimento de água. A escassez de água e a poluição dos recursos hídricos representam um problema de saúde pública, limitam o desenvolvimento econômico e agredem o meio ambiente, conseqüências mais notadas nos países em desenvolvimento (NIEMCZYNOWICZ, 1996 apud COHIM e KIPERSTOK, 2007).

A escassez pode incluir tanto os casos de pequena capacidade de oferta decorrente da baixa pluviosidade como os de elevada demanda decorrente da excessiva concentração urbana em grandes cidades. Tanto em um caso como no outro, observa-se uma crescente pressão sobre os recursos hídricos superficiais e subterrâneos que se caracteriza pela crescente extração por um lado e a crescente degradação da qualidade decorrente do lançamento das águas usadas, por outro.

Esse modelo de saneamento pode ser analisado também do ponto de vista de tecnologias limpas, cujas intervenções têm alcançado grande sucesso na indústria, através da aplicação combinada dos conceitos de prevenção da poluição, reúso e ecologia industrial. Se aplicarmos alguns conceitos básicos de produção limpa ao sistema convencional de saneamento, poderemos entender a necessidade de mudanças drásticas (GIJZEN, 1997).

- Princípio 1: Não utilizar mais material, energia ou outro recurso por unidade de produto que o absolutamente necessário.
- Prática atual: Consome-se entre 100 e 350 litros, a depender da região, per capita de água potável por dia, enquanto apenas cerca de dois litros são utilizados realmente para beber.
- Princípio 2: Não usar material de qualidade superior ao estritamente necessário para o processo produtivo.
- Prática atual: Usa-se água de alta qualidade para dar descarga em vasos sanitários, limpar o piso, lavar o carro e molhar os jardins.
- Princípio 3: Não misturar diferentes correntes de resíduos.

- Prática atual: Já no interior do domicílio vários fluxos são misturados. Mistura-se urina e fezes formando as denominadas as águas negras; águas de chuveiro, de lavatórios, de lavagem de roupas formando as águas cinzas. Sob a denominação genérica de esgotos domésticos, é lançado na rede coletora e misturado com efluentes industriais e, freqüentemente, com águas de chuva.
- Princípio 4: Avaliar outras funções e usos econômicos de subprodutos antes de considerar seu tratamento e disposição final.
- Prática atual: o esgoto é descarregado em corpos d'água com ou sem tratamento prévio.

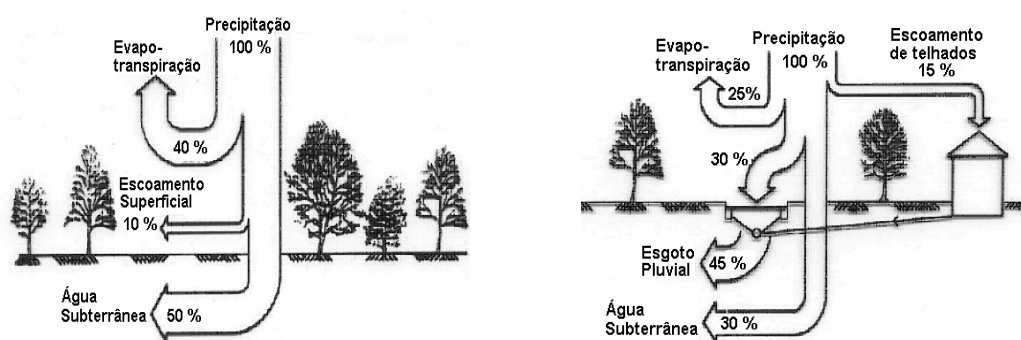
A gestão da demanda, o uso de tecnologias que promovam a economia de água, o reuso da água cinza para descarga de vasos sanitários ou outros usos menos nobres e o aproveitamento da água de chuva do telhado são estratégias adotadas no eco-saneamento.

A redução do consumo doméstico de água é uma maneira bastante efetiva para a redução da captação de águas naturais, do volume de esgoto e do porte do tratamento. Os benefícios da conservação da água incluem a redução dos custos com o abastecimento de água e o esgotamento sanitário além de reduzir o impacto na bacia onde a água é captada (GIJZEN, 1997; VAN DER VLEUTEN-BALKEMA, 2003 apud COHIM e KIPERSTOK, 2007).

Sistemas para aproveitamento de água de chuva são utilizados desde a antiguidade. Segundo GNADLINGER (2000) o esquecimento das tecnologias de coleta de água de chuva se deve, entre outros fatores, ao progresso técnico dos séculos XIX e XX que ocorreu principalmente nos países desenvolvidos, em zonas climáticas moderadas e úmidas, sem necessidade de captação de água de chuva, na colonização e aplicação de práticas de agricultura destas regiões em zonas mais secas, na ênfase da construção de grandes barragens, no desenvolvimento do aproveitamento de águas subterrâneas e no projeto sistemas de irrigação com altos custos. O medo das doenças de origem hídrica é geralmente utilizado como argumento para a não utilização do sistema de aproveitamento de água pluvial, porém se estes forem corretamente instalados e utilizados os riscos a saúde são reduzidos, tendo em vista os vários sistemas atualmente usados. (The Rainwater Technology Handbook, 2001 *apud* TOMAZ, 2005).

No ciclo natural, a água circula na Terra através da precipitação e evaporação. A chuva que cai sobre os continentes é transpirada pela vegetação e uma parte percola para os aquíferos e uma parte escoia superficialmente em rios que fluem para o oceano, num ciclo cujo tempo médio é de 2500 anos (ANDERSON et al., 2001 apud COHIM e KIPERSTOK, 2007). O crescimento da urbanização altera a cobertura vegetal alterando com isso os componentes do

ciclo hidrológico natural (Figura 01). O aumento da densidade populacional nos centros urbanos implica na construção de telhados, ruas pavimentadas, calçadas e pátios, aumentando a impermeabilização do solo. Com isso grande parte da água, que antes infiltrava no solo, é encaminhada aos condutos, galerias e canais do sistema de esgotamento pluvial destas áreas (TUCCI e GENZ, 1995).



Fonte: OECD, 1986 apud TUCCI e GUENZ, 1995

Figura 01. Parcelas do ciclo hidrológico: Bacia natural (esquerda); Bacia urbanizada (direita).

Se por uma lado o aumento do escoamento superficial associado à ocupação das áreas de inundação dos rios urbanos, tornam cada vez mais comum os casos de alagamento e enchentes, durante eventos de chuvas prolongadas (GROUP RAINDROPS, 2002). Por outro, reduz de forma substancial a contribuição de recarga do lençol subterrâneo e o escoamento de base, resultando com isso as vazões dos rios urbanos durante os períodos secos e o comprometimento de uma importante fonte de abastecimento local, os aquíferos (COHIM e KIPERSTOK, 2007).

Ao invés de problema, essas águas podem ser manejadas como solução, ainda que parcial, para o abastecimento descentralizado. O manejo das águas pluviais no meio urbano deve ser orientado por dois princípios. Primeiro, deve-se procurar aproveitar a água precipitada antes que ela entre em contato com substâncias contaminantes, armazenando-a para uso doméstico. Segundo, deve-se criar condições de infiltração do excedente, restaurando os fluxos naturais e, por conseqüência, reabilitando mais uma alternativa para abastecimento de água local e descentralizado (COHIM e KIPERSTOK, 2007)

Dimensionamento do reservatório para água de chuva

O tamanho do reservatório para água pluvial dependerá de diversos fatores, entre eles temos:

Regime de chuvas local, área de captação, demanda e o nível de risco aceitável. O tipo de consumo a que será destinada à água de chuva e a existência de outras fontes para suprimento deste, implicará no grau de risco aceitável ao esvaziamento do reservatório influenciando no seu dimensionamento.

Foram identificados na literatura diversos modelos e métodos para dimensionamento de reservatórios. Basicamente os modelos calculam o balanço entre a quantidade de chuva captada e a demanda para esta água, utilizando como parâmetros a precipitação local, a área de captação e consumo. Porém observou-se a utilização de dados mensais, o que acarreta muitas vezes em volumes superdimensionados, ou ainda, programas fechados, com dados de precipitação de uma determinada localidade, não permitindo a sua utilização em outras áreas.

Resultados e discussões

O modelo desenvolvido para dimensionamento de reservatório a água de pluvial, utilizando o software MS Excel permite ao usuário entrar com dados de consumo, série de precipitação diária, área de captação e coeficiente de captação, tendo como resposta taxa de atendimento à demanda anual para diferentes volumes de reservatórios. A ferramenta permite ainda entrar com a capacidade de reserva e verificar o atendimento ao consumo a partir desta, acompanhando o balanço hídrico diário calculado a partir de gráficos.

Para o cálculo do balanço hídrico diário foram utilizados dois métodos: No Método I, sempre que a entrada de água no sistema (precipitação captada) é maior que a saída (demanda) o modelo considera que esta foi atendida. Neste método é considerado que entrada e saída ocorrem simultaneamente, assim o reservatório seria responsável por guardar o excesso diário de água. No método II é considerado que entrada e saída do sistema ocorrem em momentos distintos, sendo o tamanho do reservatório um limitante da disponibilidade de água de chuva diária. O algoritmo de cálculo para os dois métodos está representado na Figura 02. O Método I apresenta taxas de atendimento superiores aos do Método II para uma mesma situação, porém na prática as duas situações são possíveis de acontecer, assim a taxa de atendimento seria um valor entre as duas respostas encontradas. O modelo desenvolvido apresenta em forma de gráfico o resultado dos dois métodos e considera que a taxa de atendimento anual é a média entre os dois.

A partir das análises dos resultados das simulações e das curvas Volume do Reservatório x Economia na conta de água, adotando os potenciais de economia indicados nas simulações efetuadas, valores de reservatórios de fibra de vidro e polietileno e tarifas cobradas Embasa

(Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A.), observa-se que aumentando 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 a concessionária, não crescem na mesma proporção. Assim de acordo ao consumo médio mensal e forma de cobrança da tarifa, a utilização de um sistema de captação de água de chuva pode apresentar períodos de retorno de investimentos mais curtos ou longos.

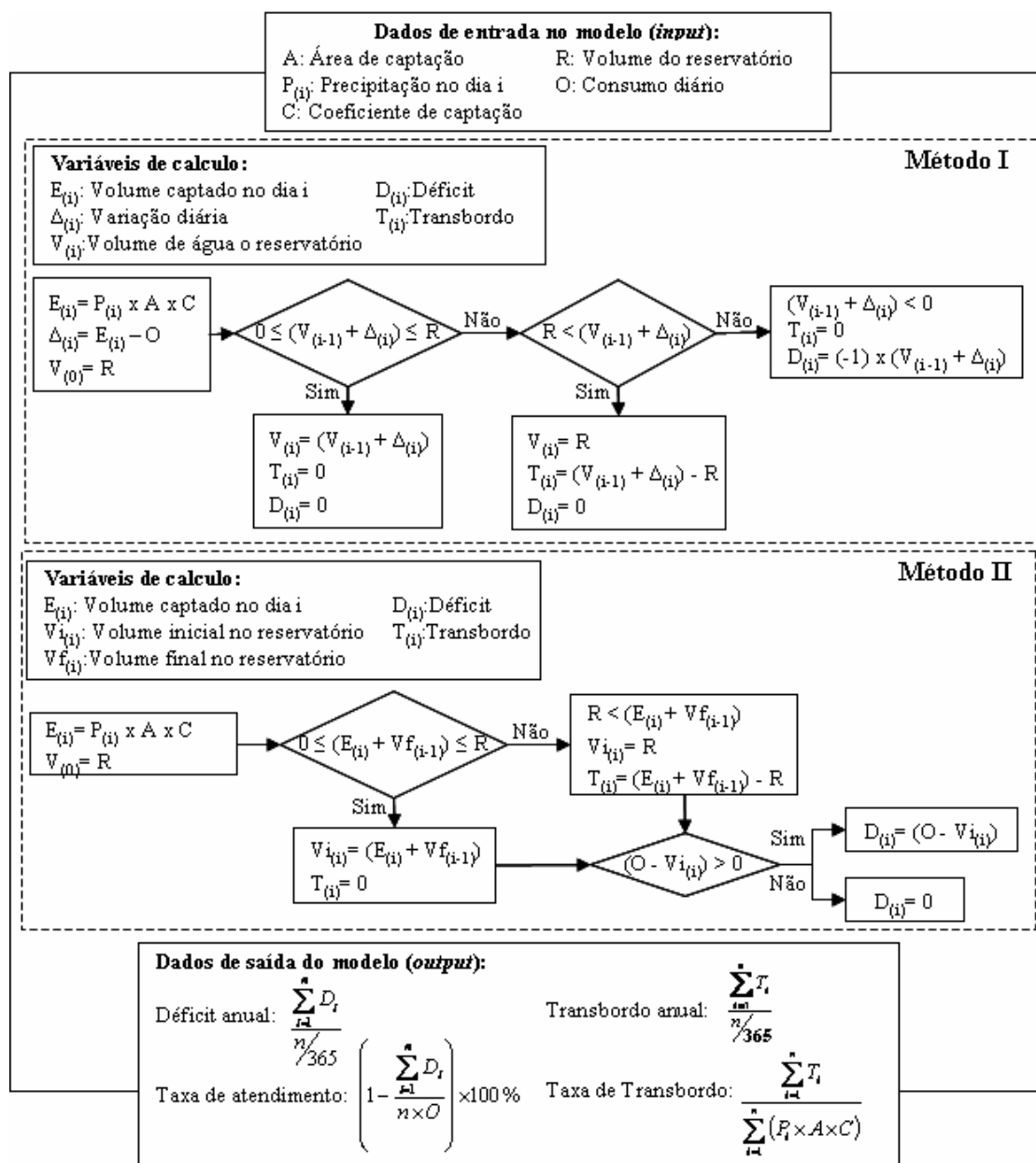


Figura 02. Modelo para dimensionamento de reservatório

Devido aos altos índices de perdas nas concessionárias brasileiras, o volume de água a ser tratado e transportado devem ser bem maiores que o realmente consumido. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (BRASIL, 2006) o índice de perdas na Embasa, de 1998 a 2004 ficou em torno de 40%. Segundo a mesma fonte, a tarifa média praticada por esta concessionária em 2004 foi de 1,21R\$/m³, porém a despesa total por m³ faturado foi de R\$1,38, sendo que deste valor um pouco mais de 15% é gasto com energia elétrica. A partir destes dados, em função dos custos de implantação e operação de sistemas públicos de abastecimento de água, a utilização de fontes substitutivas representa também uma alternativa vantajosa às concessionárias, permitindo que o recurso economizado seja empregado na modernização e eficiência do sistema. Permitindo com isso que maior parte da população tenha acesso à água em quantidade e qualidade necessária aos diversos usos.

Conclusões

A partir das simulações efetuadas e da revisão bibliográfica, conclui-se que a captação e utilização de águas pluviais em regiões urbanas, para fins não potáveis, quando associada à adequação das instalações hidráulicas prediais, dimensionamento criterioso do sistema de captação, coleta e reservação, observando as características locais, evitando a implantação de projetos inadequados, apresenta-se como uma alternativa viável, possibilitando a redução de custos para o sistema público de abastecimento de água, diminuindo a pressão nos mananciais, permitindo o direcionamento destes recursos para atendimento à consumos mais nobres, para uma parcela maior da população.

Referências bibliográficas

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Programa de Modernização do Setor Saneamento. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Água e esgotos 1995-2004/ Resíduos sólidos 2002 - 2004. Brasília: 2006. CD-ROOM.

COHIM, E.; KIPERSTOK, A. **Racionalização e reuso de água intradomiciliar. Produção limpa e eco-saneamento.** In: KIPERSTOK, Asher (Org.) Prata da casa: construindo produção limpa na Bahia. Salvador: [S.n.], [2007]. 2v. ° Trabalho não publicado.

DIXON, A.; BUTLER, D.; FEWKES, A. **Water saving potential of domestic water reuse systems using greywater and rainwater in combination.** Water Science & Technology: Options for closed water systems: Sustainable water management. V. 39, N. 5, 1999. IAWQ. Londres, 1999.

GIJZEN, Huub. **Low Cost Wastewater Treatment and Potentials for Re-use, A Cleaner Production Approach to Wastewater Management.** IHE, Delft, The Netherlands, UNESCO, 1997.

GNADLINGER, J. **Coleta de água de chuva em áreas rurais.** In: FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA, 2., 2000, Holanda. Anais eletrônicos... Disponível em: <irpaa.org.br/colheita/indexb.htm> acesso em: Abril/ 2007.

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

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2. ed. São Paulo: Navegar, 2005. 180 p. (Série Tecnologia)

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. **Controle do impacto da urbanização**. Drenagem Urbana. Pgs. 277-345. Porto Alegre: ABRH/Editora da Universidade/ UFRGS, 1995.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

Título: TEORÍA Y CÁLCULO DE UN IMPLEMENTO PARA IMPLANTAR EL SISTEMA DE MICROCAPTACIÓN DE SURCOS INTERCEPTADOS EN EL CULTIVO DEL KING GRASS.

Autor Principal: MsC. Raudel Pérez Del Río, raudelrio@yahoo.es,
raudel@ingenieria.unica.cu

Dirección: Universidad de Ciego de Ávila. Carretera a Morón km. 9 ½, Ciego de Ávila, Cuba,
CP: 69450

RESUMEN

En este artículo encontrarán el método de cálculo empleado para diseñar los principales elementos del órgano de trabajo de un cultivador encargado de seccionar el surco mecanizadamente y que permite implantar el sistema de microcaptación de agua de lluvia in situ de “surcos interceptados” en el cultivo del King Grass CT-115 el cual es empleado como alimento para el ganado vacuno en las empresas pecuaria cubanas. Se fundamenta científicamente la conveniencia del empleo del sistema de micro captación de agua en los surcos, el cual ha sido probado en diferentes países como Brasil, México e Israel. El método de diseño empleado consta de la combinación de la teoría de cálculo de las máquinas agrícolas en su acción sobre el suelo que nos permitirá tomar los datos necesarios para determinar las dimensiones optimas de las piezas efectuando un cálculo de resistencia de materiales. Se selecciona el material que se utilizará en la construcción de diferentes partes que componen el implemento y se comprueba la fuente energética propuesta. Se establece una teoría para el cálculo de los principales parámetros de trabajo del dispositivo seccionador como la distancia entre barreras y el recorrido de trabajo del dispositivo, evaluándose energéticamente el conjunto. En el mismo aparece el diseño del implemento como un aporte practico importante y una teoría de calculo para un tipo de órganos de trabajo de ciclo alternativo poco usado en la producción.

Palabras claves: microcaptación, king grass, diseño, implemento, seccionador, barreras.

INTRODUCCIÓN

Producto de la crisis económica de los años 90 cientos de miles de hectáreas de riego se han perdido por la falta de incentivos e inversiones insuficientes para el mantenimiento de la infraestructura o para terminar las obras en construcción, además de la degradación de las tierras de cultivo, contaminación de sus recursos hidráulicos y recursos humanos escasos.

La agricultura bajo riego está limitada en los períodos de sequía por la escasa disponibilidad de recursos hídricos y por la factibilidad económica de las obras, muchas veces costosas. En América Latina y el Caribe, sólo el 10% de la agricultura cuenta con sistemas de riego. El agua de lluvia no se aprovecha como un recurso vital sin pensar que los sistemas de captación de lluvia son útiles, para las mayores extensiones agrícolas, ganaderas y forestales de las regiones áridas y semiáridas de la Región. (Veenhuizen, 1996)

En Cuba las precipitaciones durante el período seco del año no son suficientes para obtener un desarrollo adecuado de la mayor parte de los cultivos. La sequía es uno de los eventos climáticos que más ha afectado al mundo en la segunda mitad de siglo. En Cuba la frecuencia de sequías moderadas y severas se ha multiplicado entre los años 60 y 90, en comparación con los períodos precedentes.

En las Empresas Pecuarias del país no se dispone de implementos capaces de acondicionar el suelo en áreas dedicadas al cultivo del King Grass CT-115 para establecer sistemas de Microcaptación de agua de lluvia *in situ* “De surcos interceptados” en los meses de precipitaciones insuficientes. Se piensa que con el diseño de prototipos de implemento que logren la conformación del perfil del suelo y mediante el cumplimiento de los requerimientos aerotécnicos y normativos para la labor se puede lograr dicho sistema de Microcaptación.

Por tanto el trabajo estará encaminado a cumplir el objetivo de diseñar prototipos de cultivador mediante el uso de las normas técnicas para las labores de acondicionamiento del terreno estableciendo un sistema sostenible de microcaptación in situ de agua de lluvia, desarrollando el cultivo del pasto King Grass CT-115. Como aporte teórico se piensa la elaboración de la teoría y cálculo de los principales parámetros que influyen en el proceso de conformación de barreras por el implemento encargado de implantar el sistema de Microcaptación de surcos interceptados y como aporte práctico el diseño de un prototipo de implemento par la implantación del sistemas de Microcaptación de agua lluvia de “Surcos interceptados”.

MÉTODO DE DISEÑO DEL IMPLEMENTO.

Determinación de las dimensiones del dispositivo que interviene en la conformación de las barreras. El dispositivo encargado de penetrar hasta el fondo del surco y conformar la barrera debe tener el mismo ángulo φ que la vertedera para recoger la tierra de las orillas y el fondo del surco debe ser dos veces el ángulo formado por la profundidad p en el centro del surco y el ancho de trabajo b de una vertedera en el suelo.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{b}{p}, \quad \varphi = \arctg \frac{p}{b} \quad (1), \quad \varphi = \psi = 53^\circ$$

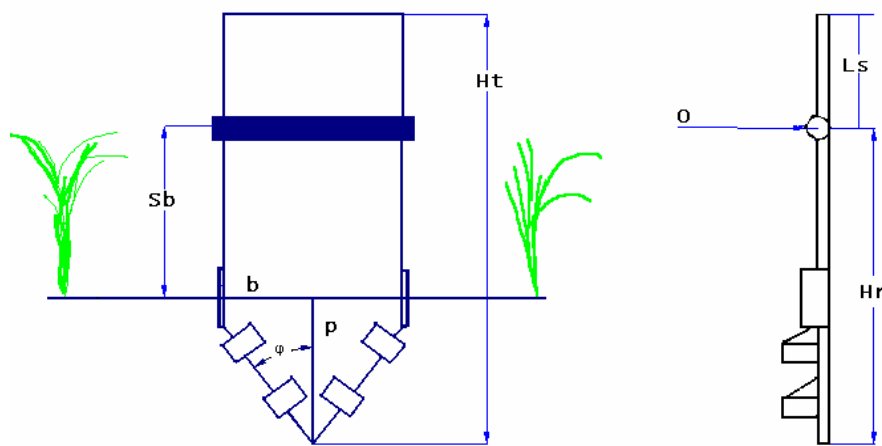


Figura 1. Dimensiones del dispositivo seccionador del surco.

Las cuñas se añaden al dispositivo seccionador del surco para que las mismas sean las encargadas de desprender del fondo del surco la cantidad de suelo necesario para conformar la barrera. La altura del órgano H_r está determinada por la profundidad del surco p y la distancia S_b desde el suelo hasta el eje O de la misma. El cual es el que permite el movimiento oscilatorio del dispositivo.

$$H_r = p + S_b \quad H_r = 250 + 293 = 543 \text{ mm} \quad (2)$$

La altura total H_t del dispositivo sería la suma de la altura del órgano seccionador del surco más la longitud del seguidor L_s .

$$H_t = H_r + L_s \quad H_t = 543 + 199 = 742 \text{ mm} \quad (3)$$

Para determinar el espesor del órgano seccionador del surco realizamos un cálculo previo, en él solo determinamos las dimensiones de la parte inferior del órgano, es decir, del eje del mismo hacia abajo. Para dicho cálculo no tomaremos en consideración la fuerza del muelle

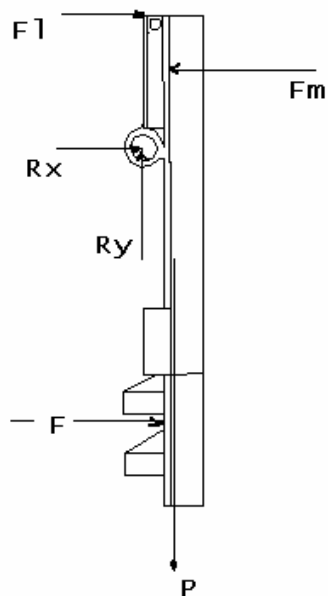


Figura 2. Fuerzas que actúan en el dispositivo en posición de trabajo.

Determinación de la fuerza F de resistencia del suelo sobre un dispositivo expresada en Newton.

$$F = k \times a \times b \quad F = 480 \text{ kg}_f = 4707 \text{ N} \quad (3)$$

k – Resistencia específica del suelo $0,8 \text{ kg/cm}^2$, b- ancho de trabajo en 30cm, a- la profundidad de trabajo en 20cm.

L es la longitud desde el empotramiento hasta el punto de aplicación de la fuerza expresada en (m) y S es el espesor del dispositivo.

Como vemos en la figura 2 tenemos dos fuerzas F1 que sería la fuerza de reacción de la leva y Fm la fuerza del muelle lo que permite realizar el cálculo para determinar todas las fuerzas que actúan en el dispositivo.

Primeramente se realiza un cálculo que permita determinar el espesor de la plancha por lo que no tomaremos en consideración la fuerza del muelle sino que solo analizaremos la reacción de la leva y la fuerza de resistencia del suelo que actúa en el dispositivo. Para luego con el peso del dispositivo determinar el muelle que emplearemos haciendo un cálculo de fuerzas en el momento que se encuentra en vacío.

El momento flector será el que actúa en el órgano.

$$Mf = F * L = 2556 \text{ N.m}, [\sigma]^+ = \frac{\sigma}{n} = 125 \text{ MPa}, n\text{- coeficiente de seguridad.}$$

En el caso de este órgano que pertenece a un implemento que esta acoplado a un medio de potencia el cual en un momento determinado puede ejercer una fuerza muy superior a la

calculada, pues la resistencia del suelo puede variar con obstáculos que aunque no forman parte del suelo están en el mismo, por eso conviene determinar el coeficiente de seguridad en dependencia del valor máximo que puede adquirir la fuerza en este caso.

Determinación del coeficiente de seguridad:

Seleccionamos un coeficiente de seguridad que duplique la fuerza que es ejercida al órgano $n=2$.

Cálculo del espesor de la plancha que forma el dispositivo.

σ - tensión de fluencia de 250 MPa para hierro laminado. $\varpi_x = \frac{2556 N.m}{125 MPa} = 20480 mm^3$

Espesor de la plancha $s = \sqrt{\frac{\varpi \times 6}{b}}$, $s = \sqrt{\frac{20480 \times 6}{300}} = 20.23 mm$ (5)

Para disminuir el espesor de la plancha se colocan perfiles en forma de L para así aumentar la resistencia a la flexión procurando un peso mínimo del dispositivo. Luego hacemos una comprobación de la estructura utilizando el método de elementos finitos mediante el empleo de Software Autodesk Mechanical Desktop 2006 u otro.

Cálculo del resorte encargado de levantar el órgano.

Comenzaremos a calcular el resorte cuando el órgano seccionador del surco se encuentra suspendido.

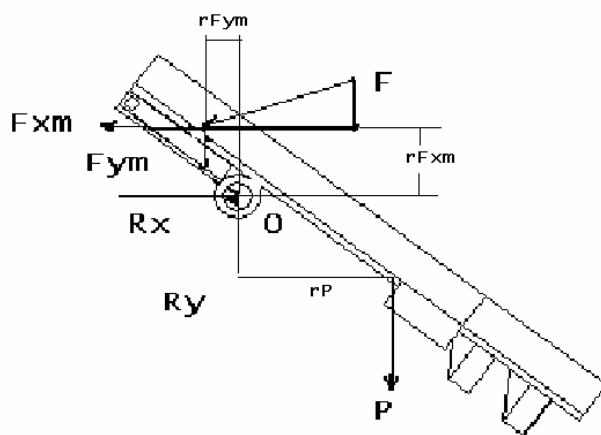


Figura 3. Fuerzas que actúan en el dispositivo seccionador del surco cuando se encuentra suspendido.

Donde tenemos: F- fuerza del muelle para mantener en equilibrio el dispositivo.

Fxm y Fym descomposición de dicha fuerza. Rx y Ry las reacciones de apoyo en los dos ejes bidimensionales, P- peso del dispositivo.

Primeramente realizamos una sumatoria de fuerzas por el eje y.

$rP = 101 \text{ mm}$, $rFym = 65 \text{ mm}$, $rFxm = 94 \text{ mm}$

$$\sum F_Y = 0, P + F_{ym} - R_y = 0, F_{ym} = F \sin \alpha$$

α - ángulo que forma el muelle con el plano horizontal.

$$\sum F_X = 0, F_x - F_{xm} = 0, \text{ Donde } F_{xm} = F \cos \alpha$$

Hacemos momento en O, $\sum M_o = 0$, $L_2 = 80 \text{ mm}$, $L_1 = 176 \text{ mm}$, $D_a \leq 35 \text{ mm}$, $F_1 = 188.3 \text{ N}$

$$F = \frac{P * r_P}{r_{Fxm} * \cos \alpha + r_{Fym} * \sin \alpha} \quad F = 19.2 \text{ kg}_f = 188.3 \text{ N} \quad (6)$$

De la construcción del implemento podemos determinar además la distancia L_1 correspondiente a la primera compresión del resorte cuando el dispositivo esté en vacío, así como la distancia durante la segunda compresión L_2 , además de establecer un diámetro exterior D_a , la fuerza F_1 aplicada por el momento que proporciona el peso del dispositivo. Con estos datos seleccionamos el muelle de la norma DIN usando el programa Mechanical Desktop 6.

Determinación de la fuerza que tiene que ejercer la leva.

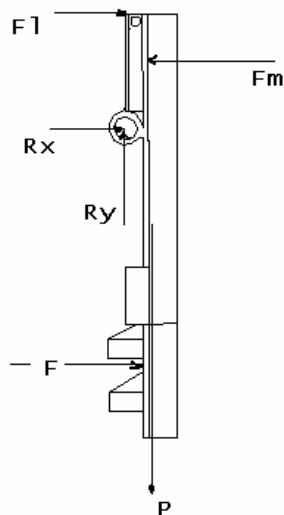


Figura 4. Fuerzas que actúan en el dispositivo en posición de trabajo.

Primeramente se hace momento en O, obteniendo la siguiente expresión para F_1 .

$$F_1 = \frac{-P * r_P + F_m * r_{Fm} + F * r_F}{r_{F1}}, \quad F_1 = 12963.5 \text{ N} \quad (7)$$

Del cálculo del muelle obtiene la fuerza cuando este se encuentra comprimido.

$$F_2 = F_m = 351 \text{ N}, \quad r_{Fm} = 108 \text{ mm}$$

Teoría del órgano seccionador del surco.

El órgano seccionador del surco es un dispositivo que presenta un movimiento alternativo el cual es propiciado por la leva. El punto del dispositivo que ofrece mayor información sobre la acción de este en el suelo es el punto colocado en vértice inferior.

Queda claro que para cada vuelta de la leva el dispositivo realizara una barrera al bajar y subir en el surco. Por tanto la distancia entre barreras queda como.

$$S = i \cdot \pi \cdot r_{rueda} \cdot (1 - \delta) = 3 \cdot \pi \cdot 300 = 2544mm = 2,5m \quad (8)$$

Donde

$$i\text{-relación de transmisión, } i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{210}{70} = 3$$

d1- diámetro de la rueda dentada colocada en la rueda de campo, d1= 70mm

d2- diámetro de la rueda dentada del árbol de levas, d2= 210mm

r_{rueda} - radio de la rueda de apoyo del F-350 =150 mm.

δ - coeficiente de patinaje de las rueda del implemento, patinaje para suelos compactados y ruedas de hierro con tachones pronunciados es muy bajo de 0,1 aproximadamente.

Es importante también conocer la distancia que recorre el dispositivo por el fondo del surco.

$$S_T = \frac{\lambda \cdot S}{360^\circ} = \frac{\lambda \cdot \pi \cdot r_{rueda} \cdot (1 - \delta)}{360^\circ} = \frac{90^\circ \cdot 3 \cdot \pi \cdot 300 \cdot (1 - 0.1)}{360^\circ} = 675mm = 0.67m \quad (9)$$

Donde

λ -Ángulo de trabajo de la leva.

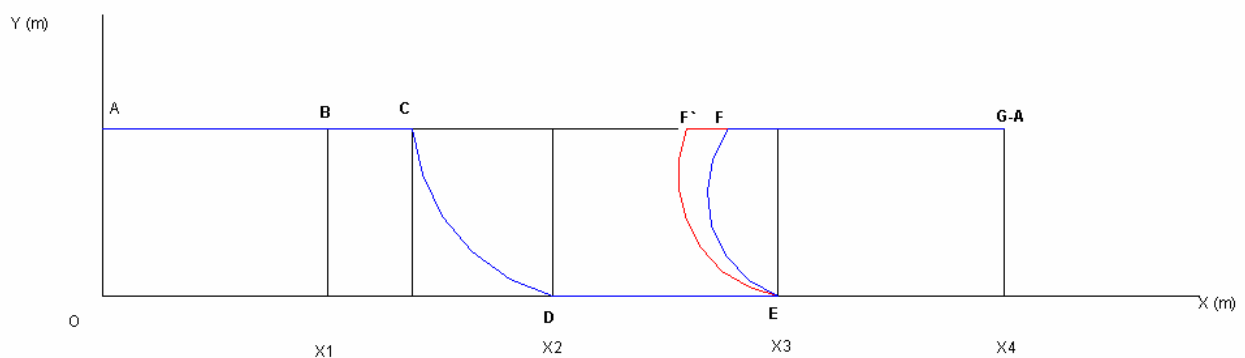


Figura 5. Grafica de movimiento del punto inferior A del dispositivo.

Haremos el análisis del movimiento del punto inferior del dispositivo en un plano (X,Y)

En el punto A la leva se encuentra en la parte frontal del árbol de levas con respecto a la dirección del movimiento y el dispositivo conformador de barreras se encuentra suspendido.

En el segmento AB la leva se mueve de la parte delantera del árbol a la parte inferior. Hasta que llega a la parte inferior representada con la letra B y el dispositivo permanece aun suspendido. La leva comienza a recorrer el segundo cuarto de giro y al subir por la parte trasera del árbol la misma acciona la parte superior del dispositivo este instante coincide con el punto C del grafico y el vértice inferior comienza a descender y acercarse al fondo del surco. En el punto D el vértice llega fondo del surco y comienza su acción sobre el suelo todo esto en el tramo DE , al pasar la leva a la parte superior se libera el dispositivo y llega al punto F. El punto F` corresponde a el lugar teórico donde debe llegar el vértice del dispositivo al ascender. Pues producto al movimiento del agregado el mismo. La leva continúa su giro de la parte superior a la delantera del árbol y el dispositivo se encuentra suspendido tramo FG listo para iniciar otro ciclo.

CONCLUSIONES

1. Se estableció una teoría para el cálculo de los principales parámetros de trabajo del dispositivo seccionador del surco siendo la distancia entre barreras igual a 2.5m y el recorrido de trabajo del dispositivo de 0.67m.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Anaya Garduño, M.** Microcaptación, Cultivos Anuales y Perennes, México. 2000. URL disponible en:
<http://www.rlc.fao.org/prior/recnat/pdf/capta/micro1.pdf>
2. **Barbosa Dos Anjos, J; Teixeira De Lima Brito, L; López Da Silva, M. S;** étodos de captación de agua de lluvia in situ e irrigación. URL disponible en:
<http://www.fao.org/ag/ags/AGSE/agses/7mo/iita/c15.htm>
3. **Chudakov, D. A.** Fundamentos de la Teoría y el Cálculo de Tractores y Automóviles. - - Moscú. Editorial: MIR. 1977 - - 435p.
4. **Feodosiev. V. I.** Resistencia de Materiales. - - La Habana: Ed. Pueblo y Educación. 1997 - - 466 p.
5. **Garrido Pérez, J.** Implementos, Máquinas Agrícolas y fundamentos para su explotación. - - Ciudad de La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 1989 - - p: 504.
6. **Oquendo Lovaina, G.** Fomento de explotación de pastos y forrajes. - - Holguín - - 2002. 112p.
7. **Ortiz Cañabate, J.** Las máquinas agrícolas y su aplicación. Editorial: Mundo y Prensa. 1984. - - 490p.
8. **Pisarenko, G. S; Yákovlev, A. P; Matvéev, V. V.** Manual de Resistencia de Materiales. - - Moscú. Editorial: MIR. 1989 - - 693p.
9. **Veenhuizen, R V.** Manual de Captación y Aprovechamiento del agua de lluvia. Introducción. 1996. URL disponible en:
<http://www.rlc.fao.org/prior/recnat/pdf/capta/intro.pdf>



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins
não potáveis
Diretrizes básicas para um projeto**

Plinio Tomaz
Engenheiro Civil
Conselheiro do CREA-SP
Rua Etelvina, 65 Vila Rosalia, Guarulhos São Paulo
CEP 07070-140
E-mail: pliniotomaz@uol.com.br

RESUMO

O objetivo da apresentação é mostrar os tópicos principais do projeto de norma da ABNT 00:001.77-001-001 de janeiro de 2007 que trata do Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis em áreas urbanas- Diretrizes. Os temas a serem comentados são:

1. Histórico
2. Precipitações médias mensais e diárias
3. Captação de telhados
4. Calhas e condutores verticais e horizontais
5. Dimensionamento da caixa do *first flush* (escoamento inicial)
6. Dimensionamento de cisternas: vários métodos
7. Controle da qualidade

Agradecimento: O autor agradece ao grupo de trabalho da ABNT que elaborou o projeto de norma técnica e que muito contribuiu para o trabalho apresentado.

Palavra-chave: rainwater, non potable water, rainwater catchment

1. Histórico

Aproveitamento da água de chuva é tão antigo que não sabemos quando começou. O documento mais antigo que existe é a pedra Moabita datada de 830 aC que foi achada na antiga região de Moab perto de Israel conforme Figura (1).

A pedra é de basalto negro e tem a determinação gravada do rei Mesa para a cidade de Qarhoh “*para que cada um de vós faça uma cisterna para si mesmo, na sua casa*”



Figura 1- Pedra Moabita (830 aC)

Os motivos que levam à decisão para se utilizar água de chuva são basicamente os seguintes:

- Conscientização e sensibilidade da necessidade da *conservação da água*
- Região com *disponibilidade hídrica* menor que $1200\text{m}^3/\text{habitante} \times \text{ano}$
- Elevadas tarifas de água das concessionárias públicas.
- Retorno dos investimentos (*payback*) muito rápido
- Instabilidade do fornecimento de água pública
- Exigência de lei específica
- Locais onde a estiagem é maior que 5 meses
- Locais ou regiões onde o *índice de aridez* seja menor ou igual a 0,50.

Nota: o índice de aridez foi criado em 1941 por Thorntwaite e ajustado em 1953 por Penman. Mede o grau de aridez através das precipitações e da evapotranspiração. O semi-árido brasileiro tem índice de aridez menor que 0,50.

Existe em andamento o Projeto de Norma 00:001.77-001 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

O aproveitamento de água de chuva não pode receber o termo reúso de água de chuva e nem chamado de reaproveitamento. O termo reúso é usado somente para água que já foi utilizada pelo homem em lavagem de mãos, bacia sanitária, lavagem de roupas, banhos, etc. Reaproveitamento é semelhante ao reúso, significando que a água de chuva já foi utilizada e portanto, não está correto.

2. Objetivo

Objetivo é fornecer diretrizes básicas para o aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis para os seguintes usos:

- descargas em bacias sanitárias,
- irrigação de gramados e plantas ornamentais,
- lavagem de veículos,
- limpeza de calçadas e ruas,
- limpeza de pátios,
- espelhos d'água e

- usos industriais.

Salientamos que a água de chuva será usada para fins não potáveis, não substituindo a água tratada com derivado cloarado e fluor usada para banhos, fazer comida ou ser ingerida, distribuída pelas concessionárias públicas.

Não incluímos a lavagem de roupa devido ao problema do parasita *Cryptosporidium parvum* que para removê-lo precisamos de filtros lentos de areia.

3. Definições

As seguintes definições são importantes para o entendimento do aproveitamento de água de chuva e a visualização da Figura (2) onde aparece o esquema de aproveitamento de água de chuva.

Água de chuva

É a água coletada em telhados inclinados ou planos onde não haja passagem de veículos ou de pessoas. As águas de chuva que caem nos pisos residenciais, comerciais ou industriais não estão incluídas no sistema proposto.



Figura 2- Esquema de aproveitamento de água de chuva

Água não potável

Entende-se por não potável aquela que não atende a Portaria nº. 518/2004 do Ministério da Saúde

Área de captação

Área em metros quadrados projetada na horizontal da superfície onde a água é captada. Para o dimensionamento de reservatórios de acumulação de água de chuva sempre usaremos a projeção horizontal da área.

Salientamos que os conceitos para projetos das calhas e condutores horizontais e verticais são destinados ao dimensionamento das vazões máximas nas calhas e condutores somente.

Coeficiente de runoff (C) ou escoamento superficial

Coeficiente que representa a relação entre o volume total escoado e o volume total precipitado variando conforme a superfície. É aquele usado no Método Racional e os mais comuns adotados estão na Tabela (1).

Tabela 1- Coeficientes de Runoff

Material do telhado	Coeficiente de runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico, pvc	0,9 a 0,95

Conexão cruzada

Qualquer ligação física através de peça, dispositivo ou outro arranjo que conecte duas tubulações das quais uma conduz água potável e a outra água de qualidade desconhecida ou não potável.

Demanda

A demanda ou consumo é a média a ser utilizado para fins não potáveis num determinado tempo (anual, mensal ou diário)

First flush

Água proveniente da área de captação suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos. Após três dias de seca os telhados vão acumulando poeiras, folhas, detritos, etc e é aconselhável que o *first flush* não seja utilizado. Conforme o uso destinado às águas de chuvas pode ser dispensado o *first flush* dependendo do projetista.

As pesquisas feitas mostram que o *first flush* varia de 0,4 L/m² de telhado a 8 L/m² de telhado conforme o local. Na falta de dados locais sugere-se o uso do *first flush* no valor de 2 L/m² de área de telhado.

Suprimento

Fonte alternativa de água para complementar o reservatório de água de chuva. Pode ser água da concessionária pública dos serviços de água, poço tubular profundo, caminhões tanques, etc.

Reservatório intermediário

Local onde pode ser armazenada a água de chuva para ser utilizada. Se água de chuva for clorada deverá ficar no mínimo 15min dentro do reservatório intermediário para o chamado *tempo de contato*.

Precipitações

No estudo deverá ser analisado as séries históricas e sintéticas das precipitações locais ou regionais. O projetista deverá definir se vai usar séries históricas médias mensais ou precipitações diárias, sendo aconselhável no mínimo um período de 10 anos de dados a serem analisados.

Os governos estaduais e o governo federal possuem base de dados com informações confiáveis que podem ser usadas. Para precipitações de cidades consultar o site da Ana (Agência Nacional das Águas) <http://www.hidroweb.ana.gov.br>.

3. Calhas e condutores

As calhas e condutores horizontais e verticais conforme Figura (3) devem atender a ABNT NBR 10844/ 89 sendo tais dimensionamento são baseados em vazões de pico para determinado período de retorno escolhido.

Estas vazões não servem para dimensionamento dos reservatórios e sim para o dimensionamento das calhas e condutores (verticais e horizontais).



Figura 3-Calha e condutor

- Devem ser observados o período de retorno escolhido (T_r), a vazão de projeto e a intensidade pluviométrica.
- Nos condutores verticais ou nos condutores horizontais pode ser instalado dispositivos fabricados ou construídos in loco para o descarte da água do first flush ou para eliminação de folhas e detritos. O dispositivo ou a construção poderá ter operação manual ou automática sendo recomendado a operação automática.
- O dispositivo de descarte de água do *first flush* deve ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados recomenda-se no mínimo 2 mm, ou seja, 2 litros/m² de telhado.
- Caso se julgue conveniente poderão ser instaladas telas ou grades para remoção de detritos.

Vazão na calha

Conforme NBR 10844/89 a vazão na calha é dada pela equação:

$$Q = I \times A / 60$$

Sendo:

Q= vazão de pico (litros/min)

I= intensidade pluviométrica (mm/h)

A= área de contribuição (m²)

Os períodos de retorno comumente adotados são $T_r=5$ anos ou $T_r=25$ anos dependendo do risco a ser assumido.

O valor de $I=150$ mm/h para pré-dimensionamento é comumente adotado.

Exemplo 1

Calcular a vazão de pico de uma calha em telhado com área de $A=200$ m² e intensidade pluviométrica $I=150$ mm/h

$$Q = I \times A / 60 = 150 \times 200 / 60 = 500 \text{ litros/min}$$

Dimensionamento da calha

É usado para dimensionamento da calha a fórmula de Manning:

$$Q = 60000 \times (A/n) \times R^{(2/3)} \times S^{0,5}$$

Sendo:

Q= vazão de pico (L/min)

A= área da seção molhada (m²)

n= coeficiente de rugosidade de Manning. Para concreto n=0,013 e para plástico n=0,011.

R= raio hidráulico= A/P

P= perímetro molhado (m)

S= declividade da calha (m/m)

Exemplo 2

Dimensionar uma calha retangular com declividade S=0,005m/m, coeficiente de rugosidade de Manning n=0,013 (concreto), com altura de 0,10m, largura de 0,40m.

Área molhada A= 0,10m x 0,40m=0,04m²

Perímetro molhado P= 0,40+ 2 x 0,10= 0,60m

Raio hidráulico R= A/P= 0,04m²/ 0,60m= 0,066m

$$Q = 60000 \times (A/n) \times R^{(2/3)} \times S^{0,5}$$

$$Q = 60000 \times (0,04/0,013) \times 0,066^{(2/3)} \times 0,005^{0,5} = 2171 \text{ litros/min}$$

Portanto, pela calha passará a vazão de pico de água de chuva de 2171 litros/min

Condutores horizontais

Os condutores horizontais de seção circular que geralmente são assentados no piso podem ser dimensionados usando a fórmula de Manning para seção máxima de altura 0,66D ou usar a Tabela (2) da ABNT e declividade mínima de 0,5% (0,005m/m)

Tabela 2- Capacidade dos condutores horizontais de seção circular com vazoes em litros/minuto

Diâmetro Interno D (mm)	n=0,011				n=0,012				n=0,013			
	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%	0,5%	1%	2%	4%
50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	242	343	486
125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: ABNT NBR 10.844/89

Exemplo 3

Dimensionar um condutor horizontal de PVC para vazão de 500 litros/minuto.

Como não temos a declividade S, adotamos S=0,005m/m=0,5% e entrando na Tabela (2) escolhemos um tubo de PVC de 150mm.

Condutor vertical

A maneira prática de se dimensionar o coletor vertical é através de área máxima de telhado em função do diâmetro conforme Tabela (3). A norma NBR 10844/89 adota condutor vertical mínimo de 70mm.

Tabela 3- Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular

Diâmetro do conduto vertical (mm)	Area máxima de telhado (m²)
50	13,6
75	42,0
100	91,0
150	275,0

Exemplo 4

Dimensionar um coletor vertical de águas pluviais snedo a área do telhado de 100m².

Consultando a Tabela (3) usaremos diâmetro de 150mm.

4. Reservatórios ou cisternas

- Os reservatórios ou cisternas conforme Figura (4) podem ser: enterrados, semi-enterrado, apoiado ou elevado. Os materiais podem ser concreto, alvenaria armada, materiais plásticos como polietileno, PVC, fibra de vidro e aço inox. Sempre serão vedados a luz solar.
- Os reservatórios devem ser construídos como se fosse para armazenamento de água potável devendo serem tomadas os devidos cuidados para não contaminar a água de chuva coletada dos telhados.



Figura 4- Reservatórios de aço inox apoiados

- Devem ser considerados no projeto do reservatório: extravasor, descarga de fundo ou bombeamento para limpeza, cobertura, inspeção, ventilação e segurança.
- O reservatório quando alimentado com água de outra fonte de suprimento de água, deve possuir dispositivos que impeçam a *conexão cruzada*.

- O volume de água de chuva aproveitável depende do coeficiente de runoff, bem como da eficiência do sistema de descarte do *first flush*, sendo calculado pela seguinte equação:

$$V = P \times A \times C \times \eta \text{ fator de captação}$$

Onde:

V= volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável, em litros;

P= precipitação média anual, mensal ou diária, em milímetros;

A= área de coleta, em metros quadrados;

C=coeficiente de *runoff*. Normalmente C=0,95

η fator de captação = eficiência do sistema de captação, levando em conta o descarte do *first flush*.

A eficiência do *first flush* ou do descarte de filtros e telas variam de 0,50 a 0,90.

Um valor prático quando não se têm dados é adotar: $C \times \eta = 0,80$

No caso do projetista não considerar o first flush sugerimos adotar $\eta = 0,90$

- O volume dos reservatórios devem ser dimensionados com base em critérios técnicos e econômicos, levando em conta as boas práticas da engenharia, podendo a *critério do projetista* serem utilizados os métodos contidos nos itens 9 a 14 ou outro desde que devidamente justificado.
- Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados com solução de derivado clorado, no mínimo uma vez por ano de acordo com a ABNT NBR 5626/98.
- O volume não aproveitável da água de chuva, pode ser lançado na rede de galerias de águas pluviais, na via pública ou ser infiltrado total ou parcialmente, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático.
- A descarga de fundo pode ser feita por gravidade ou por bombeamento.
- A água reservada deve ser protegida contra a incidência direta da luz solar e calor, bem como de animais que possam adentrar o reservatório através da tubulação de extravasão.

5. Instalações prediais

- As instalações prediais de água fria devem atender a ABNT NBR 5626/98, principalmente quanto as recomendações de separação atmosférica, dos materiais de construção das instalações, da retrossifonagem, dos dispositivos de prevenção de refluxo, proteção contra interligação entre água potável e não potável, do dimensionamento das tubulações e limpeza e desinfecção dos reservatórios, controle de ruídos e vibrações.
- As tubulações e demais componentes devem ser claramente diferenciadas das tubulações de água potável. Pode ser usado cor diferentes ou tarja plastica enrolada no tubo.
- Diferentes sistemas de distribuição de água fria, sendo um para água potável e outro para água não potável devem existir em qualquer tipo de edificação, evitando a conexão cruzada e obedecendo a ABNT NBR 5626/98.

- Os pontos de consumo, como por exemplo uma torneira de jardim, devem ser identificados com placa de advertência com a seguinte inscrição “água não potável” e advertência visual destinada a pessoas que não saibam ler e a crianças.
- Recomenda-se que hajam dois reservatórios, sendo um para água potável e outra para água não potável que será usado para o aproveitamento da água de chuva.

6. Qualidade da água

Os padrões de qualidade do sistema de água de chuva para água não potável no ponto de uso é opção do projetista podendo conforme a situação podendo ser exigido cloração ou não ou até adotar a Tabela (4) para monitoramento do sistema de aproveitamento de água de chuva.

Tabela 4 – Parâmetros de qualidade de água para uso não potável

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre	mensal	0,5 a 3,0mg/L
Turbidez	mensal	< 2,0 uT, para usos menos restritivos < 5,0 uT.
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização).	mensal	< 15 uH
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário.	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado.
NOTAS uT é a unidade de turbidez. uH é a unidade Hazen.		

- Não se recomenda em hipótese alguma a transformação da água de chuva em água potável em áreas urbanas. Mas caso se faça esta opção o tratamento adequado deverá atender à Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde.
- Para desinfecção, a critério do projetista, pode-se utilizar hipoclorito de sódio, raios ultravioleta, ozônio e outros. Em aplicações onde é necessário um residual desinfetante deve ser usado hipoclorito de sódio devendo o cloro residual livre estar entre 0,5 mg/l e 3,0 mg/l.
- No caso de água de chuva ser utilizada para lavagem de roupas, tratamentos específicos adequados que permitam a remoção de parasitas, como por exemplo o *Cryptosporidium parvum*. O tratamento recomendado é o uso de filtros lentos de areia.
- Para se ter uma idéia dos preços de análises informamos que para coliformes totais e termotolerantes o custo é de R\$ 40,00/ amostra. Para cor aparente, turbidez e cloro residual livre o custo é de R\$ 20,00/amostra.
Fazendo-se os cálculos do custo de monitoramento é de R\$ 140,00/ano
Mas podemos usar ainda kits para testes para pH e de cloro residual livre que custa somente R\$ 20,00.

- Quando for usado água de chuva clorada para irrigação de plantas é bom saber que existem plantas que não se importam com os derivados clorados, mas existem outras que mesmo com uma quantidade muito pequena elas morrem.

7. Bombeamento

- Quando necessário o bombeamento, o mesmo deve atender a ABNT NBR 12214/92.
- Devem ser observadas as recomendações das tubulações de sucção e recalque, velocidades mínimas de sucção e seleção do conjunto motor-bomba.
- Pode ser instalado junto a bomba centrífuga, dosador automático de derivado clorado o qual convém ser enviado a um reservatório intermediário para que haja tempo de contato de no mínimo 15 min.
- Um dosador automatico de derivado clorado custa aproximadamente R\$ 350,00. Poderá ser usado hipoclorito de sodio ou outro derivado clorado.



Figura 5- Bomba centrífuga



Figura 6- Bomba centrífuga

8. Manutenção

- Recomenda-se realizar manutenção em todo o sistema de coleta e aproveitamento de água de chuva conforme Tabela (5).

Tabela 5- Sugestão de frequência de manutenção

Componente	Frequência de manutenção
Dispositivo de descarte do escoamento inicial automático	Limpeza mensal ou após chuva de grande intensidade
Calhas, condutores verticais e horizontais	2 ou 3 vezes por ano
Desinfecção com derivado clorado	Manutenção mensal
Bombas	Manutenção mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

9. Dimensionamento do reservatório pelo Método de Rippl

O método de Rippl geralmente superdimensiona o reservatório, mas é bom usá-lo para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuvas.

Neste método pode-se usar as séries históricas mensais (mais comum) ou diárias.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ somente para valores } S_{(t)} > 0$$

$$\text{Sendo que : } \sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$$

Onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva aproveitável no tempo t ;

$D_{(t)}$ é a demanda ou consumo no tempo t ;

V é o volume do reservatório, em metros cúbicos;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

Exemplo 5- Aplicação prática do método de Rippl

Área do telhado $A = 100\text{m}^2$

Chuvas médias mensais

Precipitação média anual = 1569mm

Coeficiente de runoff $C = 0,80$

Na Tabela (6) está a aplicação prática do Método de Rippl a um telhado com 100m^2 e onde queremos retirar todos os meses 8m^3 de água de chuva. Usamos as precipitações médias mensais de janeiro a dezembro. Existem 8 colunas que são explicadas logo após.

Tabela 6- Dimensionamento do reservatório pelo método de Rippl para demanda constante de 8m³/mês, sendo usado as chuvas médias mensais para uma área de captação de água de chuva de 100m².

Meses	Chuva média mensal (mm)	Demanda constante mensal (m ³)	Área da captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre os volumes da demanda – vol. de chuva Col.3 – col. 5 (m ³)	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m ³)	Obs.
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
<i>Janeiro</i>	272	8	100	22	-14		E
Fevereiro	243	8	100	19	-11		E
Março	223	8	100	18	-10		E
Abril	89	8	100	7	1	1	D
Mai	92	8	100	7	1	2	D
Junho	47	8	100	4	4	6	D
Julho	40	8	100	3	5	11	D
Agosto	30	8	100	2	6	17	D
Setembro	82	8	100	7	1	18	D
Outubro	121	8	100	10	-2	16	S
Novembro	114	8	100	9,0	-1	15	S
Dezembro	216	8	100	17	-9	6	S
Total	1569	96 m ³ /ano		126 ≥ 96 m ³ /ano			

E: água escoando pelo extravasor D: nível de água baixando S: nível de água subindo

Vamos passar a explicar as oito colunas da Tabela (6).

Coluna 1 –

É o período de tempo que vai de janeiro a dezembro.

Coluna 2 –

Nesta coluna estão as chuvas médias mensais em milímetros.

Coluna 3 –

Demanda mensal que foi imposta de acordo com as necessidades. A demanda também pode ser denominada de consumo mensal e é fornecido em metros cúbicos.

O volume total da demanda ou do consumo 96m³/ano deve ser menor ou igual ao volume total de chuva da coluna 5 que é 126m³/ano.

Coluna 4-

É a área de captação da água de chuva que é suposta constante durante o ano. A área de captação é fornecida em metros quadrados e é a projeção do telhado sobre o terreno.

Coluna 5-

Nesta coluna estão os volumes mensais disponíveis da água de chuva. É obtido multiplicando-se a coluna 2 pela coluna 4 e pelo coeficiente de runoff de 0,80 e dividindo-se por 1000 para que o resultado do volume seja em metros cúbicos.

Assim a linha referente ao mês de janeiro é obtida:

$$272\text{mm} \times 100\text{ m}^2 \times 0,80 / 1000 = 22\text{ m}^3$$

O total da coluna 5 do volume de água fornecida pela chuva média de janeiro a dezembro é de 126m³/ano que deverá ser maior ou igual ao volume total da demanda ou consumo que se refere a coluna 3.

Coluna 6 –

Nesta coluna estão as diferenças entre os volumes da demanda e os volumes de chuva mensais. É na prática a coluna 3 menos a coluna 5. O sinal negativo indica que há excesso de água e o sinal positivo indica que o volume de demanda, nos meses correspondentes supera o volume de água disponível.

Coluna 7 –

Nesta coluna estão as diferenças acumuladas da coluna 6 considerando somente os valores positivos. Para preencher esta coluna foi admitida a hipótese inicial de o reservatório estar cheio.

Os valores negativos não foram computados, pois, correspondem a meses em que há excesso de água (volume disponível superando a demanda).

Começa-se com a soma pelos valores positivos, prosseguindo até a diferença se anule, desprezando todos os valores negativos seguintes, recomeçando a soma quando aparecer o primeiro valor positivo.

O volume máximo obtido na coluna 7 pelo Método de Rippl é de 18m^3 . Portanto, o reservatório para regularizar a demanda constante de $8\text{m}^3/\text{mês}$ deverá ter 18m^3 de capacidade.

Coluna 8-

O preenchimento da coluna 8 é feito usando as letras E, D e S sendo:

E = água escoando pelo extravasor;

D= nível de água baixando e

S= nível de água subindo.

Supomos desde o **início que o reservatório está cheio** e, portanto, nos meses de janeiro, fevereiro e março da coluna 6 verificamos que as diferenças são negativas e, portanto, temos que a água está escoando pelo extravasor.

Quando os valores da coluna 6 são positivos o nível de água do reservatório está baixando e isto vai acontecer no mês de abril quando o abaixamento é de 1m^3 . Em maio de 2m^3 . Em junho de 6m^3 . Em julho o abaixamento é de 11m^3 . Em setembro o abaixamento é de 18m^3 e em outubro o reservatório como a coluna 6 é negativa, o volume começa a extravasar.

O volume do reservatório de 18m^3 , correspondentes a um suprimento de 69 dias de seca (2,3 meses).

Salientamos que geralmente o método de Rippl fornece valores muito elevados para os reservatórios sendo que na prática o método mais usado é o da simulação que se faz por tentativas.

10. Método da simulação

Para um determinado mês aplica-se a equação da continuidade a um reservatório finito:

$$S_{(t)} = Q_{(t)} + S_{(t-1)} - D_{(t)}$$

$$Q_{(t)} = C \times \text{precipitação da chuva}_{(t)} \times \text{área de captação}$$

$$\text{Sendo que: } 0 \leq S_{(t)} \leq V$$

Onde:

$S_{(t)}$ é o volume de água no reservatório no tempo t ;

$S_{(t-1)}$ é o volume de água no reservatório no tempo $t - 1$;

$Q_{(t)}$ é o volume de chuva no tempo t ;

$D_{(t)}$ é o consumo ou demanda no tempo t ;

V é o volume do reservatório fixado;

C é o coeficiente de escoamento superficial.

Nota: para este método duas hipóteses devem ser feitas, o reservatório está cheio no início da contagem do tempo “t”, os dados históricos são representativos para as condições futuras.

Exemplo 6

Verificar o volume de 30m^3 de um reservatório pela análise de simulação usando a série sintética da precipitação média mensal, demanda mensal de $30\text{m}^3/\text{mês}$, área de captação de 350m^2 e coeficiente de *runoff* $C=0,80$.

A grande vantagem do método é escolher mais facilmente o dimensionamento mais econômico do reservatório e verificar o risco.

Na Tabela (7) está o exemplo de aplicação da Análise de simulação do reservatório.

Tabela 7- Aplicação da Análise de simulação para reservatório com 30m^3 considerando a média mensal das precipitações

Mês	Chuva média (mm)	Demanda mensal constante (m^3)	Área de captação (m^2)	Volume de chuva $C=0,80$ (m^3)	Volume da reservatório fixado (m^3)	Volume do reservatório no tempo t-1 (m^3)	Volume do reservatório no tempo t. (m^3)	Overflow (m^3)	Suprimento de água externo (m^3)
	P	Dt	A	Qt	V	St-1	St	Ov	S
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8	Coluna 9	Coluna 10
Jan	272	30	350	76	30	0	30	16	0
fev	243	30	350	68	30	30	30	38	0
Mar	223	30	350	62	30	30	30	32	0
Abr	89	30	350	25	30	30	25	0	0
Mai	92	30	350	26	30	25	21	0	0
Jun	47	30	350	13	30	21	4	0	0
Jul	40	30	350	11	30	4	-15	0	15
Ago	30	30	350	8	30	0	-22	0	22
Set	82	30	350	23	30	0	-7	0	7
Out	121	30	350	34	30	0	4	0	0
Nov	114	30	350	32	30	4	6	0	0
Dez	216	30	350	60	30	6	30	6	0
Total=	1569	360		439				93	44

Vamos explicar a Tabela (7) colunas 1 a coluna 10.

Tabela (7)

Coluna 1:

Constam os meses do ano de janeiro a dezembro.

Coluna 2:

São as chuvas médias mensais (série sintética).

Coluna 3:

É o consumo mensal de 30m^3 de água não potável.

Coluna 4:

É a área de captação da chuva que é de 350m^2 que é a área de todo o telhado disponível.

Coluna 5:

O volume de água de chuva é obtido da seguinte maneira:

Coluna 5 = coluna 2 x coluna 4 x 0,80 / 1000 para o resultado sair em metros cúbicos

Para perdas de água por evaporação, perdas de água na autolimpeza supomos o coeficiente 0,80.

Coluna 6

Volume do reservatório que é fixado. O volume para este tipo de problema é arbitrado e depois verificado o overflow e a reposição de água, até se escolher um volume adequado. No caso deste exemplo, usamos o volume de 30m³ para o reservatório.

Coluna 7:

É o volume do reservatório no início da contagem do tempo. Supomos que no início do ano o reservatório está vazio e que, portanto a primeira linha da coluna 7 referente ao mês de janeiro será igual a zero. Os demais valores são obtidos usando a função SE do Excel:

SE (coluna 8 < 0 ; 0 ; coluna 8)

Coluna 8:

Fornece o volume do reservatório no fim do mês. Assim o volume de 30m³ no mês de janeiro refere-se ao volume do reservatório no último dia de janeiro. Vê-se que o reservatório é considerado *cheio*.

Obtém-se a coluna 8 da seguinte maneira:

Coluna 8 = SE (coluna5 + coluna7 – coluna3 > coluna 6; coluna 7 ; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3)

Nota: a coluna 8 pode resultar em número negativo. Deve ser entendido como água necessária para reposição. Aparecerá o mesmo valor com sinal positivo na coluna 10.

Coluna 9:

É relativa ao *overflow*, isto é, quando a água fica sobrando e é jogada fora.

Obtém-se da seguinte maneira:

Coluna 9 = SE (coluna 5 + coluna 7 – coluna 3) > coluna 6 ; coluna 5 + coluna 7 – coluna 3 – coluna 6 ; 0)

Coluna 10:

É a coluna da reposição da água, que pode vir do serviço público de abastecimento ou de caminhão tanque ou de outra procedência.

Coluna 10= SE (coluna 7 +coluna 5 – coluna 3 < 0 ; - (coluna 7 + coluna 5 – coluna 3) ; 0)

Comentário sobre a Tabela (7):

No processo de verificação é fornecido o volume de 30m³ e a chuva média mensal adotada. Durante o ano verificamos que haverá overflow de 93m³ e que será necessário 44m³ de água de outra fonte para suprir o reservatório durante o ano.

O volume de água de chuva considerando o coeficiente de runoff de 0,80 será de 439m³/ano maior que a demanda anual de 360m³.

Para a coluna 8 o reservatório está cheio em janeiro.

11. Método prático do professor Azevedo Neto

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

Onde:

P é a precipitação média anual, em milímetros;

T é o número de meses de pouca chuva ou seca;

A é a área de coleta, em metros quadrados;

V é o volume de água aproveitável e o volume de água do reservatório, em litros.

Exemplo 7

Dada a precipitação média anual $P=1500\text{mm}$ e área de telhado de $A=100\text{m}^2$ numa região que fica sem chuva $T=2$ meses.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T$$

$$V = 0,042 \times 1500\text{mm} \times 100\text{m}^2 \times 2 = 12.600 \text{ litros} = 12,6\text{m}^3$$

12. Método prático alemão

Trata-se de um método empírico onde se toma o menor valor do volume do reservatório; 6% do volume anual de consumo ou 6% do volume anual de precipitação aproveitável.

V adotado = mínimo de (volume anual precipitado aproveitável e volume anual de consumo) $\times 0,06$ (6%)

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín} (V; D) \times 0,06$$

Onde:

V é o volume aproveitável de água de chuva anual, em litros;

D é a demanda anual da água não potável, em litros;

V_{adotado} é o volume de água do reservatório, em litros.

Exemplo 8

Calcular um reservatório para aproveitamento de água de chuva usando método Alemão para $P=1500\text{mm}$ e área de telhado $A=100\text{m}^2$ sendo o consumo médio mensal $D=8\text{m}^3$

V aproveitável anualmente de água de chuva = $1500\text{mm} \times 100\text{m}^2 \times 0,8 = 120.000$ litros = $V=120\text{m}^3$

Consumo mensal = 8m^3

Consumo anual = $D=8\text{m}^3 \times 12 = 96\text{m}^3$

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín} (V; D) \times 0,06$$

$$V_{\text{adotado}} = \text{mín} (120; 96) \times 0,06$$

$$V_{\text{adotado}} = 96 \times 0,06 = 6\text{m}^3$$

13. Método prático inglês

$$V = 0,05 \times P \times A$$

Onde:

P é a precipitação média anual, em milímetros;

A é a área de coleta, em metros quadrados;

V é o volume de água aproveitável e o volume de água da cisterna, em litros.

Exercício 9

Dada a precipitação média anual $P=1500\text{mm}$ e área de telhado de $A=100\text{m}^2$.

$$V = 0,05 \times P \times A$$

$$V = 0,05 \times 1500 \times 100 = 7500 \text{ litros} = 7,5\text{m}^3$$

14. Método prático australiano

O volume de chuva é obtido pela seguinte equação:

$$Q = A \times C \times (P - I)$$

Onde:

C é o coeficiente de escoamento superficial, geralmente 0,80;

P é a precipitação média mensal, em milímetros;

I é a interceptação da água que molha as superfícies e perdas por evaporação, geralmente 2mm;

A é a área de coleta, em metros quadrados;

Q é o volume mensal produzindo pela chuva, em metros cúbicos.

O cálculo do volume do reservatório é realizado por tentativas, até que sejam utilizados valores otimizados de confiança e volume do reservatório.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t$$

Onde:

Q_t é o volume mensal produzido pela chuva no mês t;

V_t é o volume de água que está no tanque no fim do mês t, em metros cúbicos;

V_{t-1} é o volume de água que está no tanque no início do mês t, em metros cúbicos;

D_t é a demanda mensal, em metros cúbicos;

Nota: para o primeiro mês consideramos o reservatório vazio.

Quando $(V_{t-1} + Q_t - D) < 0$, então o $V_t = 0$

O volume do tanque escolhido será em metros cúbicos.

Exemplo 10

Calcular o volume do reservatório para aproveitamento de água de chuva em área de telhado de $A=100\text{m}^2$, coeficiente de *runoff* $C=0,80$, interceptação $I=2\text{mm}$ e demanda constante mensal $D=8\text{m}^3$

Na Tabela (8) estão os cálculos efetuados.

Tabela 8- Método Australiano

Meses	Prec. Mensal	Área	Runoff	Interceptação	Vol. Chuva Q	Demanda D	Vt
	(mm)	(m ²)	C	(mm)	(m ³)	(m ³)	(m ³)
Jan	272	100	0,8	2	22	8	14
fev	243	100	0,8	2	19	8	25
Mar	223	100	0,8	2	18	8	35
Abr	89	100	0,8	2	7	8	34
Mai	92	100	0,8	2	7	8	33
Jun	47	100	0,8	2	4	8	28
Jul	40	100	0,8	2	3	8	23
Ago	30	100	0,8	2	2	8	18
Set	82	100	0,8	2	6	8	16
Out	121	100	0,8	2	10	8	18
Nov	114	100	0,8	2	9	8	18
Dez	216	100	0,8	2	17	8	28
Total	1569						

O volume do reservatório de aproveitamento de água de chuva será de 35m^3 .

15 Confiança

$$P_r = N_r / N$$

Onde:

P_r é a falha

N_r é o número de meses em que o reservatório não atendeu a demanda, isto é, quando $V_t = 0$;

N é o número de meses considerado, geralmente 12 meses;

Confiança = $(1 - P_r)$

Recomenda-se que os valores de confiança estejam entre 90 % e 99 %.

Exemplo 11

Calcular a falha e a confiança de um sistema de aproveitamento de água de chuva em que durante 3 meses o reservatório não conseguiu atender à demanda.

$N = 12$ meses

$N_r = 3$ meses

$P_r = N_r / N = 3 / 12 = 0,25$

Portanto, a falha é 0,25 ou seja 25%

A confiança no sistema é

$$\text{Confiança} = (1 - P_r) = 1 - 0,25 = 75$$

O sistema de aproveitamento de água de chuva funcionou durante o ano com 75% de confiança.

16. Dimensionamento do reservatório de autolimpeza

Na Figura (5) está um esquema do sistema de aproveitamento de águas pluviais onde aparece a caixa do *first flush*, ou seja, o reservatório de autolimpeza que funciona automaticamente.

Sem dúvida a grande dificuldade é dimensionar o tamanho do reservatório em que a água do *first flush* será depositada para ser descartada, quando se supõe esta alternativa. Podemos também fazer projetos em que deixamos a sujeira do telhado relativa ao *first flush* ser depositada no fundo do mesmo.

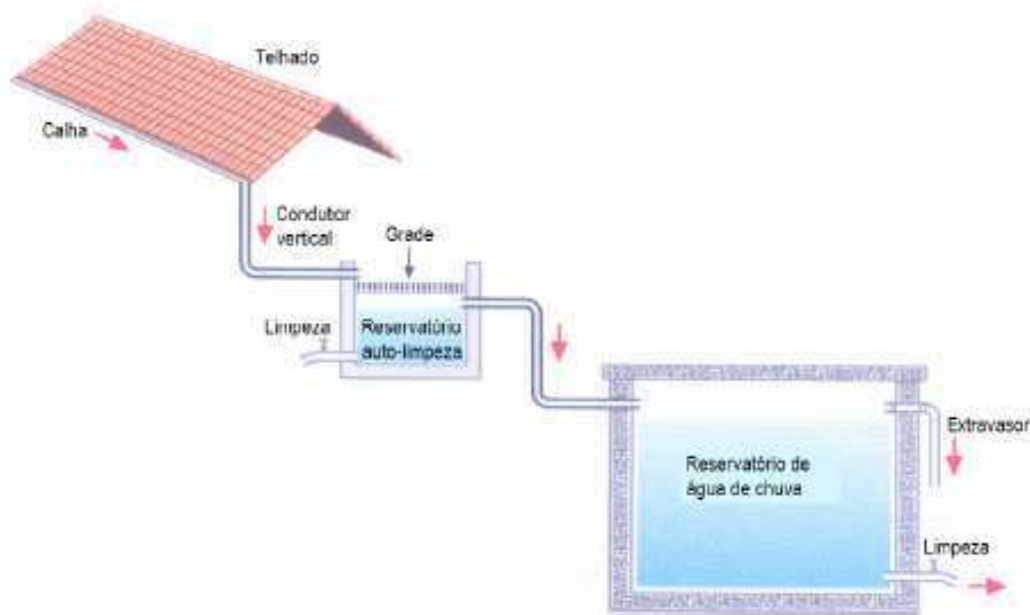


Figura 5- Esquema de funcionamento do reservatório de autolimpeza

Uma maneira que encontramos para dimensionar a caixa de autolimpeza, isto é, que ela seja feita automaticamente sem a interferência humana é imaginarmos um reservatório que tenha o volume do *first flush* e que o esvaziamento do mesmo seja feito em 10min aproximadamente.

O valor de esvaziamento de 10min, foi tomado empiricamente, pois este é o tempo que leva para que a água levar para ficar limpa.

Usamos a equação do orifício:

$$Q = C_d \times A (2 \times g \times h)^{0,5}$$

Sendo:

Q= vazão de saída do orifício (m³/s)

G= aceleração da gravidade=g=9,81m/s²

h= altura de água sobre o orifício (m). É a metade da altura da caixa.

A= área da seção do orifício (m²)

Cd= coeficiente de descarga do orifício=0,62

Exemplo 12

Dimensionar a caixa do *first flush* de um telhado com A=1000m².

Como não temos mais informações adotamos para o *first flush* 2 litros/m² de área de telhado.

Assim teremos:

$$V = 1000\text{m}^2 \times 2 \text{ litros/m}^2 = 2000 \text{ litros} = 2\text{m}^3$$

Portanto, a caixa deverá ter volume de 2m³

Este volume deverá ser escoado pelo fundo da caixa em aproximadamente 10min.

Vamos estimar as dimensões da caixa que terá 2m³. Tendo em vista condições locais podemos estimar que a altura deva ser de 0,80m.

Supondo que o comprimento seja o dobro da largura L. teremos:

$$V = L \times 2L \times 0,80 = 2\text{m}^3 \text{ e, portanto } L^2 = 2/(2 \times 0,80) = 1,25\text{m e então } L = 1,12\text{m}$$

A largura será de 1,12m e o comprimento 2 x L= 2,24m

As dimensões são: 1,12m x 2,24 x 0,80 = 2,0m³

Como a profundidade da caixa do *first flush* é de 0,80 para a equação do orifício entramos com a metade da altura:

$$h = 0,80/2 = 0,40\text{m}$$

$$Q = C_d \times A (2 \times g \times h)^{0,5}$$

$$Q = 0,62 \times A (2 \times 9,81 \times 0,4)^{0,5}$$

$$Q = 1,737 \times A$$

$$\text{Mas } Q = 2\text{m}^3 / 10\text{min} = 2\text{m}^3 / (10\text{min} \times 60\text{s}) = 0,0033\text{m}^3/\text{s}$$

Substituindo teremos:

$$Q = 1,737 \times A$$

$$0,0033 = 1,737 \times A$$

$$A = 0,0019\text{m}^2$$

Mas o orifício é circular e, portanto:

$$A = \text{PI} \times D^2 / 4$$

$$D = (4 \times A / \text{PI})^{0,5}$$

$$D = (4 \times 0,0019 / 3,1416)^{0,5} = 0,049\text{m. Adotamos } D = 0,05\text{m, ou seja, } D = 50\text{mm}$$

17. Custos

Os custos dos reservatórios variam com o material e com a solução escolhido da posição do reservatório e das condições locais.

Na média o custo do reservatório é de US\$ 150/m³ de água reservada.

Exemplo 13

Calcular o custo de um reservatório de concreto com 26m^3 .

$20\text{ m}^3 \times \text{US\$ } 150/\text{m}^3 = \text{US\$ } 3000$

Supondo $1\text{US\$} = \text{R\$ } 2,00$ teremos o custo total incluindo reservatório, condutores verticais, bombas etc de $\text{R\$ } 6.000,00$

18. Previsão de consumo de água

Há sempre uma grande dificuldade em se prever o consumo de água não potável para se usar a água de chuva.

A Tabela (9) de Vickers, 2001 mostra as porcentagens dos tipos de uso residencial. Assim numa casa se gasta 27% da água nas descargas nas bacias sanitárias, 17% nos chuveiros, 22% na lavagem de roupa, etc.

A média de consumo brasileiro é de 160 litros/dia x habitante o que mostra que podemos usar a água de chuva no mínimo 27% dentro de uma casa.

Tabela 9- Tipos de usos e porcentagem de utilização de consumo interno de uma residência

Tipos de usos da água	Porcentagem	Consumo residencial no Brasil supondo média mensal de 160 litros/dia x habitante (litros)
Descargas na bacia sanitária	27%	43
Chuveiro	17%	27
Lavagem de roupa	22%	35
Vazamentos em geral	14%	22
Lavagem de pratos	2%	3
Consumo nas torneiras	16%	26
Outros	2%	3
Total	100%	160

Fonte: adaptado de Vickers, 2001

As Tabelas (10) e (11) fornecem parâmetros para cálculo do consumo interno e externo de uma residência. A escolha adequada dos parâmetros deverá ser feita pelo projetista.

Tabela 10- Parâmetros de engenharia de consumo interno de uma residência

Uso interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Gasto mensal	m ³ /pessoa/mês	3	5	4
Número pessoas na casa	pessoa	2	5	3,5
Descarga na bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Vazamento bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Frequência de banho	Banho/pessoa/dia	0	1	1
Duração do banho	Minutos	5	15	7,3
Vazão dos chuveiros	Litros/segundo	0,08	0,30	0,15
Uso da banheira	Banho/pessoa/dia	0	0,2	0,1
Volume de água	Litros/banho	113	189	113
Máquina de lavar pratos	Carga/pessoa/dia	0,1	0,3	0,1
Volume de água	Litro/ciclo	18	70	18
Máquina de lavar roupa	Carga/pessoa/dia	0,2	0,37	0,37
Volume de água	Litro/ciclo	108	189	108
Torneira da cozinha	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15
Torneira de banheiro	Minuto/pessoa/dia	0,5	4	4
Vazão da torneira	Litros/segundo	0,126	0,189	0,15

Nota: foi considerada a pressão nas instalações de 40m.ca.

Tabela 11- Parâmetros de engenharia de consumo externo de uma residência residencial de água potável para uso externo

Uso externo	Unidades	Valores
Casas com piscina	Porcentagem	0,1
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	2
Lavagem de carros	litros/lavagem/carro	150
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4
Mangueira. de jardim 1/2"x20m.	Litros/dia	50
Manutenção de piscina	litros/dia/m ²	3
Perdas p/ evaporação em piscina	Litros/dia/m ²	5,75
Reenchimento de piscinas	anos	10
Tamanho da casa	m ²	30 a 450
Tamanho do lote	m ²	125 a 750

Exemplo 14

Residência com 5 (cinco) pessoas com área construída de 450 m², em terreno com área de 1.200 m². A piscina tem 5 m x 8 m x 1,6 m. O número total de automóveis é 2 (dois). A área de jardim é de aproximadamente 500m². Vamos calcular o uso interno e o uso externo da água na referida residência.

Vamos calcular o volume mensal de água consumido para uso interno e para uso externo.

USO INTERNO

Bacia Sanitária

Consideremos que cada pessoa ocupe a bacia sanitária 5 (cinco) vezes ao dia e que o volume de cada descarga seja de 9 litros. Consideremos ainda um vazamento de 8% em cada descarga.

Teremos então:

$5 \text{ pessoas} \times 5 \text{ descargas/pessoa/dia} \times 9 \text{ litros/descarga} \times 1,08 \text{ (vazamentos)} \times 30 \text{ dias} = 7.290 \text{ litros/mês.}$

Lavagem de roupa

Como existe máquina de lavar roupa, suponhamos que a carga seja de 0,2 carga/pessoa.dia, com 170 litros por ciclo. Teremos:

$5 \text{ pessoas} \times 0,2 \text{ carga/pessoa/dia} \times 170 \text{ litros/ciclo} \times 30 \text{ dias} = 5.100 \text{ litros/mês.}$

Não usaremos a água de chuva para a lavagem de roupas.

Em resumo o consumo interno da casa em que poderá ser usada a água de chuva, isto é, água não potável é de 12.390 litros/mês conforme Tabela (12).

Tabela 12-Exemplo de aplicação – uso interno

Uso Interno	Consumo em litros/mês
Bacia Sanitária	7.290
Soma total do uso interno =	7.290

USO EXTERNO

O uso externo da casa são a rega de jardins, passeios, lavagem de carros etc.

Gramado ou Jardim

Como a área de jardim de 500 m² e como se gasta 2 litros/dia/m² e ainda sendo a frequência de lavagem de 12 (doze) vezes por mês, ou seja, 0,40 vezes/mês teremos:

$500 \text{ m}^2 \times 2 \text{ litros/dia/m}^2 \times 0,40 \text{ vezes/mês} \times 30 \text{ dias} = 12.000 \text{ litros/mês.}$

Lavagem de carro

Considerando a frequência de lavagem de carros de 4 vezes/mês e que o gasto seja de 150 litros por lavagem teremos:

$2 \text{ carros} \times 150 \text{ litros/lavagem} \times 4 = 1.200 \text{ litros/mês.}$

Piscina

A piscina tem área de 5m por 8m, ou seja, 40m². Sendo a manutenção da mesma feita 8 (oito) vezes por mês, isto é, frequência de 0,26 vezes/mês e como o consumo de água de manutenção da piscina é de 3 litros/dia/m² teremos:

$3 \text{ litros/dia/m}^2 \times 40 \text{ m}^2 \times 0,26 \times 30 \text{ dias} = 936\text{L/mês}$

Não faremos a manutenção de água da piscina com a água de chuva.

Mangueira de Jardim

Supondo que a mangueira de jardim seja usada em 20 dias por mês teremos:

$50 \text{ litros/dia} \times 20 \text{ dias} = 1.000\text{L/mês}$

Tabela 13-Exemplo de aplicação – Uso externo

Uso externo	Consumo mensal em litros
Gramado ou Jardim	12.000
Lavagem de carro	1.200
Mangueira de Jardim	1.000
Soma total do uso externo=	14.200

Tabela 14- Exemplo de usos interno e externo de uma casa que pode ser usada água de chuva

Usos da água na residência	Volumes mensais
Uso interno	7.290 litros
Uso Externo	14.200 litros
Total	21.490 litros

A captação de água de chuva poderá ser usada mensalmente 7.290litros para uso interno e 14.200 litros para uso externo, totalizando 21.490 litros/mês, conforme Tabela (14).

Usando o Método de Rippl conforme Tabela (15) o reservatório terá no máximo o volume de 26m³.

Tabela 15- Método de Rippl

Mês	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m³)	Área de Captação (m²)	Volume de Chuva Mensal (m³)	Diferença entre Demanda e Volume de Chuva (m³)	Diferença Acumulada da Coluna 6 dos Valores Positivos (m³)
Janeiro	272	22	450	97	-75	
Fevereiro	243	22	450	87	-65	
Março	223	22	450	80	-58	
Abril	89	22	450	31	-9	
Maio	92	22	450	32	-10	
Junho	47	22	450	16	6	6
Julho	40	22	450	14	8	14
Agosto	30	22	450	10	12	26
Setembro	82	22	450	29	-7	19
Outubro	121	22	450	43	-21	-1
Novembro	114	22	450	40	-18	
Dezembro	216	22	450	77	-55	
Total	1569	264		556		

19. Bibliografia e livros consultados

- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público*. NBR 12213 de abril de 1992.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água*. NBR 12211 de abril de 1992.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Instalação predial de água fria*. NBR 5626 de setembro de 1999.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Instalações prediais de águas pluviais*. NBR 10844 de dezembro de 1989.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público*. NBR 12216 de abril de 1992.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público*. NBR 12217 de julho de 1994.
- ABNT (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). *Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público*. NBR 12214 de abril de 1992.
- BOTELHO, MANOEL HENRIQUE CAMPOS E RIBEIRO JR, GERALDO DE ANDRADE. *Instalações Hidráulicas prediais feitas para durar- usando tubos de PVC*. São Paulo: Pro, 1998, 230 p.
- MACEDO, JORGE ANTONIO BARROS DE. *Subprodutos do processo de desinfecção de água pelo uso de derivados clorados*. Juiz de Fora, 2001, ISBN 85-901.568-3-4.
- MAY, SIMONE. *Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificação*. Dissertação apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em engenharia. São Paulo, 2004.
- MINISTERIO DA SAUDE. Portaria 518 de 25 de março de 2004. *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências*.
- TEXAS, *The Texas Manual on Rainwater Harvesting*, 3ª edição 2005, Austin, Texas, 88 páginas.
- THOMAS, TERRY E REES, DAI. *Affordable Roofwater Harvesting in the Humid Tropics*. International Rainwater Catchment Systems Association Conference, 6 a 9 de julho de 1999, Petrolina, Brasil.
- THOMAS, TERRY et al. *Bacteriological quality of water in DRWH- Rural Development*. Germany: 2001, Rainwater International Systems de 10 a 14 de setembro de 2001 em Mannheim.
- TOMAZ, PLÍNIO. *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. Navegar Editora, São Paulo, 2005, 2ª ed., 180p. ISBN 85-87678-23-x.
- TOMAZ, PLÍNIO. *Conservação da água*. Editora Parma, Guarulhos, 1999, 294 p.
- TOMAZ, PLÍNIO. *Previsão de consumo de água- Interface das instalações prediais de água e esgotos com os serviços públicos*. Navegar Editora, São Paulo, 2000, ISBN 85-87678-02-07, 250p.
- VICKERS, AMY. *Handbook of Water Use and Conservation*. Massachusetts, 2001, ISBN 1-9315579-07-5, WaterPlow Press, 446p.



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

Levantamento dos riscos do consumo de água de chuva captada de telhados contendo fibrocimento de amianto.

Elizabeth Szilassy – técnica da Associação Menonita de Assistência Social AMAS
Email: bethamas@mcc.org.br

Resumo

O Programa Um Milhão de Cisternas Rurais P1MC da Articulação no Semi-Árido Brasileiro ASA desenvolve a construção de cisternas no meio rural. A água de chuva é captada dos telhados das residências e encanada para a cisterna construída ao lado da casa. Este água recebe tratamento para se tornar potável. Com receio de causar contaminação da água armazenada, a Coordenação Executiva CE da ASA tem proibida a construção de cisternas em residências com telhados de amianto. Porém um levantamento bibliográfico até o presente momento não constatou a contaminação da água por este meio. O risco do amianto à saúde é principalmente por inalação das fibras, causando asbestose e câncer do pulmão. A legislação brasileira sobre água de consumo não comenta sobre contaminação com a substância amianto. A legislação americana permita a concentração de 7 milhões de partes de amianto de 10 micrometros de comprimento por litro de água. Existe a possibilidade de realizar um estudo sobre a contaminação de água de chuva coletada de telhados de amianto na comunidade de Chã das Padeiras, município de Lagoa dos Gatos, localizada na microrregião Agreste Central de Pernambuco, com o apoio do Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Pernambuco UFPE, campus Agreste.

Introdução

O Programa Um Milhão de Cisternas Rurais P1MC da Articulação no Semi-Árido Brasileiro ASA tem como uma das suas metas, a construção de cisternas no meio rural no semi-árido para captar água da chuva dos telhados das residências e armazenar em cisternas para consumo humano nos períodos de estiagem. Durante os cinco anos da execução do programa quase 200.000 famílias foram beneficiadas, com apoio principalmente do Ministério de Desenvolvimento Social MDS Programa Fome Zero. O P1MC tem se esforçado para garantir a captação de água de qualidade para a população rural, incluindo um processo de Capacitação das Famílias em Gerenciamento de Recursos Hídricos. As cisternas são reservatórios de concreto, cilíndrico, fechadas com capacidade de 16.000 L. A retirada da água é através de uma bomba manual para evitar a contaminação da água com a balde ou a corda. Uma outra fonte de contaminação poderá ser o telhado donde a água de chuva é captada. A Coordenação Executiva CE da ASA no Circular Nº. 05 / 2006 de 27/11/2006 estabeleceu Critérios de Seleção das Famílias no P1MC. Entre eles, não podem ser construídas cisternas em casas com telhados de amianto, zinco, palha ou outro material que não seja telhas de barro, cerâmica.

Na microrregião Agreste Central de Pernambuco existem várias famílias cujas residências são cobertas com telhas de amianto. Assim, essas famílias são excluídas do P1MC. Entre as

famílias de baixa renda na microrregião Agreste Central de Pernambuco, a coberta com telha de amianto tem sido uma prática comum, sendo que se gasta menos do que com telhado de cerâmica, principalmente com emadeiramento, usando apenas linha e nada de caibro ou ripa. A desvantagem deste telhado é que tem menos ventilação e a residência fica mais quente do que se fosse coberta com telha de cerâmica.

Características do amianto

O amianto ou asbesto é um grupo de minerais sílicas, fibroso, inorgânico, ocorrendo naturalmente. O Brasil é o terceiro país em produção deste minério, principalmente no estado de Goiás. O amianto foi um dos minerais mais utilizados pela indústria durante o século passado. Está em caixas de água, lonas e pastilhas de freio dos carros, telhas e pisos, tintas e tecidos antichamas, e foi usado como insulador e em filtração. Tão resistente quanto o aço, é imune ao fogo. A telha de fibrocimento tem 90 % cimento e 10 % de amianto crisotila.

O amianto e riscos de saúde no processo de produção

Quando processado, o amianto separa em fibras finas e compridas. Porém a inalação das fibras do amianto por longos períodos e elevadas concentrações permite que as fibras pequenas penetrem no tecido dos pulmões e outras membranas no corpo, causando doenças como a asbestose, o câncer nos pulmões, a mesotelioma, e o câncer da membrana que envolve os pulmões (pleura). Na asbestose as fibras do amianto alojam-se nos alvéolos e comprometem a capacidade respiratória. A exposição ao amianto aumenta em até dez vezes o risco de contrair câncer do pulmão. No levantamento bibliográfico constatou que o risco à saúde é causado pela ingestão das fibras de amianto por via respiratória, que acontece com trabalhadores nas indústrias de mineração e produção de amianto. Foram consultadas páginas do Instituto Nacional de Câncer, o Ministério da Saúde, Ambiente Brasil, Agencia Brasil de Notícias, Agencia de Proteção Ambiental (EPA) entre outras.

Devido ao perigo do amianto à saúde humana, foi criado o movimento internacional Ban Asbestos, que conseguiu proibir o uso de amianto em mais de quarenta países ao longo dos anos 90. No Brasil foi fundada em 1995 a Associação Brasileira de Expostos ao Amianto (Abrea) que congrega pessoas que sofrem com contaminação de amianto no pulmão, trabalhadores das fábricas onde foi usado o amianto. No Brasil os fabricantes, Brasilit e Eternit, do grupo francês Saint-Gobain, multinacional que domina mais de 50% do mercado brasileiro de amianto, iniciaram a fabricação de telhas sem amianto no ano 2004, mas ainda continuam fabricando telhas e caixas de água com amianto. Também existe a fabricação de fibrocimento com fibra vegetal (de bananeira, sisal, coco, eucalipto ou outras plantas) comercialmente conhecida como Onduline.

Existem problemas de saúde por ingestão de água captada em telhados de amianto?

Apesar dos perigos do amianto por inalação, não há relatos de contaminação por ingestão de água captada em telhados de amianto. A coordenação da Unidade Gestora Microrregional UGM do P1MC Cáritas Diocesana de Caruaru questionou a Coordenação Executiva CE da ASA no início do mês de Março 2007 o porquê desta proibição. Na reunião mensal da CE realizada nos dias 08 e 09 de Março a CE reafirmou sua posição pela não construção de cisternas em casas com telhados de amianto, permitindo apenas o uso da telha de cerâmica e decidiu estudar o assunto com maior profundidade. Até a presente data, a CE não se pronunciou mais sobre o assunto.

Com respeito à legislação brasileira, a Portaria Nº. 518 do Ministério da Saúde de 25/03/2004 estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A Tabela 3 do Artigo 14 relata o padrão de potabilidade para substâncias químicas inorgânicas que representam risco a saúde. Na lista não consta a substância amianto.

Na legislação americana, a Agência de Proteção ao Meio Ambiente (Environmental Protection Agency EPA) determina para água potável o Nível Máximo de Contaminantes. No caso de amianto, o máximo permitido de fibra maior de 10 micrometros é 7 milhões de fibras por litro de água. Segundo a EPA os efeitos potenciais na saúde pela ingestão de água contaminada com amianto é um risco maior de desenvolver polips intestinais benignos.

No dia 13/06/2007 foi consultado o Dr. Pedro Alem Sobrinho, pesquisador e autoridade em Qualidade de Água, da Universidade de São Paulo USP, e um dos elaboradores da Portaria Nº. 518 do Ministério da Saúde, que se trata da Qualidade de Água para consumo humano. O mesmo foi consultado para se pronunciar a respeito do risco de contaminação por consumo de água captada de telhado de amianto. Na sua resposta no dia 14/06/2007 informou que foi proibido o uso de tubos e reservatórios de fibrocimento com amianto porque existia o potencial de carcinogenicidade pelo consumo da água transportada e / ou reservada com o uso de fibrocimento. A Campanha de Tecnologia de Saneamento Ambiental CETESB da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, também elaborou um trabalho sobre os riscos de contaminação de água com amianto, cujo conteúdo está sendo consultado. Também foi indicado um trabalho acadêmico do International Program on Chemical Safety IPCS INCHEM, mas mostrou os mesmos riscos para amianto (inalação e não ingestão de água). A Agency for Toxic Substances and Disease Registry ATSDR também mostrou trabalhos acadêmicos com os mesmos riscos para saúde (inalação e não ingestão de água). O livro indicado Water Quality and Treatment não está disponível no internet, apenas está à venda por Amazon Books. O Water Quality Criteria da EPA não acrescenta nada de novo sobre amianto. Levando em conta a sua resposta, existe a possibilidade de realizar um estudo sobre níveis de amianto em água de chuva captada de telhados de amianto e armazenada em cisternas do P1MC.

Resultado do levantamento e conclusão para o P1MC

Por isso, a coordenação da UGM Cáritas Caruaru entrou em contato no mês de Abril de 2007 com o Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Pernambuco UFPE, Campus Agreste solicitando informação se realmente existe risco à saúde pela captação de água de chuva de telhados de amianto. O mesmo solicitou da UGM Caruaru no mês de Maio de 2007 os nomes das famílias com cisternas construídas em casas com telhado de amianto, a fim de realizar um estudo se existe perigo de contaminação. A Comissão Municipal do P1MC de Lagoa dos Gatos identificou quatro famílias com telhados de amianto, todas localizadas na comunidade de Chã das Panelas. Porém até o presente momento não foi possível realizar o estudo, precisando definir a metodologia para análise da água coletada para averiguar a presença de amianto. É proposto a aplicar os padrões metodológicos para a análise de água da American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation: Com a metodologia de transmissão elétron microscopia pode-se determinar o grau de contaminação de amianto na água.

Referencias Bibliográficas

A maldição do amianto, Época - Edição 152.
www.epoca.globo.com/edic/20010416/brasil8a.htm

<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=residuos/index.php3&conteudo=/residuos/artigos/amianto.html> Amianto: proibição, uso controlado ou imobilização?

Marco Antonio Utrera Martines, Daniela Grando Sidney, José Lima Ribeiro e Younes Messadeq*

Associação Brasileira de Expostos ao Amianto. www.abrea.com.br/

Environmental Protection Agency, Maximum Contaminant Levels, Drinking Water Contaminants, National Drinking Water Regulations. Asbestos, Consumer Fact sheet. URL: http://www.epa.gov/safewater/contaminants/dw_contamfs/asbestos.html (13/06/2007).

INCA Instituto Nacional de Câncer – Ministério da Saúde. Amianto. http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?ID=15 14/06/2007.

Marina Júlia de Aquino, A desinformação custa caro, Instituto Brasileiro do Crisótila. www.jornaldamidia.com.br/noticias/2006/

Ministério da Saúde, Portaria Nº. 518 de 25 de Março de 2004. www.dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm

O custo das alternativas de substituição do telhado de cimento amianto. www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/ São Paulo, Janeiro, 2000.

O fantasma do amianto, um mal invisível. proex.reitoria.unesp.br/informativo/WebHelp/2001/edi_o03/edi03_arq13.htm - 33k

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Nº. 2570 'Asbestos'. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 1999.

Telha de fibrocimento vegetal www.inventabrasilnet.com.br



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA AGROPECUÁRIA: CONSUMO ANIMAL

Gherman Garcia Leal de Araújo¹ e Luiz Gustavo Ribeiro Pereira²

¹Zootecnista, Pesquisador Embrapa Semi-Árido, Bolsista CNPq, ggl@cpatsa.embrapa.br;

²Médico Veterinário, Pesquisador Embrapa Semi-Árido, luiz.gustavo@cpatsa.embrapa.br

End. BR 428, km 152, Caixa Postal:23, 56302-970, Zona Rural, Petrolina-PE

INTRODUÇÃO

Metade das áreas úmidas do mundo foi destruída nos últimos cem anos, por conta das transformações do meio ambiente promovidas pelos seres humanos. Segundo informações da Organização Mundial da Saúde, a água já é escassa para um bilhão de habitantes do planeta. Se não forem adotadas medidas urgentes, um terço da população poderá ficar sem água apropriada para consumo até 2025. Assim, o fornecimento de água potável para todos é o grande desafio da humanidade para os próximos anos. Há 50 anos, éramos dois bilhões e meio de habitantes no planeta. Hoje somos mais de seis bilhões; isso mostra que a população mundial mais que dobrou nas últimas cinco décadas (Educarede, 2007).

Segundo o IBGE, (2005), o Brasil apresentava um rebanho de 207 milhões de bovinos, 34 milhões de suínos e 4,2 bilhões de frangos abatidos/ano, além disso o país conta com aproximadamente mil produtores de camarão com uso de 16.600 ha de viveiros (ABCC, 2006). A produção de pescado foi de 180 mil toneladas em 2004, o que representou um crescimento de 2% em relação ao ano anterior (MMA, 2005).

Se, de um lado, as populações de seres humanos e de animais crescem dessa maneira, o mesmo não acontece com a água doce disponível. A quantidade de água que existe na Terra não se modifica ao longo do tempo: no vaivém natural do seu ciclo, a água se transforma em vapor e este se condensa ou solidifica, voltando à superfície em forma de chuva, orvalho, neve ou mesmo granizo. As transformações da água na natureza são muitas e permanentes; porém, a quantidade total do planeta se conserva, ou seja, não aumenta nem diminui (Educarede, 2007).

De acordo com o professor de sistemas de irrigação e drenagem do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Brasília (UnB), Demetrios Christofidis, a agropecuária no Brasil responde por 69% do volume de água retirado dos mananciais. O abastecimento doméstico e a atividade industrial são, na sequência, os maiores usuários, com 21% e 18%, respectivamente, de volume utilizado. Os dados são de 2002 (Cristina, 2006).

A irrigação, por exemplo, segundo dados da Agência Nacional de Águas (ANA) de 2005 responde por 69% dos usos. As categorias seguintes, de acordo com estudos da agência que regula o uso da água, são o uso urbano (11%), o abastecimento animal (11%), o uso industrial (7%) e o abastecimento rural (2%). Os percentuais correspondem às vazões efetivamente consumidas (Cristina, 2006).

A atividade pecuária intensiva é consumidora direta de recursos hídricos. Além da água para dessedentação, também se deve computar a água utilizada para higiene dos animais, limpeza das instalações e controle térmico do ambiente. A produção industrial de aves e suína é totalmente confinada e tem grande impacto tanto no consumo hídrico quanto na produção de dejetos. Do rebanho bovino, estima-se que em torno de 10% do rebanho sejam criados em sistemas intensivos com elevado uso de água obtida pela intervenção do homem. A criação intensiva de peixes e camarão também faz uso da água para sua produção (Fraiha, 2006).

PROPRIEDADES E FUNÇÃO DA ÁGUA

A água Compreende cerca de 70% da carcaça desengordurada dos animais adultos, variando pouco entre os mamíferos. É um constituinte ativo e estrutural, sendo o componente corporal com maior taxa de reciclagem, participando como veículo dos nutrientes na digestão, absorção, e excreção. As reações enzimáticas que ocorrem na digestão e no metabolismo, em grande parte, implicam em adição (hidrólise) ou subtração de moléculas de água ao substrato (Nunes, 1998).

Exerce ainda importante papel na regulação da temperatura corporal, por causa do seu alto calor específico, é capaz de absorver o calor produzido nas reações com um mínimo de elevação da temperatura corporal, dissipando-o para a pele, pulmões e luz intestinal (Nunes, 1998).

A alta tensão superficial da água auxilia na coesão das células e a manutenção das articulações. A água é o constituinte principal de líquidos orgânicos particulares: sinóvia, humor aquoso, cefalorraquidiano, perilinfa e amniótico, onde exerce ação lubrificante e de proteção (Nunes, 1998).

INGESTÃO DE ÁGUA POR DIFERENTES ESPÉCIES ANIMAIS

Tendo em vista a grande variedade de suas funções e a magnitude de seus requisitos, a água pode ser considerada o nutriente essencial mais importante para os animais. A água é o maior constituinte do corpo, e a manutenção estável de sua quantidade é rigidamente controlada nos mamíferos e aves. O corpo humano pode perder praticamente toda a gordura e acima da metade da proteína e sobreviver, enquanto a perda de um décimo da água pode resultar em morte. O mesmo pode ocorrer com os animais domésticos, variando entre as espécies a capacidade de perdê-lo.

A água está distribuída no corpo animal de forma heterogênea, de maneira a manter o equilíbrio dinâmico entre os compartimentos do organismo. A água

intracelular representa mais de 45% do peso vivo enquanto o conteúdo extracelular aproximadamente 20%. O funcionamento normal do organismo se faz à custa de perdas ininterruptas de água que devem ser repostas constantemente através da água de bebida principalmente.

O consumo de água pelas diferentes espécies animais depende de diferentes fatores fisiológicos e ambientais, conforme citações de Melo (2007).

· BOVINOS DE LEITE

Dos animais domésticos, a vaca leiteira é que mais sofre com uma deprivação de água, primariamente pela grande excreção no leite. O corpo contém, em média, de 55 a 65% de água. Em temperatura elevada recusam alimento a partir do quarto dia de deprivação e a perda de peso pode chegar a 16%. O aumento da temperatura ambiente eleva o consumo de água, sendo 27-30°C a faixa em que ocorre diferença marcante de consumo. O aumento da umidade do ambiente reduz o consumo de água, porque reduz a evaporação corporal. Dietas com alto conteúdo de fibra indigestível promovem grandes perdas de água nas fezes, o que aumenta a ingestão de água (Nunes, 1998).

Tabela 1 Consumo de água pelo gado leiteiro nas condições do Brasil Central

Categoria	Consumo Litros/cab/dia	Desvio Padrão
Vacas em lactação	62,5	15,6
Vacas e novilhas no final da gestação	50,9	12,9
Vacas secas e novilhas gestantes	45,0	12,9
Novilhas em idade de inseminação	48,8	14,4
Fêmeas desmamadas até inseminação	29,8	7,2
Bezerros lactantes (em baias)	1,0	0,4
Bezerros lactantes (a pasto)	11,2	3,0

Fonte: NUNES (1998)

· BOVINOS DE CORTE

Considerando-se bovinos de dois anos, a necessidade mínima é de 45 litros/cab/dia ou cerca de 8-9 litros/100 kg de peso vivo, em condições de manejo adequado.

· OVINOS

A ovelha gestante aumenta o consumo a partir do terceiro mês, dobra no quinto mês. A ovelha lactante tem o dobro do consumo que a não lactante. A baixa disponibilidade de água é acompanhada por severa depressão no consumo de alimentos e predispõe as ovelhas a toxemia gravídica (ou doença da gestação).

A adequada ingestão de água é essencial para a excreção de substâncias tóxicas, tais como oxalatos, amônia e sais minerais. A água a zero grau suprime a atividade microbiana ruminal por 4 horas após a ingestão, diminuindo a taxa de produção (Nutrient, 1985 citado por Nunes 1998). Se mantidos em pastagens de qualidade média, o consumo em clima temperado chega a 4,0 litros/cab/dia, e 5-6 litros/cab/dia, em clima quente. (Silva, 1989 citado por Nunes, 1998)

· EQUINOS

De 30 a 45 litros para adultos ou 2-3 litros por kg de matéria seca consumida. Éguas em lactação, cerca de 57 litros/dia. Existe estreita relação entre clima, exercício e consumo de água. Assim, cavalos podem consumir entre 65 litros de água, com temperatura entre 13-15°C e UR% de 72%, e 80 litros quando temperatura de 21°C e UR de 58%.

A variação em função do trabalho vai de 37 litros de água, para cavalos em repouso, e até 58 litros para cavalos em trabalho pesado (Silva, 1989 citado por Nunes, 1998). Beber água entre os potros é muito raro, a menor idade em que se observou um potro beber foi três semanas (Crowell-Davis et al., 1985 citados por Nunes, 1998).

· CAPRINOS

Dos animais domésticos, a cabra é dos mais eficientes no uso da água, aproximando-se do camelo quanto à reduzida taxa de reciclagem por unidade de peso corporal. É capaz de conservar água pela redução das perdas na urina e nas fezes. O consumo de água nos alimentos é alto, dado à seleção e ingestão de brotos. Segundo Silanikove (2000), as raças Black Bedouin e a Barmer, só bebem água na frequência de uma vez a cada quatro dias.

· SUÍNOS

Segundo Brooks et al. (1984) citado por SUINO.COM (2002), o consumo de alimento diário é considerado o melhor preditor individual do consumo de água para suínos entre três e sete semanas de idade. A relação é descrita pela equação: **Consumo de água (L/dia) = 0,149 + (3,053 x Consumo MS(kg))**

Uma combinação do consumo de alimentos com o peso corporal foi descrita pela equação:

Consumo de água (L/dia) = 0,788 + (2,23 x Cons. MS (kg)) + (0,367 x PC^{0,60})

A necessidade de água pelos suínos varia em função da idade, estado fisiológico, tipo e quantidade de ração ingerida.

Tabela 2. Consumos de água pelos suínos em diferentes fases

	Fases	Consumo litros/cab/dia
Desmamados	6Kg	0,2-0,8
	10Kg	1,4-4,2

Crescimento	25Kg	1,9-4,5
	50Kg	3,0-6,8
Porcas	Lactação	14,0-32,0
	Gestação	7,0-18,0

Fonte: SUINO.COM (2003)

· COELHOS

Segundo Andriguetto et al. (1986), coelhos adultos consomem 0,25 litros/cab/dia; fêmeas pouco antes do parto 1,00 litros/cab/dia; fêmeas com oito láparos (3 semanas) 1,00 a 1,25 litros/cab/dia; fêmeas com seis láparos 2,00 litros/cab/dia.

· AVES

No início da vida a ave é muito sensível à desidratação. Só a deficiência de oxigênio é mais crítica que a falta de água. Basta lembrar que a perda de 10% de água em relação ao peso corporal leva o pintinho à perda de peso e induz à desidratação, e 20% de perda das reservas de água do organismo, leva a ave à morte. Daí a importância do planejamento do manejo da água nos projetos avícolas, devendo ser atendida a demanda do consumo. Importante também é prever o aumento de consumo em condições adversas, como no caso de stress pelo calor, quando o consumo de água praticamente dobra.

Tabela 3. Quantidade de água necessária para o alojamento de frangos de corte em dois ambientes distintos

CONSUMO DE ÁGUA (LITROS)		
	Ambientes Termôneutro	Calor
Consumo/Ave/Período*	9 - 10	18 - 20
Consumo/1000 Aves/Período	9.000 - 10.000	18.000 - 20.000

Fonte: BUTOLO (2005), * período - 1 à 49 dias de idade.

CAPACIDADE DE SUPORTE FORRAGEIRO E HÍDRICO DE PEQUENAS UNIDADES DE PRODUÇÃO ANIMAL NO SEMI-ÁRIDO

A pecuária, pela sua menor vulnerabilidade aos efeitos da seca, tem se constituído no principal fator de fixação do homem no semi-árido. Estudos mais recentes desenvolvidos pela Embrapa Semi-Árido, envolvendo produtores de 107 municípios do semi-árido, comprovam esta tendência, ao constatar um crescimento na renda, à medida que se eleva a participação da atividade pecuária na unidade produtiva.

Na verdade, as lavouras, de uma maneira geral, têm sido consideradas como um sub-componente dos sistemas de produção predominantes, em face de sua maior fragilidade às limitações ambientais. Entretanto, é fato que a grande maioria dos caprinos-ovinocultores da região semi-árida, são também agricultores. Culturas como “milho” e “feijão”, principalmente, são de extrema

importância na alimentação da família e é muito difícil conseguir desatrelar a agricultura da pecuária, na região (Araújo, 2003).

Logo, é importante que se tenha o devido conhecimento do suporte forrageiro e hídrico das propriedades para que se possa garantir a eficiência das atividades agrícolas e pecuária.

Porto 2002, visando gerar informações sobre o perfil dos produtores rurais do município de Petrolina-PE, fez um levantamento em 65 associações de produtores para obter a média de área plantada de cultivos alimentares e comerciais, a média das áreas de pastagens, a média do número de animais e diante dessas informações estimar a capacidade de suporte forrageiro das mesmas.

No total de áreas plantadas com cultivos alimentares e comerciais, Porto 2002, observou média de 3,78; 18,16; 31,70; 14,28; 0,56; 8,82 e 6,11 ha de algodão; feijão; milho; feijão/milho; gergelin; mandioca e mamona, respectivamente. Para as culturas forrageiras foram observadas média de áreas plantadas ou existentes de 71,21; 1,96; 2,35; 0,30; 1,34; 0,70; 1,05; 0,11; 15,15 e 3,16 ha de capim buffel; capim corrente; capim elefante; guandu; maniçoba, leucena; melancia forrageira; milheto, palma forrageira e sorgo, respectivamente. Quanto ao plantel pecuário observou-se média por associação de 143; 889; 392; 27; 92 e 350 cabeças de bovinos; caprinos; ovinos; animais de serviço; suínos e aves, respectivamente.

Estimando a capacidade de suporte das 65 associações, Porto 2002, pode verificar o déficit forrageiro das unidades produtivas (associações) que ficou em torno de 8,33 unidades animal, ou seja, mais de 60% da capacidade. Essa situação do município de Petrolina-PE pode ser extrapolada para boa parte dos sistemas produtivos pecuário no semi-árido nordestino.

Tomando como base a média do plantel de animais acima mencionados, encontrados nas associações de sequeiro no município de Petrolina-PE, e utilizando os dados de demanda de água citado acima, para os diferentes animais, a estimativa de demanda de consumo de água para 365 dias (um ano), seria de: 1.826.825, 1.946.910; 858.480; 295.650; 302.220 e 26.061 litros de água, respectivamente, para os bovinos; caprinos; ovinos; animais de serviço; suínos e aves, com uma demanda total por ano de 5.256.146 litros por associação. Desse valor total pode-se subtrair a quantidade de água ingerida como parte dos alimentos. Quanto mais úmido o alimento menor o consumo da água ingerida *in natura*.

Cavalcanti e Resende (2001), avaliando barreiros e a finalidade da água armazenada na região semi-árida da Bahia, observaram que, em três comunidades, o número médio de famílias existentes era de 24, e em média existiam 10 barreiros por comunidade, com capacidade média de 2.775 m³, para um período médio de armazenamento de 7 meses, sendo a água utilizada tanto para consumo humano como animal. Os pesquisadores relataram também que os barreiros foram construídos sem planejamento do volume necessário para o atendimento da demanda de água das famílias rurais.

Mesmo com as poucas informações que dispomos na literatura quanto a capacidade hídrica das propriedades rurais no semi-árido, podemos afirmar que o déficit hídrico é extremamente alto e compromete a produção animal na maioria expressiva das unidades produtivas.

Ressalta-se também que além da quantidade de água necessária, deve-se avaliar a qualidade da água disponível, que geralmente encontra-se comprometida. Brito et al. (2006), relataram que no Semi-Árido brasileiro, durante vários meses do ano, o gado consome água com qualidade inferior quando comparadas às de consumo humano e vegetal. Isto, em virtude de no período das chuvas as águas das fontes hídricas se apresentarem turvas, em consequência da presença de material em suspensão como as argilas, areias, resíduos orgânicos e minerais, entre outros.

No período seco a qualidade das águas é afetada pelas elevadas taxas evapotranspirométricas da região, 2500 mm anuais (Embrapa Semi-Árido, 2005), que contribuem tanto na redução do volume de água disponível quanto na concentração de solutos, principalmente sais. Do ponto de vista da salinidade, águas com altos teores de sais, assim como aquelas que contêm elementos tóxicos, representam perigo para os animais, podendo afetar a qualidade da carne e do leite produzidos, a ponto de torná-los inadequados ao consumo, como também provocar distúrbios fisiológicos e morte dos animais, com conseqüentes perdas econômicas (Ayers e Westcot, 1991; Colacelli, 1997), todos citados por Brito et al. 2005.

Na tabela 4 são apresentadas as classificações da água quanto aos teores de sais e suas respectivas implicações no consumo e produção animal. Já na tabela 5 são apresentados os teores toleráveis de algumas substâncias potencialmente tóxicas quando presente na água.

Tabela 4. Salinidade e qualidade da água para consumo animal

Salinidade (dS/m)	Classificação	Observações
< 1,5	Excelente	Pode ser utilizada para todos os animais
1,5 a 5,0	Muito Boa	Pode ser utilizada para todos os animais. Ocasionalmente pode causar diarreia temporária em animais que não estão acostumados com este tipo de água.
	Muito Boa para ruminantes e ruínos	Pode causar diarreia temporária e ser inicialmente refugada por animais não acostumados com este tipo de água
5,0 a 8,0	Inadequada para avicultura	Causa diarreia aquosa, aumenta a mortalidade e reduz o desempenho, principalmente de perus

8,0 a 11,0	Limitada para ruminantes, equinos e suínos	Razoável para gado de leite e de corte, ovinos, caprinos, suínos e eqüinos. Deve ser evitada para animais em gestação e lactação.
11,0 a 16,0	Inadequada para avicultura Utilização muito limitada	Não aceitável na avicultura Não aceitável para a avicultura e suinocultura. Risco considerável para vacas em gestação e lactação, eqüinos, ovinos e animais jovens. Em condições extremas pode manter vivo ruminantes, eqüinos, aves e suínos adultos.
>16,0	Não recomendada	Risco de utilização alto. Sem condições de uso para todas as espécies

Fonte: RUNYAN e BADER (1994)

Tabela 5. Teores tóxicos de algumas substâncias na água de bebida dos animais domésticos

Constituinte	Limite máximo (mg/l)
Alumínio	5,0
Arsênio	0,2
Berilo	0,1
Boro	5,0
Cádmio	0,05
Cromo	1,0
Cobalto	1,0
Cobre	0,5
Flúor	2,0
Chumbo	0,1
Manganês	0,05
Mercúrio	0,01
Nitrato + nitrito	100
Nitrito	10,0
Selênio	0,05
Vanádio	0,10
Zinco	24,0

O conhecimento da quantidade de água que se utiliza para a produção animal e vegetal (água virtual), é importante para melhor entender como funciona o comércio internacional entre os países que possuem escassez e os que possuem abundância de recursos hídricos. A partir desse conceito, os pesquisadores sabem o quanto de água virtual os países exportam ou importam e podem encontrar maneiras sustentáveis da utilização deste recurso.

Dados do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior indicam que a exportação de água virtual vem crescendo ao longo dos últimos anos.

Em 2002, o país exportou 52,2 bilhões de metros cúbicos (m^3) de água virtual, em 2003 foram 65,5 bilhões m^3 e no ano seguinte este número subiu para 73,8 bilhões. A pesquisa aponta para o fato de que a agricultura consome 60% do total de água utilizada no país, mais do que o consumo industrial e doméstico juntos.

CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA A PRODUÇÃO ANIMAL

Com objetivo de avaliar a eficiência técnica e econômica da cisterna como reservatório para captação e armazenamento de água para pequenos animais, em especial, os caprinos, (Brito et al. 2006), construíram na área experimental da Embrapa Semi-Árido uma cisterna de placas pré-moldadas, com capacidade de armazenamento de 16 mil litros, de acordo com modelo extensivamente utilizado no Programa “Um Milhão de Cisternas – P1MC”. O sistema funciona por gravidade e é constituído pela área de captação que é uma estrada pavimentada localizada na lateral, ligada a um sistema de filtragem, o tanque de armazenamento e o bebedouro dos animais que regulariza a lâmina de água por um sistema de bóia.

Os pesquisadores observaram alta eficiência do sistema, que com apenas 60 mm de precipitação, ocorrida em três dias, a lâmina de água na cisterna atingiu a cota máxima do sangradouro e extravasou. Quanto aos aspectos econômicos, estabelecendo-se um período de financiamento de 15 anos, uma taxa de juros de 3% ao ano, o custo anual do investimento foi estimado em R\$ 172,63 (cento e setenta e dois reais e sessenta e três centavos). Como a cisterna tem capacidade para 16 mil litros, o custo da infra-estrutura de abastecimento para os caprinos é de apenas R\$ 10,79 por m^3 (dez reais e setenta e nove centavos). Considerando um consumo diário de 4,5 litros de água por animal, por um período de 250 dias, a cisterna dará para atender satisfatoriamente a 14 animais caprinos (Brito et al. 2005). Cada animal terá capacidade de produzir 17,5 kg de carcaça por ano, que vendida a preços de R\$ 5,50/kg, no atacado na propriedade gera uma receita bruta de R\$ 1.347,50 (hum mil, trezentos e quarenta e sete reais e cinquenta centavos) por ano, o que demonstra a viabilidade econômica do sistema (Brito et al. 2005).

Para dimensionamento do sistema de captação de água de chuva, armazenamento e fornecimento aos animais, Brito et al. 2005, relataram que deve-se considerar, inicialmente o número total de animais, o consumo médio por animal e o período sem chuvas, durante o qual os animais beberão água da cisterna. Com estas informações calcula-se o volume de água necessário (V_a). A partir do volume (V_a), com informações sobre precipitações médias da região (P) e da eficiência de escoamento superficial da área (e), determina-se a área de captação (A_c).

A Tabela 6 contém as fórmulas para o cálculo do volume e área de captação necessária para atender a diferentes tamanhos de rebanho caprino, em

períodos de 180 e 240 dias sem chuvas, considerando o consumo média de água por animal de 6 litros por dia; a precipitação média (P) de 400 mm anuais e um coeficiente de escoamento superficial (e) de 0,60, calculado conforme Vilela e Matos (1975) para áreas pavimentadas, citados por Brito et al. 2005.

Pesquisadores da Embrapa Suínos e Aves elaboraram um documento onde discutem os critérios para a captação e armazenamento da água de chuva na avicultura de corte. A demanda de água para o consumo dos frangos varia em função do número de aves, do peso, do nível de nutrição e do clima. O padrão tecnológico dos aviários atualmente utilizados implica no uso de alta densidade de aves/m² (16 aves/m²); bebedouros do tipo “nipple” e no uso de sistemas de resfriamento evaporativo (nebulização) para o conforto térmico de frangos (Perdomo et al. 2003).

A quantidade de água que pode ser coletada depende do tipo e área do telhado, da frequência e intensidade dos ventos, sol e chuvas. De forma geral, o módulo de aviários utilizado na avicultura de corte mede 100 x 12 m e tem inclinação de telhado variando entre 16 a 40%, em função do material utilizado, conferindo uma área de captação de 1.300 a 1400 m². A água resultante deste sistema não pode ser considerada como tratada, portanto, não é recomendada para consumo humano e só deve ser fornecida aos animais em caso de escassez absoluta ou comprometimento da qualidade das fontes convencionais de abastecimento. Sugere-se que seja utilizada para o conforto dos animais e serviços gerais da propriedade (Perdomo et al. 2003).

A Tabela 7 resume as necessidades de água para o consumo e conforto térmico de frangos num aviário padrão, não estando computados a água para os serviços de limpeza.

Tabela 6. Volume de água (L) e área de captação (m²) necessários para consumo de caprinos ou ovinos, em função do número de animais (n), do período seco (dias), precipitação média (P) de 400mm anuais e um coeficiente de escoamento superficial (e) de 0,60.

Nº. Animais (n)	Consumo médio (c) (L/dia)	Quantidade de Água (L/dia)	Período seco (p): (dias)	Volume água período seco: $V_a = n \cdot c \cdot p$		Área captação: $A_c = \frac{V_a}{P \times e} \text{ (m}^2\text{)}$
				(L)	(m ³)	
1	6	6,0	180	1.080	1,08	4,5
	6	6,0	240	1.440	1,44	6,0
10	6	60,0	180	10.800	10,80	45,0
	6	60,0	240	14.400	14,40	60,0
20	6	120,0	180	21.600	21,60	90,0
	6	120,0	240	28.800	28,80	120,0
50	6	300,0	180	54.000	54,00	225,0
	6	300,0	240	72.000	72,00	300,0
100	6	600,0	180	108.000	108,00	450,0
	6	600,0	240	144.000	144,00	600,0

150	6	900,0	180	162.000	162,00	675,0
	6	900,0	240	216.000	216,00	900,0

Fonte: BRITO et al. 2005

Tabela 7. Demanda de água para frangos em aviário padrão (m³), de acordo com a idade¹

Idade Semanas	Diária			Semanal
	Consumo	Resfriamento ²	Total	
1	0,644	-	0,644	4,508
2	1,852	0,349	2,201	15,407
3	3,723	0,698	4,421	30,947
4	5,160	1,395	6,555	45,885
5	6,729	2,025	8,754	61,278
6	7,863	2,475	10,338	72,366
7	8,940	2,700	11,640	81,480
Total por Lote	34,911	9,642	44,553	311,871

1 Calculado com base em 16 aves/m² e bebedouros tipo nipple e, 2 demanda de água para o sistema de nebulização a temperatura ambiental de 32°C

Fonte: PERDOMO et al. 2003

CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA PRODUÇÃO DE FORRAGENS

Para suprir a deficiência de água para diferentes usos no meio rural, como consumo humano, animal e produção agrícola, diferentes alternativas tecnológicas têm sido desenvolvidas e/ou adaptadas, por diferentes instituições de pesquisa, ensino e extensão, para as condições semi-áridas brasileira visando o armazenamento e uso das águas de chuva. Essas tecnologias são extremamente importantes para garantir o ciclo produtivo de diferentes espécies forrageiras, em especial aquelas que detêm alta eficiência na utilização de água.

O método tradicional de cultivo, que consiste da semeadura em covas, é capaz de armazenar certa quantidade de água de chuva e é um sistema aparentemente pouco agressivo ao ambiente, mas como o solo não foi preparado (arado) antes, sua superfície apresenta-se ligeiramente compactada, dificultando a infiltração da água no solo e facilitando o escoamento superficial, que contribui para o processo erosivo.

Portanto, técnicas de preparo do solo, como a captação *in situ*, são as mais recomendáveis, uma vez que além de aumentar a disponibilidade de água, conserva o solo e os fertilizantes no próprio local de plantio.

Existem vários métodos de captação de água de chuva *in situ*, tanto usando tração mecânica quanto animal. Entre eles:

- Aração e Plantio no Plano: aração total da área e semeadura no plano - forma pequenas ondulações no perfil do solo. Este sistema consiste da utilização de arados a tração animal ou a tração motora;
- Sulco Barrado: A captação de água de chuva *in situ* por meio de sulcos barrados consiste de uma aração e sulcamento do solo com 0,75m de distância entre sulcos, seguido da operação de barramento, que são pequenas barreiras dentro do sulco que têm por finalidade impedir o escoamento superficial da água de chuva. Para isto, foi desenvolvido um barrador de sulco tracionado por um só animal, viabilizando a adoção dessa tecnologia pelos pequenos agricultores;
- Guimarães Duque: consiste na formação de sulcos, seguidos por camalhões altos e largos, formados por meio de cortes efetuados no solo em curva de nível, usando um arado de disco reversível com 3 discos. Para confecção dos sulcos, recomenda-se retirar o disco que fica mais próximo dos pneus traseiros do trator.

A captação de água de chuva *in situ* é uma técnica simples e apresenta baixos custos de implantação. No entanto, estes custos são muito variáveis e dependem, principalmente, do equipamento, seja a tração animal ou mecânica, como também do método utilizado.

Além das espécies forrageiras da caatinga, outras espécies introduzidas podem ser cultivadas nos sistemas de captação *in situ*. Gramíneas, leguminosas, forrageiras arbóreas ou arbustivas adaptadas as condições edafo-climáticas da região, parecem ser o ideal para amenizar e superar o problema da estacionalidade de alimento, através do pastejo diferido ou dos processos de conservação e armazenamento de forragens, a exemplo da silagem, que pode garantir maior umidade destes alimentos e consequentemente maior disponibilidade de água para os animais.

Dentre as espécies algumas podem ser consideradas mais promissoras: capim buffel (*Cenchrus ciliaris*); capim corrente (*Uroclora*); pangolão (*Digitaria unfololzi*); grama aridus (*Cynodon dactylon* var. *Aridus*); leucena (*Leucaena leucocephala*); gliricídia (*Gliricídia sepium*); palma forrageira (*Opuntia ficus*); guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh); mandioca (*Manihot esculenta*); erva sal (*Atriplex nummularia* Lindl), entre outras.

O uso da água nas micro-bacias hidrográficas (MBH) do semi-árido do Nordeste brasileiro e o conceito base zero, é uma alternativa para o desenvolvimento sustentável do semi-árido. Segundo Padilha 2000, visa a maximização na utilização de água obtida através da construção de vários barramentos em série. Esses barramentos têm a função de reduzir consideravelmente, durante a estação das chuvas, a velocidade de escoamento das torrentes de água, contendo a erosão laminar e ciliar, formando, áreas com solos agricultáveis e armazenando água no subsolo. Os barramentos atuam também como dessalinizadores, pois a lixiviação do solo reduz a quantidade de sal na água. O Projeto Base Zero é complementado por sistemas gravitacionais de captação, redes de condução, sistema de armazenamento intermediário e distribuição de água.

Como hipótese, relata Padilha 2000, a metade do Polígono das Secas, com 800 mil km², poderia receber 1 a 2 milhões de famílias, gerando cerca de 6 milhões de postos de trabalho rurais – “uma ocupação sazonalmente variável, numa razão de três postos por família, durante quatro a oito meses por ano e dois a três dias por semana. Tal ocupação iria beneficiar, no conjunto, algo como 10 milhões de pessoas no campo, à razão de cinco pessoas por família”. Em cada MBH seria possível sustentar 500 bovinos, 2000 caprinos ou ovinos, 250 colméias, 30 hectares de agricultura sazonal para consumo familiar e 60 hectares de fruticultura de ciclos naturais.

CONSUMO DE ÁGUA VIA ALIMENTOS

A água é um nutriente extremamente importante na vida dos animais e deve ser considerada como tal na alimentação dos mesmos, em qualquer fase da criação devendo ser abundante, limpa, sem contaminantes, fresca com temperatura em torno de 22 °C. A cobertura das necessidades de água é proveniente de três origens: a água de bebida, a água de constituição dos alimentos ingeridos e a água metabólica.

O consumo da água de bebida depende de vários fatores como idade, sal e proteína da dieta, temperatura ambiental e tipo de ração. Um homem adulto, sedentário, necessita de 1 cm³ de água para cada kcal de energia metabolizável ingerida. Isto pode ser estendido aos animais de todas as espécies domésticas, numa dieta de manutenção. Tomando-se como média que 1g de matéria seca de alimento contém 4 kcal de energia metabolizável, pode-se estabelecer que um animal necessita quatro vezes mais de água do que alimento, peso a peso (Nunes, 1998).

A palma forrageira devido as características morfofisiológicas é uma cultura bastante adaptada às condições adversas do semi-árido do Nordeste brasileiro, por este motivo tem sido frequentemente utilizada na alimentação animal e apresenta-se bastante rica em água, mucilagem e resíduo mineral, alto coeficiente de digestibilidade de matéria seca e alta produtividade de matéria seca (Santos et al., 1990). Apresenta alta capacidade de extração de água do solo, chegando a apresentar em sua constituição cerca de 90 a 93% de umidade, o que a torna importantíssima para alimentação animal na região do polígono das secas (Pupo, 1985).

Carvalho et al. 2005, estudaram o efeito da substituição do feno de tifton por palma forrageira sobre o comportamento ingestivo de nutrientes em de vacas da raça Holandesa em lactação. O consumo de matéria seca, o tempo gasto em alimentação e ruminação, a eficiência de alimentação e ruminação (g MS/h) não foram influenciadas pela palma, entretanto o consumo de água diminuiu linearmente a medida que se elevaram os níveis de palma nas dietas (P<0,05). Fato atribuído ao baixo teor de matéria seca da palma. Assim as rações com menor quantidade de líquido fizeram com que os animais ingerissem maior água voluntária (Tabela 8), já que o consumo total de água se dá pela adição da água ingerida voluntariamente pelo animal e a água ingerida através dos alimentos contidos na ração (Carvalho et al. 2005).

Tabela 8. Consumo e exigência de água para vacas em lactação

Variáveis	Níveis de Substituição do Feno (%)				
	0,0	12,5	25,0	37,5	50,0
Água ingerida (l/dia)	100,5	86,31	66,34	49,97	32,80
Água via palma (kg)	-	20,06	37,74	55,22	72,25
Total de água consumida (kg/dia)	100,5	106,40	104,10	105,20	105,00
Exigência Água (kg/dia)*	76,69	84,53	84,00	84,21	83,66
Produção de leite (kg/dia)	15,82	18,37	19,60	20,62	20,50
Consumo MS (kg/dia)	15,87	17,73	16,68	16,24	15,96

Fonte: CARVALHO et al. 2005; * NRC 2001

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A captação e armazenamento da água de chuva para a sustentabilidade dos sistemas de produção animal em todo o mundo e em particular no semi-árido brasileiro já é uma realidade e passará a ser cada dia mais, indispensável para garantir o aporte de água via consumo direto ou através da ingestão dos alimentos.

Os métodos de captação in situ utilizados para garantir a maximização da umidade do solo e consequentemente maior chance de sucesso para os ciclos das espécies forrageiras, bem como uso de cisternas como reservatórios de água para consumo dos animais, ainda são pouco utilizados.

Espécies forrageiras com alta eficiência no uso da água, a exemplo da palma forrageira, e a utilização de métodos de conservação de forragens que garantam a preservação da umidade das mesmas, aliadas aos animais adaptados às condições ambientais, podem aumentar a eficácia dos métodos de captação e armazenamento de água de chuva.

REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et. al. **Nutrição animal**. 3ed. São Paulo:Nobel, 1986. v2, 335-352.

ARAÚJO, G.G.L. Alternativas Alimentares para Caprinos e Ovinos no Semi-Árido In: PECNORDESTE-2003, 04, Fortaleza, CE. **Anais....** Fortaleza, 2003. 18p.

BRITO, L. T. de L. ; PORTO, E. R. ; SILVA, D. F. da ; HOLANDA JUNIOR, E. V. de ; CAVALCANTI, N. de B. . **Água de chuva para consumo animal:**

estudo de caso com caprinos. In: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 5, 2005, Teresina, PI. Anais. Teresina, PI : ABCMAC, 2005.

BUTOLO, J.E. 2005. Bebedouros - Tipos - **Vantagens e Desvantagens.** Disponível em: <http://www.avisite.com.br/cet/6/01/index.shtm>.

CAVALCANTI, N. de B. e RESENDE, G. M. **Avaliação de barreiros e finalidade da água armazenada na região semi-árida da Bahia** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.5 n.3, p 568-570, 2001.

CARVALHO, C.C., FERREIRA, M.A. de. CAVALCANTI, C.V.A., VERAS, A.S.C., SILVA, F.M., AZEVEDO, M. **Substituição do feno de capim tifton (Cynodon spp cv 85) por palma forrageira (Opuntia fícus indica Mill) e comportamento ingestivo de vacas da raça holandesa.** Acta.Sci. Anim. Sci. Maringá, v.27, n.4, p. 505-512, Oct/Dec., 2005

CRISTINA, L. **Agropecuária é a atividade que mais consome água no Brasil,** Agencia Brasil, 2006.

FRAIHA, M. **Consumo hídrico em produção animal intensiva.** In: 3 Simpósio Internacional de Ciência e Tecnologia, 2006, Campinas. 3 Simpósio Internacional de Ciência e Tecnologia. Campinas, 2006.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA Sistema IBGE de Recuperação Automática, **Banco de Dados Agregados.** 2006. Disponível, <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pecua/default.asp>

MELO, T.V. **Água na Nutrição Animal.** Disponível em <http://www.bichoonline.com.br/artigos>. Acesso em 10/05/2007.

MMA-MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE **Estatística da pesca 2004,** Brasil, Grandes regiões e Unidades da Federação, Brasília:MMA, 2005, 136p.

NUNES, I.J. **Nutrição animal básica.** 2 ed. Belo Horizonte: Ed. FEP-MVZ-UFMG, 1998, 388p.

PADILHA, José Artur (2000): "**Base Zero Ano 2000: mudanças de paradigma na produção agroambiental nos trópicos secos**". In: Pedro Sisanando Leite et alii (orgs.). *Reforma agrária e desenvolvimento sustentável.* Brasília, Ministério do Desenvolvimento Agrário/NEAD.

PERDOMO, C.C, FIGUEIREDO, E.A.P., SANGOI, V. Critérios para captação e aproveitamento de água da chuva na avicultura de corte, **Comunicado Técnico,** Embrapa CNPSA, n. 331, Concórdia, 2003.

PUPO, N.I.H. Manual de pastagens e forragens. São Paulo: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985.

PORTO, E.R.P. **Diagnóstico Agropecuário do Município de Petrolina,** Prefeitura Municipal de Petrolina, 2002, 55p.:il.

RUNYAN, C., BADER, J. Water quality for livestock and poultry. In: Water quality for agriculture. **FAO Irrigation and Drainage Papers**, n.29 . FAO, Rome 186p, 1994.

SANTOS, M. V. F.; FARIAS, I. ; LIRA, M. de A.; SANTOS, D. C. dos; NASCIMENTO, M. M. A.; TAVARES FILHO, J. J. . **Colheita da palma forrageira (Opuntia ficus indica Mill) cv. gigante sobre o desempenho de vacas em lactação.** Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Viçosa, v. 27, p. 33-39, 1998.

SILANIKOVE, N. 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. Small Ruminant Research. 35, 181-193.

SUINO.COM. 2002. A importância da água na alimentação. Disponível em <http://www.suino.com.br/nutricao/noticia.asp>

SUINO.COM. 2003. Água durante a gestação e lactação das matrizes suínas - Parte 1. Disponível em <http://www.suino.com.br/nutricao/noticia.asp>



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

RUMO A UM PADRÃO ELEVADO DE QUALIDADE DE ÁGUA DE CHUVA COLETADA EM CISTERNAS NO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO

João Gnadlinger¹

RESUMO: Com quase 200.000 cisternas construídas por meio do P1MC está no caminho de garantir água de beber para a população rural no Semi-Árido Brasileiro. Mas, não basta ter água, é importante ter água potável, com qualidade. A questão da qualidade de água nestas cisternas está em pauta. A Oficina sobre Avanços nos Estudos sobre Cisternas, organizada pela ABCMAC em abril de 2006, publicou recomendações e medidas a serem adotadas para garantir a qualidade de água em cisternas. Assim, esta apresentação objetiva contribuir para dar mais um passo rumo a um padrão elevado de qualidade de água de chuva coletada em cisternas, enfatizando a confiabilidade da água potável, ressaltando questões da “ecologia de cisternas” e a necessidade da implementação de ações seguras de manejo de água de chuva por meio de Planos de Segurança de Água, monitorados a partir das necessidades do usuário, que garantem a avaliação e a diminuição do risco de contaminação. Para isso, toma-se como base as recomendações da referida Oficina, se inclui sugestões do processo de elaboração da 4ª edição das Diretrizes de Qualidade de Água de Beber da Organização Mundial de Saúde e se considera resultados recentes obtidos por instituições internacionais de pesquisa e experiências de organizações não governamentais como o IRPAA.

Palavras-chave: cisternas, qualidade de água, planos de segurança de água.

INTRODUÇÃO

Até pouco tempo o Semi-Árido Brasileiro - SAB era considerado uma região carente de água, que nos períodos de seca, grandes parcelas da população rural só conseguiam ter acesso à água proveniente de barreiros, açudes e poços localizados a longas distâncias de suas residências ou ficavam dependentes de carros-pipa, todas estas fontes ou formas de abastecimento de água para o consumo humano de alto risco de contaminação. Entretanto, este quadro está mudando: O P1MC - Programa de 1 Milhão de Cisternas, executado pela ASA – Articulação no Semi-Árido com 194.922 cisternas construídas (em 2 de julho de 2007), conseguiu fornecer água potável para um milhão de

¹Gestor Ambiental, Presidente da ABCMAC - Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva, Petrolina, PE, Assessor do IRPAA (Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada), Juazeiro, BA
Endereço: Caixa Postal 21, 48903-970 Juazeiro, BA, Tel: +74-3611-6481, Fax: +74-3611-5385, Email: johanng@abcmac.org.br

peças de um total de 8 milhões que vivem na área rural do SAB. Pretende-se cumprir ou até superar uma das “Metas do Milênio”, diminuindo pela metade o número de famílias sem acesso a água potável até o ano de 2015, como proposto pela OMS - Organização Mundial de Saúde e UNICEF. A FAGRO e a Embrapa Semi-Árido (2006) fizeram um levantamento de 3.517 famílias beneficiárias do P1MC, onde foi observado que deste total, 3.422 (97,31%) das famílias estavam plenamente satisfeitas com o melhoramento da situação da água pelo P1MC. Em relação à potabilidade das águas armazenadas em cisternas, 55,3% atenderam ao padrão de água potável, estabelecido pelo Ministério da Saúde.² Numa Oficina organizada pela ABCMAC sobre Avanços nos Estudos sobre Cisternas (Brito & Gnadlinger, 2006) foi constatado que normalmente a qualidade química e física de água de chuva armazenada nas cisternas é boa, superando a água de outras fontes usadas no SAB, e seu sabor é bem aceito. O que é difícil é atingir, sem cuidados específicos, um padrão de qualidade com “zero bactérias coliformes por 100 ml” neste sistema simples de captação de água de chuva para uso doméstico. Esta apresentação demonstra que, em cisternas, várias técnicas simples e de baixo custo e com um monitoramento contínuo podem ser usados para proteger e melhorar a qualidade de sua água. Se estas sugestões forem seguidas, a água de cisternas se enquadra na categoria de baixo risco de contaminação, segundo a OMS (Martinson e Thomas, Austin 2003).

A confiabilidade da água de chuva

No Brasil existe preconceito a respeito da qualidade da água de chuva. A água de chuva ainda hoje é encarada como esgoto, pois usualmente essa água escoia dos telhados para os pisos, carregando todo tipo de impurezas, para um córrego que deságua em um rio/riacho, que, por sua vez, alimenta uma estação de tratamento de água. Neste caso, a água de chuva é confundida com a água superficial, que é a água mais problemática de ponto de vista da qualidade. Não se prevê a captação da água de chuva no ponto onde ela cai, da atmosfera, como é o caso das cisternas do P1MC. Nos últimos tempos, tem-se observado que este conceito vem mudando, tendo sido contemplado no Plano Nacional de Recursos Hídricos como um “bem a ser utilizado no seu potencial pleno”³.

O Relatório Mundial sobre Água Nº 2 (Unesco, 2006, p. 224s), das Nações Unidas, divulgado no 4º Fórum Mundial da Água, dá mais um passo adiante, fazendo uma distinção importante entre fontes de água melhoradas e fontes de água não melhoradas: uma fonte de água melhorada fornece com mais probabilidade água de beber segura do que uma fonte não melhorada, em virtude de sua construção, que protege a fonte de água de contaminação externa, particularmente de material fecal. Fontes da água melhoradas são: água encanada, chafariz, poço tubular, cacimba protegida, fonte protegida e sistema de captação de água de chuva. Fontes de água não melhoradas são: cacimba não protegida, fonte não protegida, água vendida por comerciantes, água proveniente de carro-pipa e água de superfície (proveniente de rio, barragem, lago, barreiro, canal de irrigação). Esta distinção em um relatório da ONU dá à captação de água de chuva o lugar que já teve na história da humanidade, quando fornecia água de beber para civilizações inteiras.

Planos de segurança de água em cisternas

² Este dado não reflete exatamente a potabilidade de água de chuva em cisternas, pois parte destas cisternas era abastecida com água vindo de outras fontes como carros-pipa.

³ “A água de chuva é um bem a ser captado de telhados, do chão e do solo, armazenado e/ou infiltrado de forma segura, tratado conforme requerido pelo uso final, e utilizado no seu potencial pleno, substituindo ou suplementando outras fontes atualmente usadas, antes de ser finalmente dispensada” (Gnadlinger, 2005; Brasil, 2006, Vol. 1, p. 257).

A qualidade de qualquer água é determinada pela qualidade da fonte de água, por sua exposição a contaminantes durante o processo da produção (captação, armazenamento, tratamento) e pela forma como chega ao consumidor. Para garantir água de beber segura, precisa-se de uma estratégia ampla que considere os riscos e o manejo de riscos em todas estas etapas. Assim a qualidade da água da chuva captada em cisternas depende da pureza da atmosfera (que no SAB normalmente é boa), dos materiais usados para construir a área de captação e das impurezas depositadas na superfície do telhado - onde a exposição a raios ultravioletas, calor e dessecação no telhado já elimina grande parte de bactérias contaminadoras -, das calhas e bicas, que conduzem a água para a cisterna, da “ecologia da cisterna”, da maneira como se tira a água da mesma, do contato humano e do tipo de tratamento antes do consumo. Spinks et alii (2003) elaboraram um esquema de seqüência de possível contaminação e de tratamento para água de beber armazenada em cisternas, como é mostrado na Figura 1:

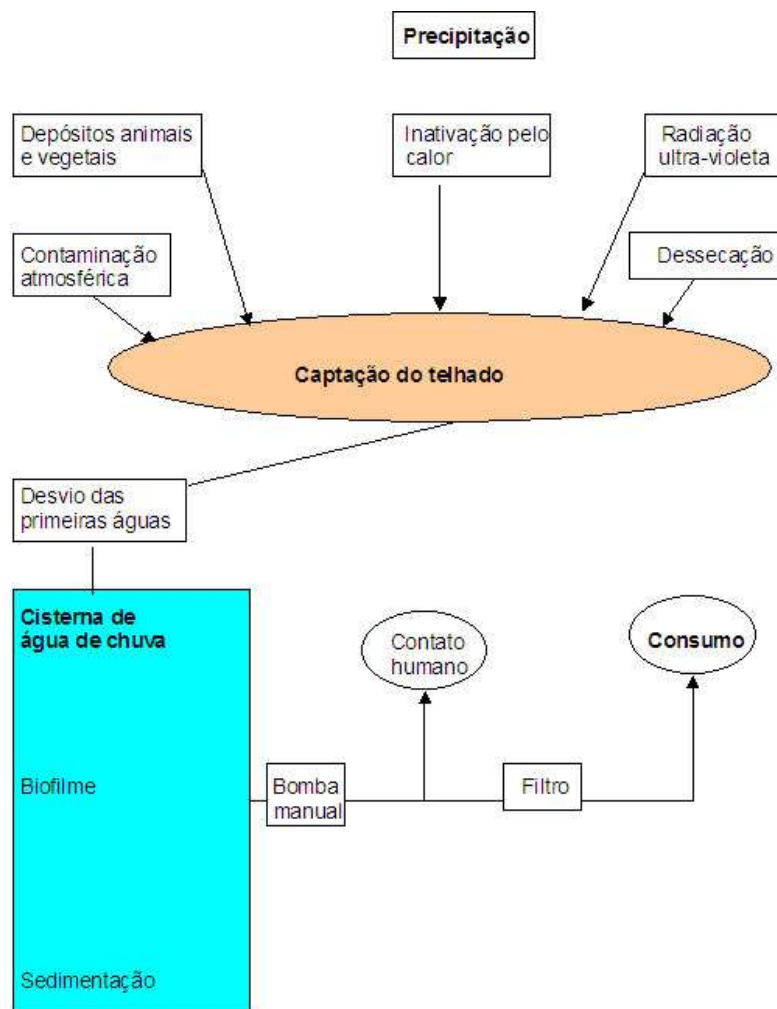


Figura 1: Seqüência de possível contaminação e tratamento de um sistema familiar de captação de água de chuva, compreendendo telhado, desvio da primeira chuva, cisterna, bomba e filtro (Gnadlinger, adaptado segundo Spinks et al, 2003)

Nas Diretrizes de Qualidade de Água de Beber da OMS (WHO, 2003) esta abordagem chama-se de PSA - Plano de Segurança de Água (Water Safety Plan). Abordagens tipo PSA existem para sistemas de fornecimento grandes (como adutoras) e sistemas de fornecimento menores para

comunidades e famílias em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Um PSA tem o controle de qualidade embutido em cada passo do processo de fornecimento de água (da fonte à torneira), e representa uma mudança de paradigma no manejo da água de beber, que antes era focada na detecção da contaminação que já tinha acontecido. Os objetivos de um PSA são minimizar a contaminação de fontes de água, promover a redução ou a remoção de contaminação por meio de processos de tratamento e prevenir de contaminação durante armazenamento, distribuição até o momento do consumo.

Em relação às especificações para água de chuva, as diretrizes da OMS ressaltam: Sistemas de água de chuva, especialmente aqueles que armazenam água em cisternas acima do solo, costumam ser uma maneira relativamente segura de fornecimento de água. As fontes principais de contaminação são pássaros, pequenos animais e sujeiras coletadas nos telhados. O impacto destas fontes pode ser minimizado por medidas simples: “as calhas devem ser limpas regularmente, galhos de árvores pendentes devem ser diminuídos ao máximo porque podem ser uma fonte de poluição e facilitar o acesso à área de captação para pássaros e pequenos animais; os canos de entrada das cisternas devem contemplar coadores/filtros de lixo de folhas. Recomenda-se instalar nas cisternas suportes “desviadores” para eliminar o primeiro fluxo, que não deixam entrar no tanque a água da chuva inicial que lava o telhado (20–25 litros)⁴. Na ausência desses suportes recomenda-se usar bicas separáveis, que podem fazer o mesmo efeito (WHO, 2003). Na Oficina realizada pela ABCMAC, em suas recomendações, consta o desvio das primeiras chuvas como uma barreira de proteção sanitária, como o exemplo de “armadilhas de sujeira”, utilizando garrafas PET em tubulação de PVC e o uso de uma bomba manual, cuja tubulação tira a água a 0,20 m acima do fundo da cisterna. A bomba manual substitui o balde e evita o contato do balde e da corda, muitas vezes sujos, com a água da cisterna.

A qualidade de água depende da “ecologia das cisternas”

Os processos de contaminação e de autodepuração de águas correntes e de águas paradas são bem diferentes. O comportamento de água em cisternas também é diferente do comportamento em águas correntes e normalmente é pouco conhecido (Liebmann, 1962). Fala-se de uma ecologia própria de uma cisterna (Simmons e Heyworth, 1999). A Figura 2 mostra água parada dentro de um copo, logo depois que foi colocada. Pode-se observar que a turbidez está regularmente distribuída em todo corpo de água, além de a poluição mais leve ficar suspensa na superfície da água. A Figura 3 mostra a mesma água depois de um intervalo de 5 horas. O material suspenso continua na superfície, mas a maior parte do material antes distribuído no corpo de água decantou no fundo e o resto da água do corpo ficou transparente. Um processo semelhante, mas, bem mais complexo, acontece numa cisterna, quando entra água poluída. Muitas bactérias se aglomeram com outras substâncias, formando uma micro-camada na superfície e na parede da cisterna, como um biofilme e outros materiais precipitam para o fundo da cisterna. Estes dois processos biofísicos são os que mais beneficiam a qualidade da água armazenada nas cisternas, porque concentram a maior quantidade de contaminantes da água do tanque nestes pontos, ficando o restante da água, no corpo principal da cisterna, bastante limpa (Spinks et al, 2003).

⁴ Não existe consenso sobre o volume do fluxo necessário a desviar: “At the most extreme case all water from the first storm of the new wet season should be thrown away, as the roof will be very dirty after the dry season. After that throwing away the first millimetre of rainfall of each storm is usually sufficient” (Martinson e Thomas, México 2003).



Figura 2: Copo com água suja no momento de enchimento (Gnadlinger)



Figura 3: Copo com água suja 5 horas depois de enchimento (Gnadlinger)

Supõe-se que a qualidade da água na cisterna é modificada no tempo e no espaço da própria cisterna. Segundo a pesquisa de Martinson e Thomas (Austin, 2003), cada evento de escoamento do telhado tem como consequência uma possível contaminação bacteriológica no tanque de armazenamento. Se isso acontece, em tanques escuros, sem entrada de luz, estas bactérias morrem em 90% depois de 48 horas de ocorrência a chuva (Figura 4). A água “melhora” com o tempo após cada evento de chuva, sobretudo por causa da sedimentação e da morte das bactérias. A velocidade da morte de bactérias se acelera ainda, baixando-se os níveis de nutrientes de água das cisternas por meio da filtração grossa e fina e desvio das primeiras chuvas. Considerando todos estes processos de autodepuração, podemos concluir que a cisterna em si é um sistema de tratamento de água.

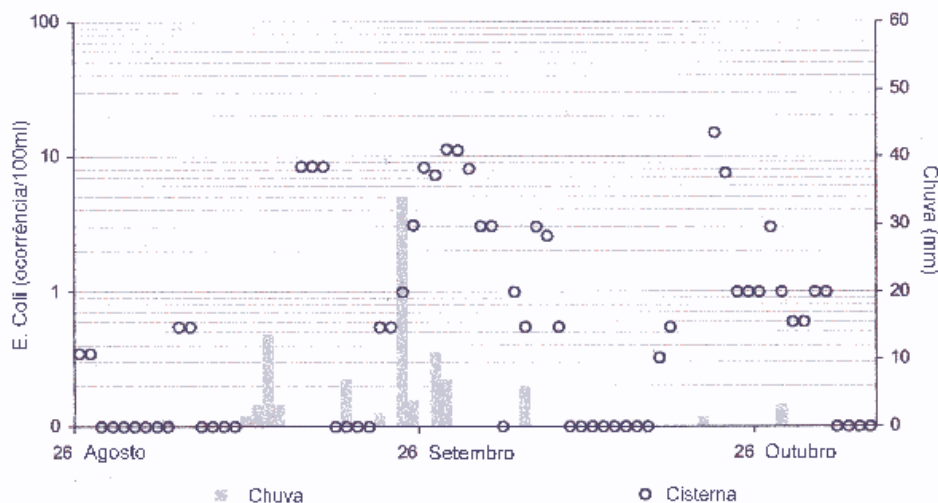


Figura 4: Ocorrência de bactérias E. Coli depois da chuva, em cisternas, em Alaba, Etiópia, observado a cada 3 dias, entre 26 de agosto e 01 de outubro de 2002 (Martinson e Thomas, Austin 2003)

A mudança de qualidade bacteriológica (*E. Coli*), durante um intervalo de sete meses, em cisternas localizadas na propriedade do Instituto Regional de Pequena Agricultura Apropriada - IRPAA, Juazeiro, BA foi também objetivo de uma pesquisa recente (Gnadlinger, 2007). Entre 08/10/2006 e 24/05/2007, foram realizadas onze coletas das águas armazenadas em cinco cisternas:

- Antes do início das chuvas, das 15 amostras coletadas em 08/10/2006, 23/10/2006 e 29/10/2006, apenas uma apresentou 2 NPM/100ml, 14 amostras apresentaram 0 NPM/100ml.
- Durante a época da chuva, as coletas ocorreram em 03/11/2006, 18/12/2006, 02/01/2007, 02/02/2007 e 07/02/2007, com um total de 25 amostras. Os resultados das análises indicaram 1 ocorrência de 4 NPM/100ml, 1 de 5 NPM/100ml, 2 de 6 NPM/100ml, 1 de 9 NPM/100ml, 1 de 17 NPM/100ml, 1 de 20 NPM/100ml e 1 de 36 NPM/100ml. Do total, 17 amostras não apresentaram contaminação (0 NPM/100ml).
- Depois da estação de chuva, as coletas ocorreram em 05/04/2007, 10/05/2007 e 24/05/2007 e, em todas as 15 amostras constatou-se ausência total de *E. Coli*. (0 NPM/100ml).
- Na mesma época entre 08/10/2006 e 24/05/2007 foi feita uma análise da qualidade bacteriológica de 11 amostras de água de cisterna passada por um filtro de carvão e areia. Não foi constatada nenhuma presença de *E. coli* durante todo este tempo.

Estes resultados conduzem às seguintes conclusões:

- A maior contaminação com *E. coli* acontece durante a estação chuvosa e diminui com a distância das chuvas;
- Supõe-se que a água destas cisternas, garantidas condições de higiene razoáveis, não conterá *E. Coli* entre as estações chuvosas;
- Os resultados confirmam a pesquisa feita na Etiópia.
- O IRPAA e outras entidades não recomendam tratar a água da cisterna toda com hipoclorito de sódio, por exemplo, mas somente filtrá-la depois de tirado antes do consumo.

Até o momento, os poucos estudos epidemiológicos realizados ao nível mundial parecem confirmar que o uso de captação de água de chuva não aumenta os níveis de gastroenterite acima daqueles observados na água distribuída pelas companhias de saneamento. Existe pouca evidência de transmissão de doenças causadas por protozoários através de captação de água de telhados (Thomas, Austin, 2003). Crianças de zero e cinco anos que são consumidoras regulares de água de chuva captada em cisternas não têm risco de gastroenterite maior que crianças que tomaram água tratada por hipoclorito de sódio e fornecida pela rede pública (Heyworth, 2005).

Necessidade de monitoramento da qualidade de água em cisternas a partir dos usuários

As diretrizes sobre potabilidade de água recentemente recomendadas pela OMS são baseadas em métodos de avaliação de risco. Isso considera o risco de doenças e não simplesmente a presença ou ausência de elementos patogênicos ou substâncias químicas. A qualidade de água no ponto de uso - quando se tira a água da cisterna, ou melhor, ainda dentro da casa, antes de consumi-la - é enfatizada, enquanto antes, diretrizes de qualidades se referiam somente à fonte de água de beber (Davison et al, 2005). Por isso, está se substituindo diretrizes elaboradas pelo fornecedor (o governo ou companhias de fornecimento de água) por métodos alternativos que podem ser monitorados pelos usuários, pelos agentes comunitários ou até pelas próprias famílias. Isso exige a capacitação das famílias quanto aos aspectos de qualidade de água, por meio de ações como cursos de gerenciamento.

A OMS vai incluir regulamentos mais detalhados sobre qualidade e armazenamento de água de chuva como fonte de água de beber na próxima edição das Diretrizes para Qualidade de Água Potável, prevista para 2008 (Heijnen, no prelo). O monitoramento de fontes da água (incluindo

sistemas de captação de água de chuva) por agentes comunitários ou pelas próprias famílias vai envolver uma inspeção visual do estado da cisterna e da aparência da água numa base regular. Os formulários de inspeção sanitária usados devem ser compreensíveis e de uso fácil. Os fatores de risco incluídos nos formulários devem ser relacionados diretamente com atividades sob o controle do operador e os quais devem ser facilmente aplicáveis. As ações necessárias a partir dos resultados do monitoramento operacional devem ser aplicáveis e claras e treinamento deve ser exigido. A proposta de um formulário de inspeção sanitária de cisterna sugerido por Davison et alii (2005) encontra-se no Apêndice 1. Este formulário pode ser aplicado facilmente por agentes comunitários em nível das famílias que têm cisternas, conseguindo assim também uma avaliação de risco de contaminação numa faixa entre 0 e 10 das cisternas e da qualidade de água da família, de toda a comunidade ou do município⁵.

Consequências para o Semi-Árido Brasileiro: PSAs para cisternas

No SAB a ASA está fazendo um benefício inestimável para a população com o PIMC. As famílias, especialmente as mulheres, estão satisfeitas em terem a água perto de suas casas, mas a preocupação com a qualidade é uma questão a ser levada mais em consideração. De acordo com a legislação brasileira, “toda a água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita à vigilância da qualidade da água” (Brasil, 2004). O controle de qualidade de água precisa de um monitoramento contínuo. A qualidade de água das cisternas é de responsabilidade pública, por isso, agentes comunitários ou agentes de saúde devem controlá-la. Recomenda-se que a ASA intensifique a política de qualidade de água, a partir dos encontros de capacitação para construção de cisternas e cursos de gerenciamento hídrico, e, junto com o Ministério de Saúde, adaptem o Plano de Segurança de Água, da OMS, para as cisternas, adequando-o para a realidade do SAB e priorizem o monitoramento contínuo da qualidade de água em cisternas, envolvendo agentes comunitários e as próprias famílias.

CONCLUSÕES

Desde 1999, quando John Gould perguntou durante a 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, em Petrolina, PE, se podia tomar a água de chuva com segurança (Gould, 1999), as tecnologias de captação de água de chuva avançaram bastante ao nível mundial e também no SAB. Colocam-se barreiras sanitárias para evitar e minimizar a contaminação da água de chuva, mesmo antes desta entrar na cisterna e na hora de tirá-la. Assim, a qualidade da água de cisterna é boa e é melhor que muitas outras fontes de água encontradas nas áreas rurais. Tudo isso contribui para uma considerável melhoria de qualidade de vida da população. Os esforços precisam aumentar. Há necessidade de mais informações científicas para chegar a uma compreensão clara dos processos que determinam a qualidade de água em cisternas. Mas o desafio maior é o monitoramento contínuo da qualidade de água por meio de Planos de Segurança de Água de cisternas e estendê-lo para todas as outras fontes de água potável no SAB.

⁵Sugere-se acrescentar mais um ponto a ser considerado, se a água tirada da cisterna recebe tratamento antes de ser consumida (filtrada por filtro de vela, filtrada por filtro de carvão, fervida, desinfetada por energia solar {SODIS}, clorada, etc.).

LITERATURA CITADA

Brasil, Ministério de Saúde, Norma de Qualidade da Água para Consumo Humano, Portaria N.º 518, 25/03/2004.

Brasil, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria dos Recursos Hídricos, Plano Nacional dos Recursos Hídricos, 4 Vols., Brasília, DF, 2006.

Brito, L. T. L., Gnadlinger, J., Relatório sobre a Oficina : Avanços nos Estudos sobre Cisternas: Qualidade de Água e Cisterna de Alambrado, ABCMAC, Petrolina, PE, 2006,
www.abcmac.org.br/files/downloads/ABCMAC_Relatorio_Oficina_Abril_2006.pdf.

Davison, A. et alii, Water Safety Plans; Managing Drinking Water Quality from Catchment to Consumer, Geneva, WHO, 2005, www.who.int/water_sanitationhealth_dwq/wsp0506/em/index.html.

FAGRO e Embrapa-Semi-Árido: Avaliação Ambiental da Performance do Programa Cisternas do MDS em Parceria com a ASA: Relatório Técnico Analítico Final, Brasília, DF, 2005.

Gnadlinger, J., A Qualidade de água em cinco cisternas entre 08/10/2006 e 24/05/2007 no IRPAA, Juazeiro, BA, manuscrito, 2007.

Gnadlinger, J., Estratégias para uma Legalização Favorável à Captação e ao Manejo de Água de Chuva no Brasil, Anais do 5º Simpósio de Captação e Manejo de Água de Chuva, Teresina, PI, 2005.

Gould, J., Is Rainwater safe to drink? A review of recent findings, 9th IRCSA Conference, Petrolina, PE, 1999

Heijnen, H., Rainwater Harvesting and Health Aspects - Working on WHO Guidance, 13th IRCSA Conference, Sydney, em prelo.

Heyworth, J. e Rowe, T., Consumption of Tank Rainwater and Influence of Recent Rainfall on the Risk of Gastroenteritis among Young Children in Rural South Australia, 12th IRCSA Conference, New Delhi, India, 2005

Liebmann, H., Handbuch der Frisch- und Abwasserbiologie (Manual da Biologia de Águas Doceis e Esgotos), Munique, 1962².

Martinson, M. e Thomas, T., Better, faster, cheaper: Research into roofwater harvesting for water supply in low-income countries, ARCSA Conference, Austin, USA, 2003.

Martinson, M. e Thomas, T., Improving Water Quality by Design, 11th IRCSA Conference, Mexico City, 2003.

Simmons, G. e Heyworth J., Assessing the Microbial Health Risks of Potable Water, 9th IRCSA Conference, Petrolina, PE, 1999.

Spinks, A. T., Dunstan, R.H., Coombes, P., B. & Kuczera, G., Water Quality Treatment Processes in Domestic Rainwater Harvesting Systems, 28th International Hydrology and Water Resources Symposium 10 -14 November 2003, Wollongong, Australia.

Thomas, T., Domestic Roofwater Harvesting in the Tropics: the State of the Art, 11th IRCSA Conference, Mexico City, 2003.

Unesco, Water a Shared Responsibility, The United Nations World Water Report 2, Paris, 2006
<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001454/145405E.pdf>.

WHO, Guidelines for Drinking Water Quality, Third edition, Geneva, 2003,
www.who.int/docstore/water_sanitation_health/GDWQ/.

Apêndice 1:

I. Formulário de Inspeção Sanitária de Cisterna (segundo Davison et al, 2005)

1. Informação Geral :

Município

Povoado

Família

2. Número de cisterna

3. Data da visita

4. Foi feita exame de água? No. do exame..... EC/100ml

II Informação de diagnostico específico para avaliação de risco:

1. A água de chuva está sendo captada em tanque aberto? S/N

2. Existem vestígios visíveis de contaminação do telhado de captação?
(e.g. plantas, restos fecais, poeira) S/N

3. As calhas e bicas são entupidas ou sujas? S/N

4. O teto ou as paredes da cisterna têm rachaduras ou são danificados? S/N

5. A água é tirada da cisterna diretamente (sem torneira ou bomba manual)? S/N

6. O balde para tirar água é guardado em um local onde este pode ficar
contaminado? S/N

7. A bomba manual / torneira é danificada? S/N

8. O chão de concreto debaixo da bomba manual / torneira está sujo? S/N

9. Existe uma fonte de poluição em redor da cisterna ou da área de captação? S/N

10. A cisterna está limpa por dentro? S/N

Avaliação de risco total: .../10

Risco de contaminação: 9-10 = Muito alto; 6-8 = Alto; 3-5 = Médio; 0-3 = Baixo

III Resultados e Recommendations:

Foram constatados os seguintes pontos de risco de contaminação:
(listar números 1-10)

Assinatura do assistente de saúde:

Comentários:



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

Experiência Brasileira sobre Captação, Armazenamento, Gestão e Qualidade da Água de Chuva para Consumo Humano em Comunidades Rurais do Haiti

Elisabete de Oliveira Costa Santos¹

Dário Nunes dos Santos²

Luiza Teixeira de Lima Brito³

Aderaldo de Souza Silva⁴

RESUMO: O Haiti está entre os países considerados prioritários para a cooperação externa do governo brasileiro. É um dos mais pobres do mundo, enfrenta graves problemas com a falta de água potável, alto índice de contaminação tanto nas áreas urbanas como rurais, falta de coleta de lixo e de serviços elementares, como saúde e educação, inclusive sua capital Porto Príncipe. Por isso o governo e instituições brasileiras firmaram parcerias com instituições haitianas com o intuito de desenvolver juntos programas de captação e armazenamento de água de chuva, para tentar minimizar a intensa problemática que o país enfrenta neste setor. A partir de intercâmbios de técnicos Argentinos ao Brasil e posteriormente técnicos brasileiros no Haiti, foi idealizada a realização de uma Missão Tripartite (Argentina/Brasil/Haiti), com o objetivo de cooperar com o desenvolvimento de comunidades rurais do Haiti, na área de produção de alimentos e abastecimento de água potável. Desse modo, foi constituído um grupo de técnicos brasileiros, da Embrapa Hortaliças (Brasília-DF), Embrapa Semi-árido (Petrolina-PE) e o Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada – IRPAA (Juazeiro-BA) que assumiram a responsabilidade de capacitar uma equipe de técnicos Haitianos no Brasil, capacitar uma equipe de multiplicadores de organizações das comunidades rurais de Porto Príncipe, fazer avaliação da qualidade das águas de fontes principais e implantar um programa de construção de cisternas armazenamento e gestão de água de chuva para consumo humano e produção de alimentos em algumas comunidades rurais de Porto Príncipe.

Palavras-chaves: cooperação internacional, capacitação, água potável, cisternas.

¹ Coordenadora Administrativa do Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada – IRPAA. Av. das Nações, 04 Bairro Castelo Branco, Juazeiro/BA. e-mail: bete@irpaa.org.

² Técnico do IRPAA. e-mail: dario@irpaa.org

³ Eng. Agrícola, Dr. Pesquisadora da Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE. 56300-970. Fone: (087) 3862-1711, e-mail: luizatlb@cpatsa.embrapa.br

⁴ Eng. Agrônomo, Dr. Pesquisador da Embrapa Semi-Árido. e-mail: aderaldo@cpatsa.embrapa.br

INTRODUÇÃO

A captação direta de água de chuva para o abastecimento humano no Semi-árido brasileiro se desenvolveu de modo acelerado, sobretudo nos últimos 10 anos. E isso se deve primeiro pelo fato do envolvimento e investimentos em pesquisas, implementação de uma série de iniciativas no aprimoramento técnico, na busca de tecnologias mais eficientes na área de captação e manejo da água das chuvas, por parte de instituições públicas, privadas e especialmente as organizações da sociedade civil, principalmente as ONGs, que desempenham importante papel na condução de experiências em implantação de programas de construção de cisternas para armazenar água das chuvas. Além de investimentos em “advocacy”, dando a devida importância a essas iniciativas, como soluções viáveis para resolver os problemas de abastecimento de água potável para as populações que vivem no Semi-árido brasileiro.

Um aspecto relevante a ser considerado no trabalho de captação de água de chuva é a estrutura física a ser construída para armazenar a água captada. No Brasil já são utilizadas várias formas, técnicas e diferentes materiais empregados na construção das cisternas, isso se vê como grande vantagem, uma vez que se pode aliar uma tecnologia à realidade das comunidades a serem beneficiadas com as cisternas.

Há questões que na atualidade já estão superadas e, no entanto, precisam ser levadas em conta, como exemplo, a construção de cisternas em formato quadrado favorece as fissuras nos cantos, ocasionando perda de água por vazamentos; as construções de cisternas sem tampas, que facilitam a evaporação, além de favorecer a poluição da água.

Quanto aos materiais empregados existem uma diversidade: há cisternas construídas de pedra, alvenaria, blocos, placas de cimento, ferro e cimento etc, sendo que cada um desses precisam ser avaliados os custos e benefícios a depender da realidade local onde será implementada a ação. Ainda acontecem problemas de perda de água por vazamentos em muitos modelos de cisternas, por isso há organizações que continuam trabalhando em pesquisas, buscando resolver tais problemas.

Portanto, para resolver o problema de abastecimento de água para o uso familiar em regiões Semi-áridas, é necessário dispor de tecnologias que reúnam baixo custo, alta resistência e simplicidade na construção.

A posição brasileira nesse setor vem chamando a atenção de outras partes do mundo, interessadas em conhecer e levar tais experiências para serem implantadas em seus países. O

Haiti está entre os países considerados prioritários para a cooperação externa do governo brasileiro, há mais de 3 anos participa da Missão das Nações Unidas para estabilização do Haiti. O país é um dos mais pobres do mundo, amarga a falta de água potável, de limpeza urbana e de serviços elementares, como saúde e educação inclusive na capital de Porto Príncipe. Por isso o governo e instituições brasileiras firmam outras parcerias com instituições haitianas com o intuito de desenvolverem juntos programas de captação e armazenamento de água de chuva, para tentar minimizar a intensa problemática que o país enfrenta neste setor.

METODOLOGIA

Em fevereiro de 2006 inicia um intercâmbio tripartite entre o Brasil, Argentina e o Haiti, quando dois técnicos do Instituto Nacional de Tecnologias Agropecuária – INTA da Argentina, visitam a Embrapa Hortaliças, em Brasília/DF e Embrapa Semi-árido, em Petrolina/PE, com o objetivo de discutir os mecanismos de envolvimento da Embrapa na implementação de uma Cooperação Tripartite com o Haiti, nas áreas de transferência de tecnologia para produção familiar de hortaliças com variedades adaptadas ao clima tropical e da construção de cisternas para captação e armazenamento de água visando o consumo humano. Nesta oportunidade foi apresentado o Projeto Pro-huerta, como uma experiência piloto do governo argentino no Haiti, iniciado em maio de 2005.

Entre os meses de julho e agosto dois técnicos da Embrapa Hortaliças e Embrapa Semi-Árido, visitam o Haiti com o objetivo de realizar um diagnóstico nas áreas de atuação de Projeto Pro-huerta, com vistas a subsidiar a elaboração de um projeto de cooperação tripartite Brasil/Argentina/Haiti, contemplando a construção de cisternas para captação e armazenamento de água e a disponibilização de cultivares brasileiras de hortaliças. Nesta missão fica acordado entre as partes que técnicos do Haiti, sendo dois do Instituto Interamericano de Cooperação e dois do Ministério da Agricultura, viriam ao Brasil, para serem capacitados no processo de construção de cisternas.

Durante a visita de quatro técnicos haitianos ao Brasil, foi possível conhecer algumas experiências já desenvolvidas pela Articulação do Semi-Árido-ASA nas comunidades rurais da Bahia e de Pernambuco. De posse do conhecimento das principais formas de captação e armazenamento de água das chuvas utilizadas no Semi-árido brasileiro, os técnicos haitianos receberam capacitação pela Embrapa Semi-Árido e o Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada - IRPAA, sobre algumas tecnologias que melhor se adequam às condições de seu país, como construção de cisterna de alambrado e sistema de captação de

água dos telhados, bomba manual e retentor de sujeiras, juntamente com discussões teóricas sobre o manejo e a gestão da água pluvial para uso doméstico.

RESULTADOS

1. Curso Prático de Construção de Cisterna de Alambrado para Técnicos Haitianos

Durante a visita ao Brasil foi ministrado treinamento em serviço, quando foi construída uma cisterna de alambrado galvanizado passo a passo, com o intuito de facilitar o processo de construção para os técnicos, assim podendo ser adotada a tecnologia para implementação de um projeto-piloto em comunidades do Haiti. Tendo em vista as dificuldades de escavação dos solos haitianos, muito rasos e pedregosos e outros fenômenos naturais como temporais, que freqüentemente ocorrem nestas regiões, foi adotado o modelo de cisterna de tela de alambrado. Esse é um modelo adaptado pelo IRPAA, onde afirma reunir simplicidade na construção, alta resistência e baixo custo. Este modelo se enquadra na tecnologia “ferro e cimento”, já conhecida no Semi-árido e em diversas regiões do mundo.

2. Missão Brasileira no Haiti

Outro passo importante dessa parceria foi a viagem de cinco técnicos/as de três instituições brasileiras Embrapa Hortaliças, Embrapa Semi-Árido e IRPAA ao Haiti com o objetivo de desenvolver atividades de capacitação de promotores de comunidades rurais em construção de cisternas, captação, gestão e qualidade da água para consumo humano e produção de hortaliças; construção de cisternas em diferentes comunidades rurais de modo que sirva de experiência para a implementação de outros programas semelhantes no país; e análise da qualidade da água utilizada pelas comunidades, tanto para o consumo humano como para a produção, sobretudo de hortaliças.

Partindo da concepção e da necessidade de envolver as diferentes instituições locais para dar apoio e sustentabilidade ao projeto, foi realizado um trabalho de mobilização com Ministério da Agricultura, Embaixadas Brasileira e Argentina, Cooperação Internacional, Exército Brasileiro, onde cada organismo se compromete em desenvolver ações para o andamento do projeto.

Na parte da execução das construções a equipe com apoio de lideranças e representações locais passou a identificar e adquirir no comércio e comunidade local os materiais e equipamentos adequados utilizados nas construções da cisterna. Além disso, houve um processo para a identificação das comunidades e famílias a serem beneficiadas com este

programa, bem como a seleção dos promotores (multiplicadores) a serem capacitados no processo de construção das cisternas.

A escolha dos promotores se deu a partir de critérios que levou em consideração a situação de comunidades que enfrentam maiores problemas relacionados à quantidade e à qualidade da água disponível, tanto para o consumo humano como para a produção e o envolvimento dessas lideranças nessas questões.

3. Capacitação de Promotores de Comunidades Rurais do Haiti em Construção de Sistema de Captação e Armazenamento de Água de Chuva para Consumo Humano

Atividade considerada tanto pela missão como pelos participantes da capacitação como primordial, uma vez que esta atividade no país ainda é de pouco domínio, tanto no que se refere a absorção de conhecimentos em torno da importância e necessidade de desenvolver programas de captação e armazenamento de água de chuva para consumo das populações ou para a produção agropecuária, quanto no domínio das tecnologias utilizadas para este fim.

Com esta atividade 30 pessoas foram capacitadas e estão habilitadas para continuar trabalhando em torno da referida proposta em suas regiões. A seleção desses(a) multiplicadores(a) foi feita pelas organizações locais, que levou em conta, principalmente o nível de compromisso que os mesmos possuem em suas organizações de base nas comunidades mais carentes de Porto Príncipe, bem como a capacidade de continuar sendo um(a) multiplicador(a) da proposta em suas bases.

Nesta capacitação foram trabalhadas algumas questões que são primordiais para a sustentabilidade da proposta: escolha do local para a construção da cisterna; a definição da tecnologia e materiais utilizados; desenvolvimento de métodos participativos; definição do tamanho do reservatório, em função da necessidade de consumo de cada família; e informações a respeito da gestão e qualidade da água.

4. Implantação de Sistema de Captação de Água em Comunidades Rurais do Haiti

Durante a capacitação da equipe de multiplicadores(a) foram construídas algumas cisternas passo a passo, nas comunidades de Beaugé e Balan, ambas consideradas mais carentes da região de Porto Príncipe, seja no aspecto econômico, social e educacional. Cada cisterna, com capacidade de armazenamento de 10,0 m³. Esta definição se dá levando em consideração, sobretudo dois aspectos: primeiro a dimensão dos telhados nas referidas casas das comunidades, em que as construções, no geral, são muito pequenas variando em média entre

12 e 20 m² e segundo a ocorrência de precipitações pluviométricas em praticamente todos os meses do ano.

5. Análise da Qualidade da Água em Comunidades do Haiti

A Organização Pan-americana de Saúde-OPS na pessoa do Sr. Paulo Fernando Piza Teixeira, ressalta a importância e a urgência de um trabalho de investigação sobre a qualidade físico-química e biológica da água nas comunidades contempladas pela Missão no Haiti, uma vez que a qualidade da água consumida pela população é bastante duvidosa.

Para essa atividade foi coletado e analisado um conjunto de amostras de água obedecendo aos parâmetros e métodos que identificam e qualificam a qualidade da água em acordo com as exigências dos organismos competentes nesta área. A amostragem foi realizada nas diversas fontes hídricas utilizadas pelas famílias envolvidas no projeto Pro-huerta (Programa de produção de hortaliças, desenvolvido pela Argentina).

A determinação dos parâmetros físicos e químicos de qualidade das águas das comunidades onde se desenvolve o pro-huertas, foram medidas e, ou determinadas a partir de sensores óticos, acoplados às sondas multiparâmetros, enquanto as análises microbiológicas foram feitas por meio de Kits, recomendados pela Agencia Ambiental Americana. Coliform Test Kit (LaMotte - Chestertown, Maryland 21620). Cada Kit contém cinco (5) testes, o resultado apresentado é ausência ou presença de coliformes totais. Foram usados os cinco testes/Kit/amostra analisada (Positive test = 1; Negative test = 0). Das 40 amostras analisadas quanto aos aspectos bacteriológicos, 11 (27,5%) amostras indicam riscos de contaminação por coliformes fecais.

Em relação aos aspectos físicos e químicos das amostras avaliadas, os resultados chamam atenção devido ao nível de concentração encontrada para algumas substancias. O pH na faixa de 6,0 a 8,0 indica que as águas podem ser utilizadas para irrigação ou para beber. Valores abaixo de 6,0 sugerem a presença de substâncias ácidas. Valores acima de 8,0 podem indicar mistura com água salgada ou taxas mais altas de salinidade ou de alcalinidade. Na água das comunidades analisadas o pH variou de 7,34 a 8,71, indicativo de águas alcalinas. Com relação aos parâmetros na avaliação dos cloretos (Cl), os padrões para as águas de beber requerem níveis de cloretos que não excedam 250 mg L⁻¹. Em uma das amostras os valores de cloreto atingiram 1.843 m/l, água essa imprópria para atividades agrícolas e consumo doméstico.

CONCLUSÕES

- Cerca de 60% da população haitiana vive no campo. Destes, aproximadamente 80% não conseguem suprir suas necessidades básicas de alimentação, e não têm conhecimento de técnicas simples de manejo da água, seja para produção ou para o consumo humano. Diante disso, soluções como a construção de poços artesianos e cisternas para captar e armazenar a água das chuvas são alternativas simples e de grande ajuda à população do Haiti;
- As análises da qualidade das águas confirmam que a população consome água fora dos padrões de qualidade de água para consumo humano e a ausência de boas práticas de higiene colaboram fortemente para agravar esse problema;
- Embora a grande maioria da população do Haiti esteja mergulhada em precárias condições de vida, o que é inerente aos países subdesenvolvidos, foi possível reunir um grupo local pela equipe da missão e equipe das instituições locais, todas as condições técnicas e de materiais necessárias para implantar as tecnologias propostas no projeto;
- O trabalho da equipe brasileira não se resumiu apenas a construção de cisternas que foram feitas durante a missão no Haiti. No entanto, a capacitação de 30 técnicos e pedreiros formada pela equipe para a construção de cisternas é um indicativo forte de que o trabalho terá continuidade nas comunidades apoiado pelas organizações locais;
- A captação de água de chuvas deve ser encarada como processo e incluída nos programas das instituições não-governamentais e, sobretudo do governo haitiano. É um fato que precisa ser internalizado pelas famílias, lideranças, agentes de instituições e políticos. É preciso encontrar uma nova maneira de se relacionarem com a água, com o meio ambiente, com os recursos que têm disponíveis nas comunidades e, sobretudo, com os anseios da população que busca a todo o momento formas de escapar dos efeitos nocivos advindos da falta de estrutura básica com os quais convivem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE 9th. Abstracts. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido/Singapura: IRCSA, 1999. (Faltam os autores e título desse trabalho)

SILVA, A. de S., SANTOS, E. de O. C., BRITO, L. T. de L. **RELATÓRIO TÉCNICO:** Missão Oficial do Ministério das Relações Exteriores/Agência Brasileira de Cooperação ao Projeto Tripartite Brasil-Argentina-Haiti. Petrolina, PE: 2006.

SILVA, A. de Souza et al. **Cisterna de Tela de Alambrado**: Missão Tripartite (Brasil/Argentina/Haiti). Petrolina, PE: Embrapa Semi-árido, Documentos, 193. 2006.

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: Simpório de Captação de água de chuva no Semi-árido, 5, Teresina, PI. CD-ROM, 2005.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**Projeto de Revitalização da Microbacia do Rio Abóboras – Bacia
Hidrográfica São Lamberto**

Autores:

Emílio Rodrigues Versiani Junior¹

Geraldo Aristides Rabelo Nuzzi

Andréa Rodrigues Fróes

Resumo

O Projeto de Revitalização Microbacia do Rio Abóboras afluente do Rio São Lamberto tem como objetivo difundir a experiência acerca da construção de bacias de captação de água de chuva nas comunidades de Santa Maria e Abóboras. As atividades possibilitaram a melhoria da condição hídrica da região e a melhoria da qualidade de vida da população. Todo o processo contou com a participação direta das associações rurais. Os trabalhos beneficiaram a aproximadamente 70 famílias.

¹ Rua Enor de Brito, 22. Morada do Sol, Montes Claros. CEP: 39403-231

Palavras-chaves: Água, Captação e Revitalização.

Introdução

A Prefeitura Municipal de Montes Claros por meio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMA) e representantes das comunidades de Santa Maria e Abóboras, realizaram no segundo semestre de 2006, atividades que possibilitaram a melhoria da oferta hídrica da região e progresso na qualidade de vida da população. Inicialmente, foram construídas florestas sociais (plantio de espécies nativas), 79 bacias de captação de água de chuva, o cercamento de nascentes, além de atividades de educação ambiental. Os trabalhos beneficiaram a aproximadamente 70 famílias. A segunda fase da proposta compreende a construção de outras 100 barragens seguidas das iniciativas já promovidas na primeira etapa.

As barraginhas, como são conhecidas, são caracterizadas pelos custos reduzidos para construção e pela alta eficiência em diminuir processos erosivos. Cada bacia possui 05 (cinco) metros de comprimento. Da base ao aterro, a altura é de 1,5 metros a 1,7. Cada bacia demora cerca de duas horas e meia para ser construída. No Norte de Minas, o valor médio da hora/máquina é de R\$ 110,00. As barragens também têm como objetivos favorecer o reabastecimento do lençol freático; promover a umidade do solo úmido, bem como proporcionar o crescimento da vegetação no entorno das bacias; além de evitar o assoreamento dos rios. Os recursos destinados ao projeto foram captados junto ao Ministério Público por meio da Promotoria Ambiental da Bacia do Rio São Francisco e Sub-bacia do Rio Verde Grande. Os investimentos foram originados a partir da assinatura de Termos de Ajustamento de Conduta (TAC) do município com geradores de impactos ambientais.

Os investimentos alocados nas construções dão retornos quase que imediatos. Com a contenção das enxurradas os moradores das localidades armazenam água para o consumo humano e, também, uso em lavouras.

Todo o processo de Montes Claros tem como pano de fundo o conceito de Tecnologias Sociais – A inclusão de metodologias reaplicáveis, desenvolvidas junto com a comunidade, o que gera efetivas soluções de transformação social. As instruções foram baseadas nas experiências já desenvolvidas pelo Engenheiro Agrônomo da Unidade de Milho e Sorgo de Sete Lagoas (MG) da Empresa Brasileira de Agropecuária (Embrapa), Luciano Cordoval de Barros, responsável pela retomada das bacias de contenção em Minas.

As bacias reforçam o lençol freático, desgastado pelo uso indiscriminado de água na região. Outro ponto importante que legitimou a proposta foi à conscientização da comunidade, que aderiu às ações desenvolvidas e, com isso, garantiram efetivos resultados.

A intenção ao projetar esta proposta se deu pela necessidade de dar início a um importante processo de recuperação do rio. A degradação registrada na região foi causada pela retirada da vegetação nos topos de morros, a exploração indiscriminada de cascalho e areia na cabeceira do rio, os processos de desmatamento dos topos de morro para formação de pastagens e até mesmo as condições de declividade e estrutura do terreno, transformaram as estradas rurais em verdadeiros canais de escoamento para o leito dos rios.

O desenvolvimento do projeto está intrínseco à consolidação de novos modelos de desenvolvimento em base sustentável, principalmente no que se refere à gestão de recursos hídricos, se levarmos em conta que Montes Claros está numa região semi-árida como o Norte de Minas. O Semi-árido ocupa uma área total de 974.752 quilômetros quadrados nos Estados do Nordeste (86,48%), com exceção do Maranhão. O Norte de Minas Gerais (107.343,70 quilômetros quadrados ou 11,01%), e o Norte do Espírito Santo (24.432,70 quilômetros quadrados ou 2,51%) também estão incluídos. A mesorregião do Norte de Minas é uma das 12 do Estado, é formada por 89 municípios e tem suas características similares às da Região Nordeste do Brasil. O clima é quente.



Figura 1: Barragem construída na Comunidade de Abóboras após um mês de construção.

Metodologia

A metodologia utilizada para construção das barraginhas leva em consideração aspectos técnicos como a aplicação do Relatório Simplificado Ambiental (RAS) e pesquisas de campo. O RAS, método de pesquisa produzido pela SEMMA, parte de vários questionamentos a fim de identificar os principais pontos críticos ambientais observados *in loco*.

A partir dos questionários é possível agregar a existência de áreas com relevância ambiental; o estado de conservação das nascentes e mata ciliar; caracterização da fauna e flora local; os tipos de captação e utilização do recurso hídrico; a existência do acompanhamento técnico; a situação das estradas vicinais.

Os estudos propiciaram a definição da modalidade de ação para intervenção ambiental nos processos de recuperação das áreas identificadas. Nos levantamentos, foram utilizados também métodos tradicionais de mapeamento com uso de GPS, mapas e imagens de satélite.

Com os levantamentos produzidos *in loco* há possibilidade da identificação da declividade do terreno, do volume de enxurrada, do tipo de solo e a área de abrangência do projeto. Este processo é para definir o modelo de bacia (Circular, Semicircular, Triangular ou Trapezoidal) e seus tamanhos, que não devem ser pré-definidos. As dimensões serão estabelecidas a partir dos aspectos citados acima.

Posterior aos estudos realizados nas pesquisas de campo começa o processo da construção das bacias, que são locadas estrategicamente para que em sua distribuição possa contemplar os pontos principais de captação de água de chuva e do escoamento superficial. O objetivo é que cada barraginha consiga receber um volume máximo de água sem comprometer sua estrutura e que o excedente deste volume seja transferido para posteriores bacias. As construções foram iniciadas do topo do morro até a parte media da área.

Em Montes Claros, o maquinário usado foi a pá-carregadeira. O equipamento proporciona maior mobilidade e facilita o trabalho de confecção da bacia.



Figura 2: Pá-carregadeira em fase de construção de Barraginhas.



Figura 3: Barraginha em fase de conclusão no início do período chuvoso.

Resultados e Conclusões

As atividades do Projeto de Revitalização da Microbacia do Rio Abóboras foram realizadas no segundo semestre de 2006. A partir das ações desenvolvidas foi possível perceber que as intervenções obtiveram resultados quase que imediatos. Após quatro meses de conclusão da proposta, precisamente em abril de 2007, constatou-se a ressurgência de uma pequena nascente (Figura 4).

Dados da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural de Minas Gerais (Emater) – Regional Norte de Minas e os moradores da região comprovam, que há 25 não havia afloração de água no local. Os dados acerca dos moradores que comprovam essa experiência empírica foram extraídos do Relatório Simplificado Ambiental (RAS).

A Comunidade de Abóboras tem sua renda concentrada na produção de olerícolas, que demandam de fartura de água. Com o a revitalização da nascente a população ribeirinha aumentou o número de canteiros, conseqüentemente a sua produção. Outros produtores iniciaram projetos de cultivo de fruticultura e dessedentação de animais. Há ainda registro de famílias que utilizam a água das barraginhas para consumo humano.

A partir da eficácia da execução desta proposta comprovou-se que há necessidade de continuidade e ampliação do projeto. A Prefeitura Municipal de Montes Claros por meio da Secretaria de Meio Ambiente está em fase de ampliação do projeto. Encontra-se em fase de construção mais 100 barraginhas que vão potencializar os trabalhos de revitalização da Microbacia.

Outra proposta mais ousada onde se pretende contemplar toda a Bacia do Rio São Lamberto foi encaminhada a órgãos de fomento e financiamento. A intenção é construir 1 (mil) bacias de captação de água de chuva direcionadas aos pequenos afluentes desta Bacia. De tal forma que seja possível aumentar a oferta hídrica e a melhoria das condições de consumo para as comunidades ribeirinhas. O Rio é o principal afluente do Rio Jequitáí, que deságua no São Francisco. No entanto, apresenta, a cada ano, um quadro generalizado de degradação, o que tem possibilitado cada vez mais alterações na qualidade e quantidade das águas, o que compromete o abastecimento humano e a manutenção dos sistemas produtivos da bacia.



Figura 4: Nascente revitalizada na Comunidade de Abóboras.



Figura 5: Nascente revitalizada na Comunidade de Abóboras

Referências bibliográficas

www.rts.org.br (Acesso em 26 de junho de 2007)

<http://barraginhas.multiply.com/journal/item/10> (Acesso em 26 de junho de 2007)

http://pt.wikipedia.org/wiki/Mesorregi%C3%A3o_do_Norte_de_Minas (Acesso em 26 de junho de 2007)

www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/doc/technology/4_16_Luciano_Barros.doc (Acesso em 26 de junho de 2007) - Barragens de contenção de águas superficiais de chuvas - Luciano Cordoval de Barros.

BARROS, L. C. de. *Captação de águas superficiais de chuvas em barraginhas*. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000.16p (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 2).



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**CONSERVAÇÃO E RACIONALIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA – o Projeto
ECOHOUSE URCA**

Rose Alexandra Lichtenberg
Arquiteta, MsC Arquitetura UFRJ
Av São Sebastião, 270, 22.291-070, Rio de Janeiro, tel/fax xx21-2543-8836
e-mail: alexandra@ecohouse.com.br

RESUMO

Para fazer face aos atuais desafios globais de sustentabilidade do planeta, como mudanças climáticas, escassez de água e pobreza, é necessário e urgente incentivar projetos relacionados a estes desafios, e cuja essência esteja inserida na estratégia global, mas que possam ser implantados localmente. Pensando nisto e na contribuição que cada indivíduo pode dar a estes objetivos é que foi criado o Projeto Ecohouse, em 2002, com o intuito de avaliar a eficácia de estratégias de conforto higrotérmico, lumínico e de racionalização do uso da água aplicadas a edificações residenciais urbanas em clima quente úmido.

Este projeto visou a adequação de uma residência existente com ênfase na otimização de sua demanda de energia elétrica e de água potável, bem como a correção de eventuais problemas de conforto ambiental de uma residência convencional. Seu início se deu através da reforma de uma edificação no Bairro da Urca, zona litorânea do Rio de Janeiro.

O tema de conservação e racionalização do uso da água faz parte do projeto descrito acima, e da dissertação de mestrado ALTA QUALIDADE AMBIENTAL APLICADA AO PROJETO DE RE-HABILITAÇÃO RESIDENCIAL URBANA EM CLIMA TROPICAL ÚMIDO: A ECOHOUSE URCA. A pesquisa deste tema procurou analisar as teorias e práticas envolvidas. Apresenta suas principais características, envolvendo o uso de equipamentos economizadores, reuso de água da chuva e de esgoto domiciliar tratado – e propõe uma avaliação dos resultados.

O projeto Ecohouse URCA recebeu menção honrosa do Premio Procel de Conservação de Energia 2002-2003 na categoria Edificações, assim como uma Moção de Congratulações e Louvor da Assembléia Legislativa do Rio de Janeiro, em 31 março de 2004.

1. INTRODUÇÃO

Para restabelecer o equilíbrio entre oferta e demanda de água e garantir a sustentabilidade

6º. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva

Belo Horizonte-MG, 09 - 12/07/07

do desenvolvimento econômico e social, é necessário que métodos e sistemas alternativos modernos sejam convenientemente desenvolvidos, difundidos e aplicados em função de características de sistemas e centros de produção específicos. Nesse sentido, reúso, reciclagem, gestão da demanda, eliminação de perdas e minimização da geração de efluentes se constituem, em associação às práticas conservacionistas (racionalização do uso), nas palavras-chave mais importantes em termos de gestão de recursos hídricos e de redução da poluição.

Ao se projetar uma nova edificação ou o retrofit de uma existente, deve-se prever que o planejamento de racionalização e conservação do uso da água implantado de forma sistêmica implica em otimizar o consumo de água com a conseqüente redução do volume dos efluentes gerados, a partir da otimização do uso (gestão da demanda) e da utilização de água com diferentes níveis de qualidade para atendimento das necessidades existentes (gestão da oferta), resguardando-se a saúde pública e os demais usos envolvidos, gerenciados por um sistema de gestão da água adequado. Cabe destacar que a integração das ações na demanda e oferta de água, com a implantação de um sistema de gestão consolidam o projeto.

2. METODOLOGIA

Para o cálculo do consumo de água no Projeto Ecohouse Urca, além de um preciso levantamento de dados, é muito importante levar-se em consideração os dados obtidos em Estudos de Casos realizados anteriormente. Os sistemas prediais de baixa pressão chegam a consumir 100% a menos do que os sistemas de alta pressão. Os equipamentos (louças e metais) economizadores disponíveis atualmente também auxiliam na substancial redução do consumo de água.

2.1 Descritivo da Ecohouse Urca e consumo estimado dos principais pontos

Número de residentes: 4 pessoas adultas

- Área construída: 288m²
- Banheiros: 5
- Cozinha: 1
- Lavanderia: 1
- Sistema hidráulico: baixa pressão
- Chuveiros: mod. TRIO 1996 C, com arejador

- Vasos Sanitários:
 - o 3 x Bacia com caixa acoplada Mod Nuova CP130 (vazão 6l), sist de descarga com duplo acionamento
 - o 2 x Bacia convencional Mod Nuova P13 (vazão 6l), sistema de descarga com válvula Hydra-Flux, que dispensa apenas 6litros por descarga (instalados em teste pela DECA)
- Torneiras de lavatórios: modelos diversos, todos com arejadores
- Torneira do lavabo: Decalux c sensor fotoelétrico mod 1180C, e arejador
- Misturador da cozinha: monocomando com bica móvel mod2258, com arejador
- Misturador do tanque: mod 1258 com bica móvel e arejador articulável

A tabela abaixo mostra a estimativa de consumo nos principais pontos:

Tab. 1: Economia comparativa nos principais pontos de consumo

Dados conta CEDAE jan 06 (R\$)		
Valor do m3 residencia faixa 1 (0 a 15m3)		1,42
Valor do m3 residencia faixa 2 (16 a 10m3)		3,13
* consulte estes valores na tabxx da pag 37		

CÁLCULO ECONOMIA DE ÁGUA ECOHOUSE URCA POR UTILIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS ECONOMIZADORES									
equipamento economizador	# pessoas	tempo utilizaç diária (min)	vazão (l/min) *	# de dias úteis	consumo mensal (l)	consumo mensal (m3)	Gasto mensal (R\$)	ECONOMIA MENSAL (%)	ECONOMIA MENSAL (R\$)
Chuveiro SEM restritor de vazão	4	10	15	23	13800	13,8	19,60		
Chuveiro COM restritor de vazão	4	10	14	23	12880	12,88	18,29	7%	1,31
Misturador de cozinha SEM restritor de vazão	1	30	12	30	10800	10,8	15,34		
Misturador de cozinha COM restritor de vazão	1	30	6	30	5400	5,4	7,67	50%	7,67
Torneira de lavatório SEM arejador	4	2	10	30	2400	2,4	3,41		
Torneira de lavatório COM arejador	4	2	8	30	1920	1,92	2,73	20%	0,68
Torneira de lavatório Decalux *	1	2	6	30	360	0,36	0,51	40%	0,34
Vaso sanitário comum (antigo)	5	4	15	30	9000	9	12,78		
Vaso sanitário com caixa acoplada ou Valv Hydraflux	5	4	6	30	3600	3,6	5,11	60%	7,67
TOTAL ECONOMIA MENSAL EM R\$									17,66

* comparado com gasto mensal de 1 torneira de lavatorio sem arejador

2.2 Descrição do sistema de água pluvial

A água da chuva é coletada em dois telhados verdes – um no bloco da frente e outro no bloco de trás da residência. Cada uma destas lajes tem três pontos de descida de água, sendo o caimento das lajes direcionado para estes ralos – tubos de descida de 75mm cobertos por um ralo “abacaxi”. Em cima de cada ralo abacaxi foi colocado um tubo de 100mm cheio de argila expandida, para ser usado como visita ao ralo e ao tubo de descida, conforme figuras abaixo.

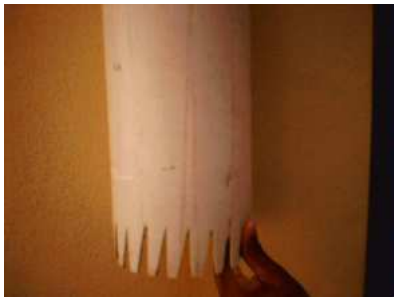


Fig. 1: Tubo de PVC colocado sobre o ralo abacaxi



Fig 2: Tubo PVC cheio de argila expandida: visita ao ralo abacaxi

Além dos telhados verdes, a água da chuva também é coletada no pátio interno e na varanda da suíte principal. Toda a água coletada vai por gravidade para a cisterna de águas pluviais, passando antes pelo filtro mecânico mostrado nas figuras 3 e 4, fornecido em patrocínio ao projeto pela 3P Technick, que é patente Alemã, fabricado em Santa Catarina. Fazem parte deste sistema de filtragem um freio d'água, uma mangueira com bóia, para que a água recalcada seja retirada de uma camada superior da cisterna, não remexendo no lodo depositado no fundo da cisterna, e um sifão-ladrão que retira impurezas da superfície da água, bloqueia cheiros da galeria pluvial e impede a entrada de roedores e outros animais (Fig 4). Atrás do filtro está instalada uma bomba Dankor mod CAM-W16, de 1 HP, 220V para fazer o recalque para a caixa de distribuição de água reciclada, instalada na laje verde mais alta. Está inserido nesta linha de recalque um hidrômetro analógico ABB para as medições da quantidade de água pluvial utilizada (fig 6).



FIG 3: Filtro 3P em corte



Fig 4: freio d'água, mangueira com bóia e sifão-ladrão



Fig 5: cisterna de águas pluviais de 4m³, com o filtro 3P



Fig 6: hidrômetro na tubulação de recalque de água pluvial

A água acumulada na cisterna apresentava uma coloração marrom, devido a partículas muito finas em suspensão (fig. 7). A malha de inox do filtro 3P não consegue barrar estas partículas. Foi instalado um outro filtro na entrada da caixa d'água reciclada (fig. 8), com uma malha de inox mais fina, de 50 micra, mas a aparência da água não se modificou. Foi testado adicionar sulfato de alumínio (na proporção de 40g/m³ de água) à água de chuva acumulada na cisterna, para que estas minúsculas partículas sedimentem após um período de repouso em torno de 24hs. O resultado deste procedimento pode ser visto nas figs 9 a 12.



Fig 7: Coloração marrom escuro da água de chuva



Fig 8: Filtro auxiliar instalado na entrada da caixa d'água reciclada



Fig 9: coloração da água na cisterna 24hs após adição do sulfato de alumínio



Fig 10: coloração da água 40hs após adição do sulfato de alumínio com a cisterna cheia (ocorrência de chuva neste período)



Fig 11: material floculado



Fig 12: coloração da água de chuva nos pontos de consumo após tratamento com sulfato de alumínio

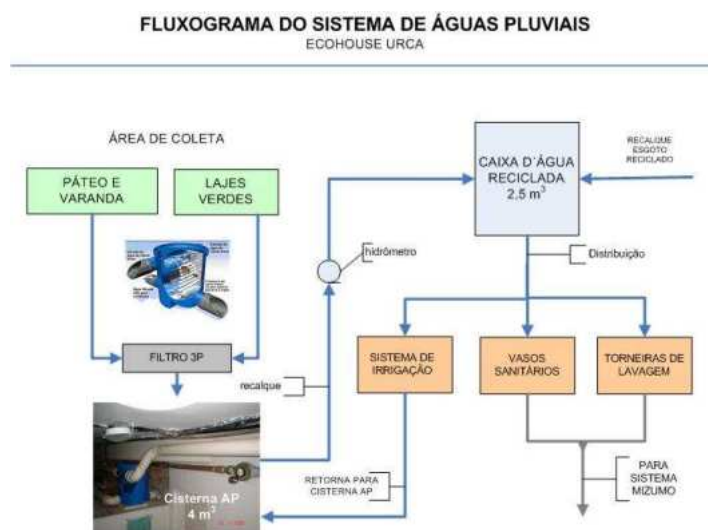


Fig 13: Fluxograma de águas pluviais da Ecohouse Urca

2.2.1 Dimensionamento da cisterna

Os dados pluviométricos utilizados foram obtidos na Tabela de Precipitações pluviométricas, segundo as estações de observação e os meses do ano -1997 a 2003, específicos para o bairro da Urca, medidos pela SMO¹ e pela GEORIO².

Foi utilizado o método analítico de Rippl para o dimensionamento da cisterna de águas pluviais, para demanda constante de 5,86 m³/mês, área de captação total de 174m² e coeficiente de runoff³ de 0,80. Chegou-se a um volume de 20m³ aplicando-se 95% de probabilidade ao resultado inicial, e 5,6m³ aplicando-se 75% de probabilidade.

Partindo destes dados, foi construída uma cisterna de águas pluviais de 4m³ dentro do banheiro de empregada. Ainda há uma caixa de água de 2,5m³ para fazer a distribuição de água reciclada, a qual recebe água pluvial da cisterna para fazer a distribuição por gravidade para os pontos de consumo de água não-potável. Foi escolhido trabalhar com um reservatório menor do que o previsto nos cálculos pela falta de disponibilidade de espaço. Nos grandes centros urbanos, temos o problema da escassez de espaço disponível para a construção de cisternas.

3. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Analisando a tabela abaixo é possível verificar que a utilização média da água de chuva na Ecohouse Urca no ano de 2005 corresponde a uma média de **20% do consumo total de água**. Isto representa uma economia de 73,50m³ por ano de água tratada, clorada e cara que deixou de ser utilizada para usos não-potáveis – além de uma economia na conta da concessionária no valor de aproximadamente R\$ 167,00 por ano, mais a correspondente taxa de esgoto no mesmo valor. É

¹ SMO: Secretaria Municipal de Obras

² GEORIO: fundação vinculada à SMO, especializada e geotecnia e contenção de encostas

³ O volume de água de chuva que pode ser aproveitado não é o mesmo que o precipitado. Usa-se um coeficiente de escoamento superficial chamado de coeficiente de runoff, que é o quociente entre a água que escoar superficialmente pelo total da água precipitada. Esta perda de água de chuva é devida à limpeza do telhado, perda por evaporação, perdas na autolimpeza e outras

importante frisar que não houve diminuição do conforto dos ocupantes em relação ao uso da água. Racionalizar e conservar não significa diminuição da qualidade de vida.

Tab.2 - Ecohouse Urca: Consumo medido e IC de água pluvial e água potável 2005 e 2006

ECOHOUSE URCA - MEDIÇÃO ÁGUAS PLUVIAIS					
ANO	Consumo Aguas Pluviais - m3	Consumo Diário m3	Consumo Cedae - m3	Consumo Total m3	Consumo Tot Diário m3
2005	6,11	0,20	25,42	31,88	1,06
2006	6,24	0,20	18,42	24,35	0,78

ECOHOUSE URCA INDICES DE CONSUMO IC = litros/pessoa/dia		
Ano	2005	2006
IC água não potável	50	50
IC água potável	210	150
IC TOTAL	260	200

O bairro da Urca tem uma superfície de 2,3 km². Supondo que 30% desta área é construída, tem-se uma área de captação de água de chuva de 690.000m². Imaginando que 50% desta área construída (345.000m²) capte esta água com o mesmo índice de eficiência da Ecohouse Urca, que é de 0,04m³/m², e a reutilize, chega-se a um volume de economia de **13.800m³ de água POR MÊS**.

A tabela abaixo mostra a economia de água conseguida em 2005, levando em conta os equipamentos economizadores instalados mais a utilização da água de chuva.

Ecohouse Urca – Economia de água potável e não potável no ano 2005

CÁLCULO ECONOMIA DE ÁGUA ECOHOUSE URCA 2005		
ÁGUA NÃO-POTÁVEL _ TOTAL ECONOMIA MENSAL **	9,72	32,31
ÁGUA POTÁVEL _ TOTAL ECONOMIA MENSAL	7,4	10,00
TOTAL ECONOMIA MENSAL	16,75	42,31
TOTAL ECONOMIA ANUAL	201	507,72

** o cálculo da economia em reais da água não potável foi multiplicado por dois, considerando que o esgoto desta água não é devido, pois seu destino é a ETE doméstica

* os valores em reais foram calculados com base no valor do m3 residencia faixa 2 (16 a 10m3) de jan 2006

Um sistema de coleta e reuso da água de chuva também auxilia no combate às inundações, tão recorrentes no Rio de Janeiro, e na maioria das grandes regiões metropolitanas, Quando chove muito, ocorrem inundações - a enorme quantidade de água descendo pela pedra dos morros da Urca e do Pão-de-Açúcar encontra apenas superfícies impermeabilizadas ao chegar ao nível do mar. A Avenida São Sebastião transforma-se em um rio (única ladeira do bairro), e as praças do bairro, assim como algumas residências, ficam alagadas.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **NBR 10844**: Instalações prediais de água pluvial. Rio de Janeiro, Dezembro 1989.

ANA et al. **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. São Paulo. Prol Editora Gráfica, 2005

BOOKER, N. Sustainable Alternatives in the Provision of Urban Water Services – an Australian Approach (CSIRO) Australia. **In: Xth IWRA World Water Congress**. 2000, Melbourne, Australia.

BRASIL. ANEEL. Ministério do Meio Ambiente - SRH. **O Estado das Águas no Brasil**.1999. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/oestado/texto/13-16.html>. Acessado em 12/02/2004

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Recursos Hídricos. **Avaliação das Águas do Brasil**. Brasília 2002. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/>>. Acessado em agosto de 2003.

FENDRICH, Roberto. **Coleta, Armazenamento, Utilização e Infiltração das Águas Pluviais na Drenagem Urbana**. Tese (Doutorado). Curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

GELT, J. **Home Use of Graywater, Rainwater Conserver Water – And May Save Money**, EUA, 2002. Disponível em <http://www.waterwiser.org>. Acessado em 15.07.02

GOULD, J.; NISSEN-PETERSEN, E. **Rainwater catchment systems for domestic supply: Design, construction and implementation**. Londres, ITDG Publishing 1999, 335p.

GROUP RAINDROPS. **Aproveitamento da água de chuva**. Curitiba , 2002, 1ª edição. Ed. Organic Trading, 196 p.

MACOMBER, P.S.H. **Guidelines on Rainwater Catchment Systems for Hawaii**. Department of Natural Resources and Environmental Management. College of Tropical Agriculture and Human Resource. University of Hawaii at Manoa. 2001. Disponível em <<http://www2.ctahr.hawaii.edu/oc/freepubs/pdf/RM-12.pdf>>. Acessado em junho de 2005.

MOBBS, Michael. **The Sustainable House**. Choice Books. Sydney.2002,187p.

OLIVEIRA, L.H. **Metodologia para implantação de programa de uso racional da água em edifícios**. Tese (Doutorado). Curso de Pós- Graduação Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

Água de chuva para consumo humano e produção de alimentos

Luiza Teixeira de Lima Brito¹
Aderaldo de Souza Silva²

1. Introdução

Estudos realizados por diversos órgãos internacionais e nacionais confirmam que diversos países vêm enfrentando uma severa crise de água, tanto para o consumo de sua população como para o desenvolvimento social e tecnológico. Esta crise tem forte relação com a falta de uma gestão integrada dos recursos hídricos e torna-se mais grave, por um lado, devido ao crescente aumento populacional, ao aumento da poluição da água, ao consumo excessivo; por outro, a falta generalizada de políticas que orientem o reuso e a redução de desperdícios em diferentes escalas. Mudar esta situação é um dos maiores desafios que a humanidade enfrenta -, tentativas têm sido e estão sendo feitas.

No século vinte a população mundial aumentou mais de três vezes, enquanto o consumo de água aumentou nove vezes, aproximadamente. Estudos apontam que atualmente mais de um bilhão de pessoas não tem acesso à água potável e igual número não tem acesso a serviços de saneamento básico. Segundo Barlow e Clarke (2003), estima-se que em um horizonte de 25 anos até 2/3 da população estará vivendo com severa escassez de água doce. Afirmam ainda que “esta é a guerra invisível da água”, que além de ser responsável pela degradação ambiental, compromete também à saúde humana, pela falta de tratamento adequado da água, sendo as pessoas, principalmente crianças, vítimas de diarreia, cólera e esquistossomose, entre outras doenças.

De acordo com Brown et al., (2000), o mundo ao se defrontar com a escassez de água também enfrentará a escassez de alimentos, uma vez que são necessárias, em média, *1000 toneladas de água para produzir uma tonelada de grãos*, ou seja, uma relação 1000:1; portanto, a competição pela água, provavelmente ocorrerá nos mercados mundiais de alimentos.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) por meio da Resolução N^o. 357, de 17 de março de 2005 (Brasil, 2005), dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes

¹ Eng. Agrícola, Dr. Pesquisadora da Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE. 56300-970. Fone: (087) 3862-1711, e-mail: luizatlb@cpatsa.embrapa.br

² Eng. Agrônomo, Dr. Pesquisador da Embrapa Semi-Árido. e-mail: aderaldo@cpatsa.embrapa.br

ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelecem as condições e padrões de lançamento de efluentes e classifica as águas quanto ao teor de sais como: água doce: águas com salinidade igual ou inferior a 0,50 ‰, água salobra: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰ e 30 ‰, e água salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰.

Não se deve confundir "água doce" com "água potável". Padrões de potabilidade da água variam em função do uso. A Portaria Nº. 518, de 25 de março de 2004 (Brasil, 2004) estabelece os padrões de potabilidade da água para o consumo humano.

1.1 A água no Brasil e no Semi-Árido

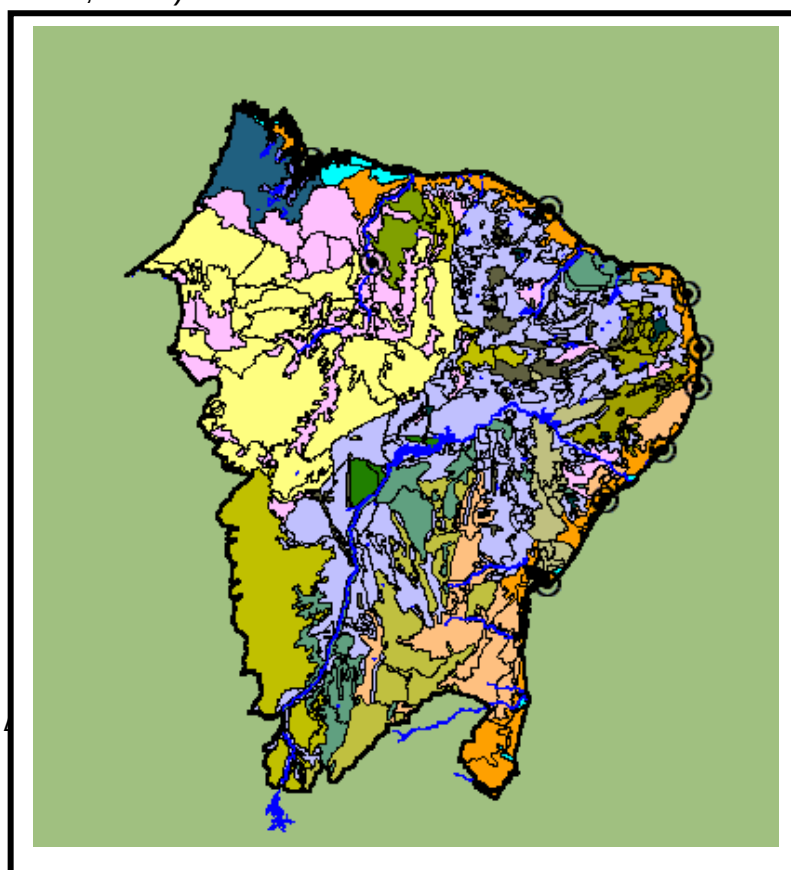
O Brasil está incluído entre os países de maior reserva de água doce, porém, por conta de suas dimensões geográficas e diversidade climática, algumas regiões sofrem problemas graves de escassez de água, como o Semi-Árido nordestino. Recentemente, grandes metrópoles como Fortaleza (CE), Campina Grande (PB), Recife e Caruaru (PE), têm passado por problemas de racionamento constante de água. Do total de água existente no país, apenas 3% encontra-se na região Nordeste, sendo que 63% estão localizados na bacia hidrográfica do rio São Francisco.

O Semi-Árido brasileiro ocupa 67% da região Nordeste, com área de 969.589,4 km², se estendendo do estado do Piauí ao Norte de Minas Gerais, perfazendo 1.133 municípios. Sua delimitação tem por base três critérios técnicos, os quais foram aplicados consistentemente a todos os municípios que pertencem à área da Sudene, incluindo os municípios do norte de Minas Gerais e do Espírito Santo (Brasil, 2005).

- Precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm;
- Índice de aridez de até 0,5, calculado pelo balanço hídrico que relaciona as precipitações e a evapotranspiração potencial, no período entre 1961 e 1990; e
- Risco de seca maior que 60%, tomando-se por base o período entre 1970 e 1990.



Trata-se de uma região caracterizada por uma grande diversidade de quadros naturais e socioeconômicos. A compreensão sobre a diversidade do Semi-Árido, no que se refere aos seus recursos naturais e agrossocioeconômicos, tem sido objeto de estudos da Embrapa, que identificaram 172 unidades geoambientais na região Nordeste, das quais 110 estão inseridas no Semi-Árido (Silva et al., 2000).



Dentro dessa diversidade, o crescente número de experiências organizacionais desenvolvidas em torno da agricultura familiar, vem superando a vulnerabilidade desses agroecossistemas, diante das secas e constituindo alternativas econômicas sustentáveis.

A principal característica desta região é a irregularidade do regime de precipitação, tanto no tempo, como no espaço, cujas precipitações pluviométricas ocorrem em até quatro meses em diversos municípios. Segundo Porto et al., (1983) apenas três em cada dez anos são considerados normais quanto à distribuição das precipitações.

Associada à escassez de água em consequência da irregularidade das chuvas, as altas taxas evapotranspirométricas contribuem para reduzir a disponibilidade hídrica e favorecer a concentração de solutos nas fontes hídricas superficiais degradando a qualidade das águas, por meio da eutrofização, salinização e concentração de compostos não permissíveis para alguns usos considerados nobres que exigem rigoroso controle da qualidade. No que se refere às fontes subterrâneas, dado ao predomínio das rochas cristalinas, os sistemas aquíferos são do tipo fissural e apresentam vazões inferiores a $3 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$, teores de sólidos dissolvidos totais, em média, 3 g L^{-1} , com predominância de cloretos (Leal, 1999).

Este quadro de incertezas quanto à disponibilidade e à qualidade das águas gera insegurança na tomada de decisão de políticas de desenvolvimento agropecuário e sócio-econômico para a região, necessitando, portando, de medidas de planejamento e gestão dos recursos hídricos disponíveis visando atender à demanda da população de forma permanente.

Braga et al. (1999) afirmam que para um planejamento e gestão dos recursos hídricos em bases sustentáveis, são fundamentais informações referentes à caracterização física dos sistemas hídricos. A gestão das águas tem base na legislação vigente, destacando-se a Lei Federal Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil 1997), que contempla a elaboração do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) recém-lançado (Brasil, 2006), como instrumento de gestão, definido para fundamentar e orientar a implementação dessa política, e tem por objetivo geral:

estabelecer um pacto nacional para a definição de diretrizes e políticas públicas voltadas para a melhoria da oferta de água, em qualidade e quantidade, gerenciando as demandas e considerando a água um elemento estruturante para a implementação das políticas setoriais, sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social.

O PNRH contempla como conteúdo mínimo, um diagnóstico atual, um balanço hídrico contemplando os aspectos de qualidade e quantidade, entre disponibilidades e demandas atual e futura, a identificação de conflitos potenciais e proposição de medidas para o aumento da oferta hídrica.

Prover meios de melhor convivência do homem com o déficit de chuvas e sua irregularidade no Semi-Árido brasileiro, diferentes ações estratégicas foram implementadas ao longo de muitos anos, entre estes: projeto nordeste, projeto sertanejo, áridas, etc. Estes foram implementados, de forma isolada ou integradas a programas de governo em nível federal, estadual e municipal ou por meio de políticas públicas, como o PNRH.

O PRNH enfatiza a necessidade e valoriza a captação de água de chuva como uma das alternativas para amenizar os efeitos de sua irregularidade, principalmente em áreas com recursos hídricos limitados. Ressalta, ainda, que o Programa Um Milhão de Cisternas P1MC (Brasil, 2006), conta atualmente com mais de 200 mil cisternas construídas em todo semi-árido brasileiro, beneficiando um milhão de pessoas, aproximadamente. Importante ressaltar que nessa área, a água para o consumo humano é essencial, mas, também é essencial a água para reduzir riscos da produção, seja agrícola, e, ou pecuária, como preconiza o P1+2, que significa “uma terra” para produzir e “duas” fontes de água, sendo uma para o consumo humano, ofertada pelo P1MC e a outra para produção de alimentos.

O PNRH descreve que a água da chuva pode ser captada de telhados, do chão e do solo, armazenada e, ou infiltrada de forma segura, tratada conforme requerido pelo uso final e utilizada no seu potencial pleno, substituindo ou suplementando outras fontes atualmente usadas, antes de ser finalmente dispensada. Nesse sentido, quer seja para o armazenamento e o consumo, quer seja para redução dos impactos negativos, que podem ser causados a jusante pelo escoamento, a adoção de práticas e tecnologias de manejo de água de chuvas nas zonas urbanas, tais como a instalação de sistemas de captação nas edificações e o aumento da cobertura vegetal, devem ser intensificadas.

Estudos desenvolvidos na Embrapa Semi-Árido apontam que apenas três em cada dez anos são considerados normais quanto à distribuição das precipitações, mesmo assim, com poucas chances de obtenção de sucesso nas colheitas agrícolas. Para a cultura do milho, as chances de sucesso são de apenas 10% (Porto et. al. 1983). Este quadro de incertezas quanto à disponibilidade e à qualidade das águas gera insegurança na tomada de

decisão de políticas de desenvolvimento agropecuário e sócio-econômico para a região, necessitando, portanto, de medidas de planejamento e gestão sustentáveis da água visando atender à demanda da população de forma permanente.

2. Tecnologias para captação de água de chuva

A Embrapa Semi-Árido vem trabalhando desde sua criação, em 1975, no sentido de aumentar oferta de água no Semi-Árido brasileiro, de forma a tornar as tecnologias mais acessíveis ao seu público-alvo – os pequenos produtores das áreas secas, e assim, reduzir os efeitos das diversidades ambientais e sócio-econômicas. Para suprir a deficiência de água para diferentes usos no meio rural, como consumo humano, animal e produção agrícola, diferentes alternativas tecnológicas têm sido desenvolvidas e/ou adaptadas às condições, visando o armazenamento e uso das águas de chuva. Entre elas, podem-se citar:

2.1. Cisterna - Para aumentar a disponibilidade e melhorar a qualidade das águas para consumo humano no meio rural, a Embrapa Semi-Árido adaptou diferentes modelos de cisternas, principalmente preocupada em aumentar a área de captação de água de chuva para aquelas famílias cujos telhados das residências apresentavam tamanho limitado para as condições das precipitações pluviométricas ocorrentes, como mostrado na figura, uma cisterna construída em 1982 (Silva e Porto, 1982). Neste sentido, a área de captação da água de chuva passou a ser o próprio solo revestido com diferentes materiais. Atualmente este modelo é utilizado no P1MC como cisterna calçadão.



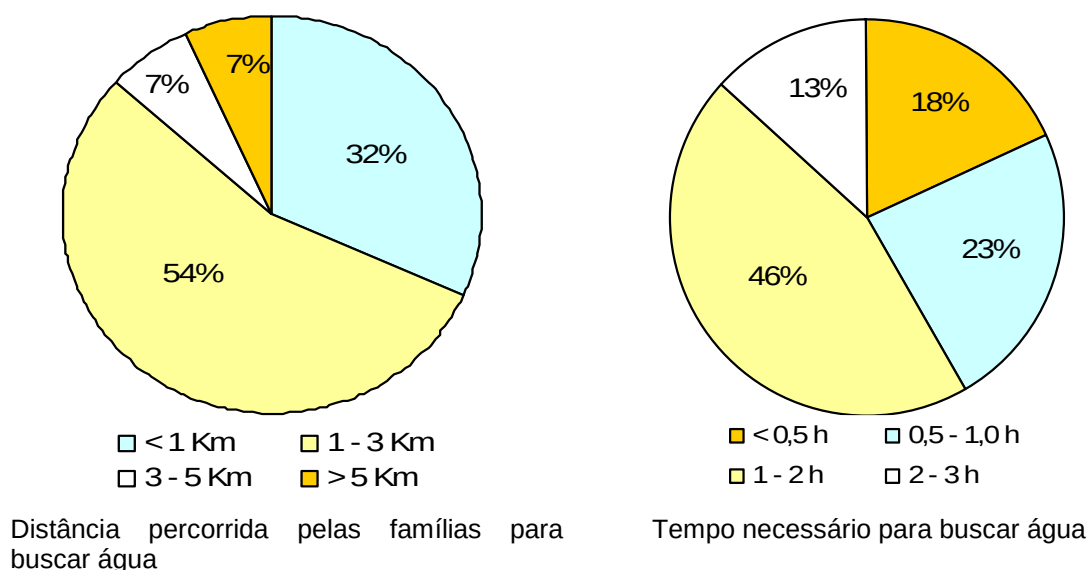
Cisterna com área de captação no solo revestido com lona plástica e brita, construída em 1982.



Cisterna tipo calçadão, com a área de captação no solo (Farias Júnior et al. 2003)

Antes do P1MC muitas famílias do Semi-Árido eram atendidas por meio de carros-pipa ou iam buscar água a longas distâncias, de até 3 km, em média, despendendo, uma a duas horas por dia (Brito et al. 2005). Em ambas as

situações, a água não apresenta garantia em quantidade, qualidade e permanência.



A quantidade de água que uma pessoa precisa para beber e realizar suas atividades básicas - cozinhar e higiene mínima, como lavar o rosto - é de 14 litros por dia (Silva et al., 1984), representada na equação abaixo pelo *consumo* da família ou das pessoas que utilizam a água da cisterna para beber. Assim, para dimensionar a água da família, devemos saber o *número* total de pessoas que irá utilizar a água da cisterna, bem como o período sem chuvas de cada região. No dimensionamento de uma estrutura hídrica, deve-se considerar os “eventos críticos”, um dos quais, no caso da cisterna, é o período máximo que não chove na região, mas no qual as famílias continuam necessitando de água para a sua manutenção.

No dimensionamento da área de captação (A_c), além do volume (V) de água a ser armazenado na cisterna para atender às necessidades das famílias, é preciso conhecer, também, a precipitação (P) que ocorre no município e a eficiência do escoamento superficial da água.

Geralmente, no Semi-Árido brasileiro, apenas 3 em cada 10 anos são considerados normais quanto às precipitações pluviométricas. Daí a importância de se considerar essa variável no dimensionamento de estruturas hídricas. Logo, municípios com maiores valores de precipitações necessitarão de menores áreas de captação para um mesmo volume de água a ser armazenado.

Para melhor compreensão dessa discussão consideraremos dois municípios com valores de precipitações extremos: Casa Nova e Teofilândia, ambos na Bahia. Para a maior garantia de água nos anos de poucas chuvas, os sistemas de captação de água de chuva devem ser dimensionados tendo como base a precipitação média dos anos mais secos. Isto corresponde ao valor da precipitação calculado a P_{25}^0 percentil (mm), aproximadamente.

Em diferentes pesquisas realizadas pela Embrapa Semi-Árido, também foram identificados riscos de contaminação das águas armazenada nas cisternas dada à presença de coliformes fecais e totais na maioria das cisternas. Diante disto, há necessidade de capacitação dessas famílias com relação ao manejo adequado da água, visando reduzir os riscos de contaminação. Para reduzir os riscos de contaminação, as famílias não devem ter contato direto com a água da cisterna, para isto, é essencial que todas as cisternas tenham bomba manual e que a água seja tratada; a cisterna deve ser bem lavada e desinfetada antes do período das chuvas; deve-se desviar as primeiras águas das chuvas; manter a área circunvizinha à cisterna sempre limpa; deve ter cerca para evitar acidentes (crianças e animais); deve permanecer sempre tampada; não deve apresentar vazamentos, que podem se constituir em contaminação, entre outros cuidados.

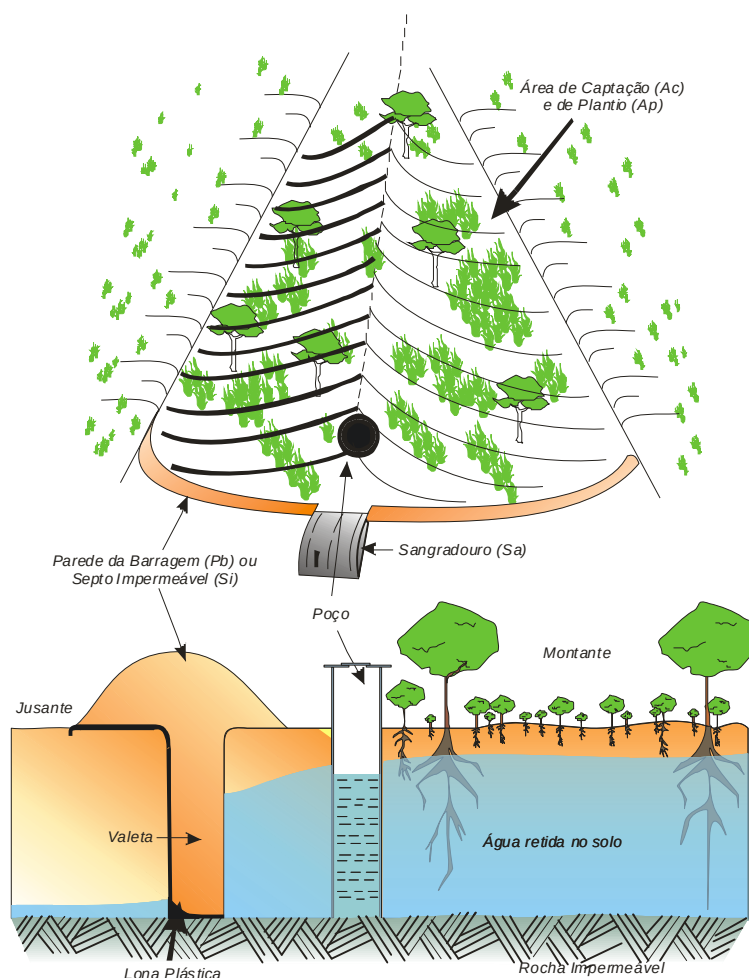
Comparação entre os municípios de Casa Nova e Teofilândia (BA)

Estado	Município	Comunidade	No. cisternas
BA	CASA NOVA	LAGO	59
Precipitação média (mm)			
Série (anos)			22
Anos secos			5
Quantidade dias sem chuvas por ano			240
Pmédia anual (mm)			384,95
Pmédia anual período seco: 25% (mm)			282,93
Pmédia anual normal: 50% (mm)			348,85
Pmédia anual úmido: 75% (mm)			456,40
Necessidade de água			
No. pessoas/família	Médio		4,59
	Máximo		11,00
	Mínimo		1,00
Vol. Atual Cisterna (m3)			16,00
Atendimento atual de famílias			34(56,67%)
Volume água nec./família (m3)	Médio		15,23
	Máximo		36,96
	Mínimo		3,36
Area captação (Ac)			
Variação da Ac atual: (m2)	Médio		76,23
	Máximo		205,02
	Mínimo		26,68
Ac mínima necessária:Ps (m2)			80,80
AC atual com 2 calhas			52(86,7%)
Ac atual (Ps) atende famílias			20(33,3%)
Ac em função Vol nec.:Ps (m2)	Médio		76,92
	Máximo		186,64
	Mínimo		16,97
Estado	Município	Comunidade	No. cisternas
BA	TEOFILÂNDIA	PEDRA GRANDE	43
Precipitação média (mm)			
Série (anos)			18
Anos secos			11
Quantidade dias sem chuvas por ano			240
Pmédia anual (mm)			1.564,35
Pmédia anual período seco: 25% (mm)			1.316,00
Pmédia anual normal: 50% (mm)			1.595,30
Pmédia anual úmido: 75% (mm)			1.737,45
Necessidade de água			
No. pessoas/família	Médio		6,84
	Máximo		13,00
	Mínimo		2,00
Vol. Atual Cisterna (m3)			16,00
Atendimento atual de famílias			8(18,6%)
Volume água nec./família (m3)	Médio		22,97
	Máximo		43,68
	Mínimo		6,72
Area captação (Ac)			
Variação da Ac atual: (m2)	Médio		43,36
	Máximo		109,20
	Mínimo		14,52
Ac mínima necessária:Ps (m2)			17,37
AC atual com 2 calhas			34(79%)
Ac atual (Ps) atende famílias			37(86,0%)
Cisternas com 2 calhas em todas AC			37(86,0%)
Ac em função Vol nec.:Ps (m2)	Médio		25,17
	Máximo		47,42
	Mínimo		7,29

2.2. Barragem subterrânea - é uma alternativa tecnológica para o aproveitamento das águas de chuva, evitando-se que escoem na superfície do solo, onde podem causar erosão, além de não poderem ser utilizadas posteriormente. As águas são armazenadas no perfil do solo, de forma a permitir a criação ou a elevação do lençol freático existente, possibilitando a

exploração de uma agricultura de vazante, prática comum na região, ou uma subirrigação. Os custos de implantação variam em função de fatores como comprimento da parede, material utilizado, profundidade da camada impermeável, disponibilidade de mão-de-obra na família, conforme figura abaixo.

No início dos anos 80, a Embrapa Semi-Árido retomou esses trabalhos, introduzindo novos materiais na construção da parede da barragem, também conhecida como septo impermeável e introduzindo novas espécies de culturas anuais, como milho, feijão, sorgo e espécies frutícolas, como manga, goiaba, acerola e limão.



A barragem subterrânea é uma tecnologia simples, porém requer um manejo adequado para sua operação e manutenção (Brito et al, 1999).



As barragens não devem ser locadas em áreas cujos solos apresentam riscos de salinização. Nestas condições e quando possível, recomenda-se a construção de poço amazonas, como mostrado na figura ou cacimbas à montante da barragem subterrânea, o que permite a renovação da água, a utilização para consumo humano e de pequenas criações, permite também bombear água para irrigar outras áreas da propriedade.



2.3. Sistemas de captação in situ - o método tradicional de cultivo, que consiste da semeadura em covas, é capaz de armazenar certa quantidade de água de chuva e é um sistema aparentemente pouco agressivo ao ambiente, mas como o solo não foi preparado (arado) antes, sua superfície apresenta-se ligeiramente compactada, dificultando a infiltração da água no solo e facilitando o escoamento superficial, que contribui para o processo erosivo. Portanto, técnicas de preparo do solo, como a captação in situ, são as mais recomendáveis, uma vez que além de aumentar a disponibilidade de água, conserva o solo e os fertilizantes no próprio local de plantio.

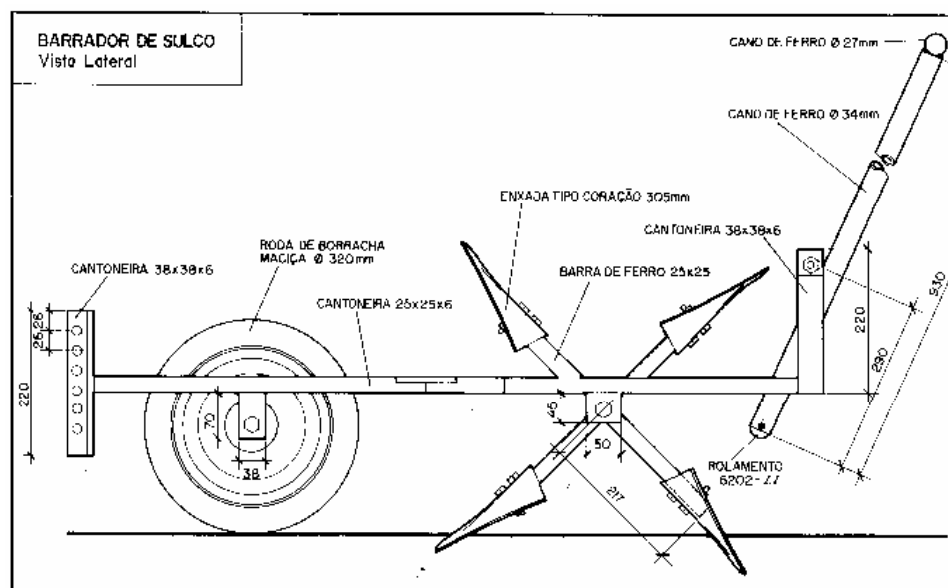
A captação de água de chuva in situ é uma técnica simples e apresenta baixos custos de implantação. No entanto, estes custos são muito variáveis e dependem, principalmente, do equipamento, seja a tração animal ou mecânica, como também do método utilizado.

Existem vários métodos de captação de água de chuva in situ, tanto usando tração mecânica quanto animal. Entre eles:

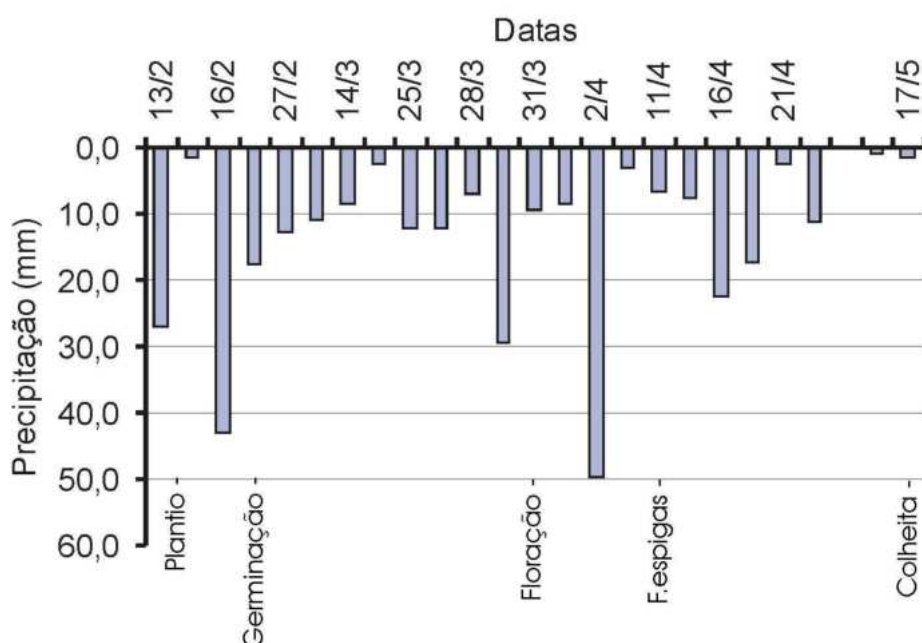
- Aração e Plantio no Plano: aração total da área e semeadura no plano - forma pequenas ondulações no perfil do solo. Este sistema consiste da utilização de arados a tração animal ou a tração motora;
- Guimarães Duque: consiste na formação de sulcos, seguidos por camalhões altos e largos, formados por meio de cortes efetuados no solo em curva de nível, usando um arado de disco reversível com 3 discos. Para confecção dos sulcos, recomenda-se retirar o disco que fica mais próximo dos pneus traseiros do trator.
- Sulco Barrado: consiste de uma aração e sulcamento do solo com 0,75m de distância entre sulcos, seguido da operação de barramento, que são pequenas barreiras que têm por finalidade impedir o escoamento da água de chuva.



Para isto, foi desenvolvido um barrador de sulco tracionado por um só animal, viabilizando a adoção da tecnologia pelos pequenos agricultores, como mostra a figura abaixo.



Trabalho realizado no campo experimental da Embrapa Semi-Árido em 2006, utilizando diferentes métodos de captação de água de chuva, com a cultura do milho, variedade catingueiro, e com apenas 322,0 mm de chuva, distribuídos de forma irregular, o sistema de sulco barrado proporcionou menores perdas de solo e água e maiores produtividade da cultura (Brito et al. 2007).



Produtividade da cultura do milho sob diferentes métodos de preparo de solo

Tratamentos	Altura ¹ (m)	Diâmetro basal (m)	Nº. de espigas	Matéria seca (kg.ha ⁻¹)	Produtividade (kg.ha ⁻¹)
G. Duque	1,42a	0,95a	1,03a	306,0c	322,0c
Aração profunda	1,55a	1,14a	1,01a	346,0b	362,0b
Aração parcial	1,51a	1,04a	1,03a	376,0b	370,0b
Sulco barrado	1,52a	0,98a	1,01a	482,0a	606,0a
Solo plano	1,21b	0,71b	1,0a	190,0d	302,0d
Média	1,44	0,96	1,02	340,0	392,4
C.V. (%)	4,08	9,54	4,65	566,67	654,0

¹Médias seguidas pela mesma letra nas colunas, não diferem entre si, pelo Teste de t.

2.4. Irrigação de salvação - no semi-árido brasileiro o plantio ocorre após as primeiras chuvas e é muito comum a ocorrência de veranicos, isto é, períodos de 20 a 30 dias sem novas chuvas, o que compromete seriamente as culturas na primeira fase de seu desenvolvimento. Daí, a necessidade da aplicação de lâminas de água para atender às necessidades básicas nessa e nas demais fases em que as culturas mais necessitam de água. O barreiro para uso da irrigação de salvação tem a finalidade de suprir de água as culturas nesses veranicos.

- O barreiro constitui-se de uma pequena barragem de terra, formada por uma área de captação, um tanque de armazenamento e uma área de plantio. A água é aplicada por gravidade na área irrigada.



Em anos normais de precipitações pluviométricas essa tecnologia pode permitir a exploração de dois ciclos de cultura, sendo o primeiro de forma tradicional, isto é, com a cultura sendo explorada com a água da chuva, e o segundo, utilizando-se a água que fica armazenada no reservatório para irrigação.

Finalmente, o ambiente semi-árido do Nordeste brasileiro é diversificado nos seus recursos naturais e complexo na convivência do homem com o seu clima seco e quente, constituindo-se, por um lado, num fator limitante para a produção agropecuária dependente de chuvas, por outro, favorável à agricultura de exportação.

3. Referências Bibliográficas

BARLOW, B.; CLARKE, T. **Ouro Azul**. São Paulo: Makron Books. 2003. 331 p.

BRAGA, B.; PORTO, M.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento de quantidade e qualidade das águas. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras: USP/ABC, 1999. cap.19. p, 637-649.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução N°. 357, de 17 de março de 2005. Brasília, DF: SEMA. 23 p. 2005. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2006.

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.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional dos Recursos Hídricos**. Brasília, DF, Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 25 abr. 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Brasília, DF, 1997. p. 35.

Brasil, Ministério da Saúde. **Portaria N°. 518, de 25 de março de 2004**. Diário Oficial, Brasília, 26 de março de 2004. Seção 1, p. 266.

BRITO, L. T. de L.; PORTO, E. R; SILVA, A. de S.; SILVA, M. S. L. da; HERMES, L. C.; MARTINS, S. S. Avaliação das características físico-químicas e bacteriológicas das águas de cisternas da comunidade de Atalho, Petrolina-PE. IN: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 5. 2005, Teresina. **Anais...** Teresina: ABCMAC. 2005. CD-ROM.

BRITO, L. T. de L.; ANJOS, J. B. Dos; CAVALCANTI, N. de B; SILVA, A. de S.; LEITE, W. de M. Influência do preparo do solo na produtividade do milho (*Zea mays* L) no semi-árido brasileiro. IN: Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva, 6. 2007. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABCMAC. 2007. CD-room. A ser realizado em 09-12 de julho de 2007.

BRITO, L. T. de L.; SILVA, D. A. ; CAVALCANTI, N. de B.; ANJOS, J. B. dos; REGO, M. M. Alternativa tecnológica de exploração para aumentar a disponibilidade de água no semi-árido. Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.3, n. 1, p 111-115. 1999.

BROWN, L.; FLAVIN, C.; FRENCH, H. **Estado mundo 2000**. Tradução. H. Mallett. Salvador: UMA Editora, 2000. 288 p.

FARIAS JÚNIOR, M.; JALFIM, F.; PAIVA, I.; ELIEZER NETO, J.; MONTEIRO NETO, L.; CAVALCANTI, A.; RIBEIRO, O.; BUSTAMANTE, Y.; LIMA, M. Convivendo com o semi-árido: construção de cisterna calçadão. Recife, PE: Programa de Apoio à Agricultura Familiar-PAAF, 2003. 28 p. il. (Série Compartilhando Experiências, 3).

LEAL, A. de S. As águas subterrâneas no Brasil: ocorrências, disponibilidade e usos. In: FREITAS, M. A. V. de. (Ed.). **O estado das águas no Brasil**: perspectivas de gestão e informações de recursos hídricos. Brasília, DF: ANEEL-SRH/MME/MMA-SRH/OMM, 1999. p. 139-164. il.

PORTO, E. R.; GARAGORRY, F. L.; SILVA, A. de S.; MOITA, A. W. **Risco climático**: estimativa de sucesso da agricultura dependente de chuva para diferentes épocas de plantio I. Cultivo do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1983. 129 p. (EMBRAPA-CPATSA Documentos, 23).

SILVA, A. DE S.; PORTO, E. R.; BRITO, L. T. DE L.; GOMES, P. C. F. Captação e conservação de água de chuva para consumo humano: cisternas rurais II; dimensionamento, construção e manejo. Petrolina, PE: Embrapa-Cpatsa, 1984. (Embrapa-Cpatsa. Circular técnica, 12).

SILVA, F. B. R. e; SANTOS, J. C. P. dos; SOUZA NETO, N. C. de; SILVA, A. B. da; RICHE, G. R.; TONNEAU, J. P.; CORREIA, R. C.; BRITO, L. T. de L.; SILVA, F. H. B. B. da; SOUZA, L. de G. M. C.; SILVA, C. P. da; LEITE, A. P.; OLIVEIRA NETO, M. B. de. **Zoneamento agroecológico do Nordeste do Brasil**: diagnóstico e prognóstico. Recife: Embrapa Solos-Escritório Regional de Pesquisa e Desenvolvimento Nordeste-ERP/NE; Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2000. (Embrapa Solos. Documentos, 14) 1 CD-ROM.

SILVA, A. DE S.; PORTO, E. R. Utilização e conservação dos recursos hídricos em áreas rurais do Trópico Semi-Árido do Brasil; tecnologias de baixo custo. Petrolina, PE: Embrapa-Cpatsa, 1982. (Embrapa-Cpatsa. Documentos, 14).



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

UTILIZAÇÃO DE PROJEÇÕES DE CENÁRIOS DO IPCC NA CARACTERIZAÇÃO DE UMA POSSÍVEL MUDANÇA CLIMÁTICA NO BRASIL: ASPECTOS DE CLIMA E REGIME HÍDRICO

Wagner R. Soares^{1,2}, Jose A. Marengo¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

¹ Centro de Precisão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC)

² wsoares@cptec.inpe.br

INTRODUÇÃO

Desde 2001 o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) vêm sinalizando que as emissões excessivas de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O) podem provocar mudanças permanentes e irreversíveis no clima do planeta. O último relatório do IPCC em 2007 mostra que os níveis atuais de CO₂ na atmosfera são os maiores já registrados e o aquecimento global é um fato irreversível. O principal fator é o crescente acúmulo na atmosfera desses gases de efeito estufa que são produzidos pela queima de petróleo e derivados, carvão, agricultura e pela destruição de florestas. Se por um lado existe o efeito estufa natural, por outro, a atividade humana está contribuindo para um aumento no clima do planeta. Maiores concentrações de gases de efeito estufa forma uma barreira impedindo que o calor do Sol irradiado de volta para o espaço fique preso na atmosfera causando um maior aquecimento da superfície terrestre e a sensação de estarmos dentro de uma estufa.

Algumas mudanças em paisagens como o descongelamento do lago Nigardsbreen na Noruega, derretimento do gelo na Groelândia e no monte Kilimanjaro além de menor volume de gelo na geleira Athabasca já podem ser observadas.

Tendências de mudanças do clima tais como: mudanças na extensão do gelo marinho no Hemisfério Norte (HN); e a temperatura aumentando no decorrer do Século XX no HN mais do que em qualquer século dos últimos 1.000 anos; a amplitude da temperatura diária ($t_{\max} - t_{\min}$) diminuindo entre o período de 1950 até 2000; os dias com geadas diminuindo em praticamente todas as áreas continentais durante o Século XX; a precipitação nos continentes aumentando

entre 5–10% no HN e diminuindo em várias regiões como oeste da África e partes do Mediterrâneo já são uma realidade. Tendências negativas do número de ciclones e anticiclones e positivas do número de ciclones extratropicais intensos Hemisfério Sul (HS) também foram observadas.

Além disso, outros fatos como o verão de 2003 sendo o mais quente nos últimos anos na Europa, o rigoroso inverno da Rússia sendo o mais quente desde 1879 além de furacões mais intensos que tem ocorrido nos EUA vêm chamando a atenção de pesquisadores e da sociedade, sobretudo quando ocorrem milhares de perdas de vidas humanas. Esses sinais já manifestados podem piorar com invernos mais quentes, mudanças no regime de chuvas, mais secas e furacões e tempestades mais intensos num clima futuro com maior concentrações de gases de efeito estufa. Como consequência, o planeta pode entrar num período de maior número eventos extremos com grandes danos para meio ambiente, agricultura e geração de energia. Os estudos do IPCC para o relatório de 2007, que levaram a essas previsões, são mais precisos que os anteriores, pois utilizaram melhores tecnologias além do avanço no conhecimento científico. Isso aumentou o grau de certeza sobre os efeitos das mudanças no clima, do aquecimento do planeta e da influência humana nesses processos.

Já não é novidade que os recursos naturais são limitados e têm um papel significativo no desenvolvimento econômico e social. O crescimento populacional e econômico levou o homem à explorar, de forma predatória, os recursos naturais em geral e em especial os recursos hídricos.

Até pouco tempo a preocupação estava baseada apenas na gestão de conflitos relacionados aos diferentes usos da água. Porém, atualmente se observa um direcionamento para a otimização dos recursos naturais respeitando os limites dos ecossistemas locais e regionais.

Assim, fica claro que disponibilidade e uso racional desses recursos é fator fundamental para o desenvolvimento da humanidade. Neste ponto, a utilização de técnicas de manejo sustentável de águas são importantes afim de valorizar esse recurso natural cada vez mais escasso no planeta .

Neste trabalho serão mostrados e discutidos alguns fatos já observados em tendências do clima no planeta, além de projeções de clima futuro obtidos pelo Grupo de Pesquisa em Mudança Climática (GPMC, GOF1, PROBIO) do CPTEC/INPE que podem influenciar no regime hídrico no Brasil. Alguns resultados utilizando modelos Globais do IPCC e modelos regionais como o HadRM3P do Hadley Centre mostram aumento de temperaturas e mudanças no regime de precipitação sobre a América do Sul. Áreas como a Bacia Amazônica e Nordeste do Brasil poderão sofrer maiores aumentos de temperatura que regiões mais ao sul do continente.

Alguns modelos do IPCC, a partir de dados de simulações de precipitação num possível clima de aquecimento global, mostram que a região tropical do Brasil pode sofrer com um clima mais seco. Já a tendência na região Sul/Sudeste do País, poderá ser um clima mais úmido sobretudo devido ao transporte de umidade da Bacia Amazônica para esta região.

Deve existir uma constante preocupação relacionada a possíveis mudanças no regime hidrológico uma vez que o recurso água tem uma importância primordial. Técnicas de captação e manejo de água de chuva, que possuem baixo custo

financeiro e operacional, poderão contribuir amenizando os efeitos de um possível clima futuro de aquecimento global principalmente em regiões mais vulneráveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados cinco modelos globais do IPCC e também simulações a partir de modelagem regional do CPTEC/INPE (HadRM3P). As simulações foram realizadas utilizando-se os cenários de emissões SRES do IPCC. Os modelos globais utilizados foram os seguintes: HadCM3 da Inglaterra, o modelo CSIRO da Austrália, o modelo GFDL R30 dos EUA, o modelo CCCma do Canadá e o modelo CCSR/NIES do Japão. As projeções de temperatura e precipitação utilizadas neste estudo foram obtidas para cada modelo a partir de cenários de possíveis emissões futuras de gases de efeito estufa. Estes cenários são denominados SRES (Special Report on Emissions Scenarios) A2 (alta emissão) e B2 (baixa emissão) os quais foram implementados pelo IPCC. Na avaliação dos resultados foram utilizados quatro períodos: o período base (1961-1990), e três timeslices (2020, 2050 e 2080 – SRES A2 e B2). Também foi obtida a média das projeções dos cinco modelos. Além dos dados do IPCC também foram utilizados dados de temperatura do CRU (Climate Research Unit).

RESULTADOS

Cenários climáticos do futuro para o América do Sul:

Anomalias anuais de temperatura em relação ao CRU

Em relação às diferenças observadas, para o período base, na comparação de cada modelo em relação ao CRU se observa na FIG.1 que o modelo japonês coloca temperaturas mais baixas do que o CRU no lado leste dos Andes e temperaturas mais altas nas regiões norte e nordeste, próximo a costa brasileira. O modelo CSIRO mostra temperaturas mais baixas em grande parte do continente Sul-americano com exceção das regiões Sul e Sudeste do Brasil onde se observa valores de temperatura mais elevados que os dados observados. O modelo GFDL mostra diferenças positivas de temperatura mais evidentes, sobretudo na região norte e sobre o estado do Paraná. O modelo Canadense mostra um clima durante o período base mais frio quando se compara as observações do CRU. Finalmente o modelo HadCM3 mostra diferenças sobre a região norte (mais quente) e sobre o estado de Minas Gerais (mais frio). Aparentemente este modelo é o que mais se aproxima dos dados observados do CRU devido a maior porção de área branca na figura e aos valores mais baixos observados nas diferenças.

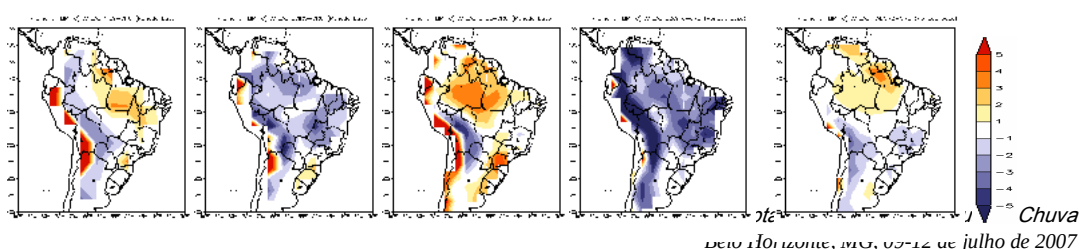


FIG. 1. Anomalias (Modelo menos CRU) anuais de temperatura em C.

Anomalias de temperatura de cada modelo em relação ao período base do próprio modelo

Em relação as diferenças individuais de cada modelo (FIG.2) se obteve que: Na comparação de cada timeslice e cenário SRES em relação ao período base, se observa de modo geral, que devido a maior concentração de gases de efeito estufa o cenário SRES A2 parece colocar maior aquecimento sobre a América do Sul quando se compara ao cenário B2. O modelo HadCM3 no timeslice em 2080 projeta maiores temperaturas (maiores anomalias) sobre a região Amazônica. São observadas diferenças nas magnitudes e na espacialização do aquecimento sobre a América do Sul, por ex: enquanto o modelo CCSR/NIES coloca maior aquecimento sobre a região central da América do sul, o modelo CSIRO coloca maior aquecimento na região mais ao sul. No geral, as figuras mostram gradual aquecimento em relação aos timeslices e em relação aos SRES.

Projeções de temperatura anual

As projeções de temperatura média dos cinco modelos (FIG.4) mostram um possível clima mais quente sobre a região Amazônica no timeslice em 2080 e no cenário SRES A2 com temperaturas entre 30 e 33 °C. Na região mais ao sul o cenário de aquecimento é menos evidente quando se compara as projeções de clima futuro com o clima do presente (1961 até 1990). A região Nordeste também sofre um aquecimento entre 3 e 4 °C em relação ao clima atual.

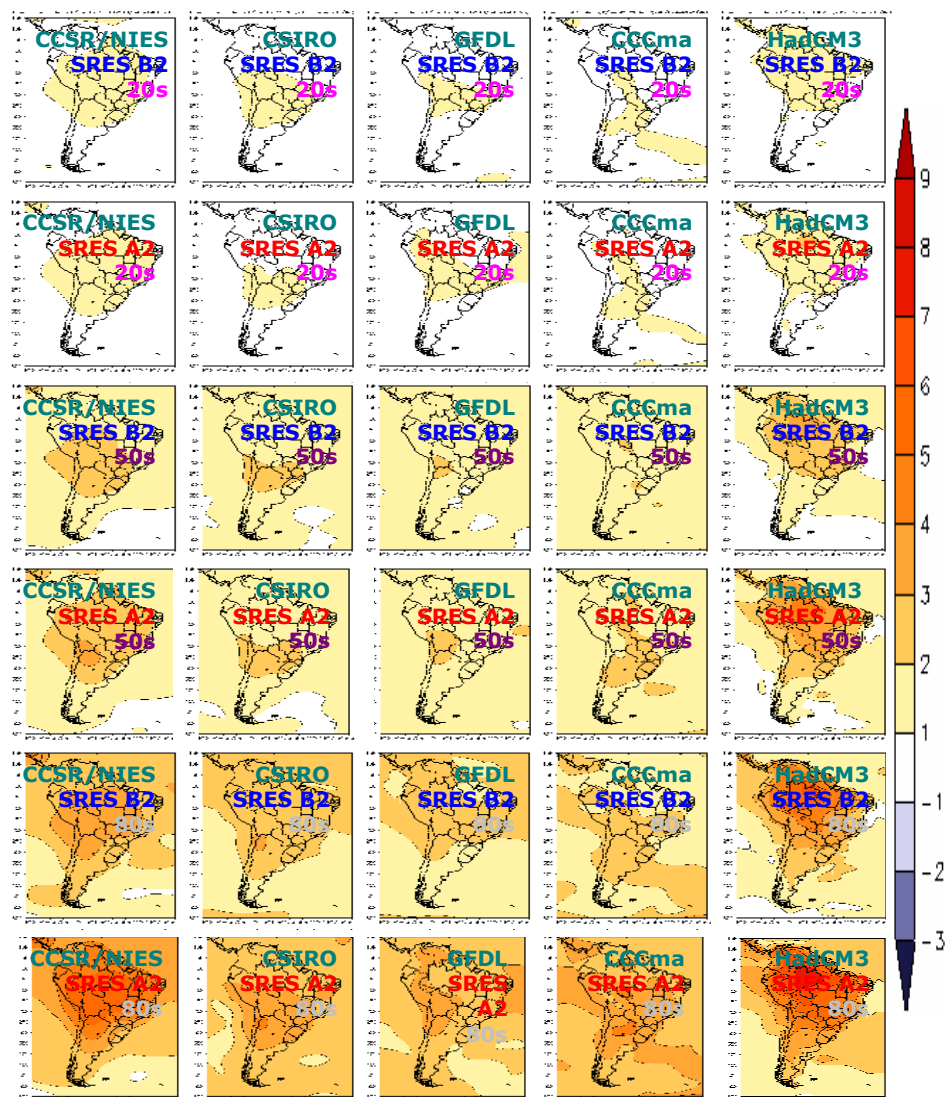


FIG. 3. Anomalias (modelo menos modelo) anuais de temperatura em C. Os timeslices são em 2020, 2050 e 2080.

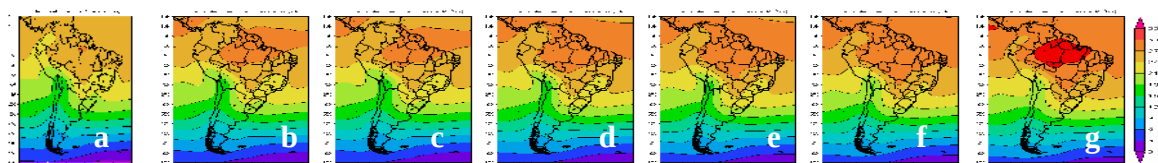


FIG. 4. Projeções de temperatura anual. (a) media para o Período de 1961 até 1990. (b, c, d, e, f e g) projeções para o cenário B2 em 2020, A2 em 2020, B2 em 2050, A2 em 2050, B2 em 2080 e A2 em 2080 respectivamente. A unidade é C.

Precipitação

Como exemplo, consideremos o modelo HadCM3 e os cenários A2 e B2. O período DJF (FIG.5) representa a estação chuvosa em boa parte das regiões Sudeste e Centro Oeste, assim como no Sul da Amazônia, enquanto que o período MAM representa a estação chuvosa do Norte da Amazônia e do Nordeste. A Fig.5 mostra uma diminuição na chuva de verão na Amazônia e no Nordeste, que aparece mais forte no cenário A2 em relação ao cenário B2. A ZCAS (Zona de Convergência do Atlântico Sul) aparece mais intensa no cenário B2 em relação ao A2 durante o verão. Observa-se também (não foi observado nas saídas de outros modelos do IPCC) que a Região Sul do Brasil mostra incrementos na chuva sazonal e anual. A Zona de Convergência Intertropical ZCIT aparece mais intensa e deslocada ao norte de sua posição climática durante DJF e MAM, deixando anomalias de chuva no Nordeste e norte-centro da Amazônia durante estas estações em 2020. Para a primavera (SON) e inverno (JJA) no timeslice em 2020 uma tendência à diminuição na chuva da primavera na Amazônia central (SON) e um possível adiantamento da estação chuvosa no SE do Brasil como mostrado pelas anomalias positivas de chuva (SON), talvez mostrando uma configuração tipo ZCAS durante a primavera de 2020 no cenário A2. Em JJA a ZCIT aparece mais intensa próxima 5S no Pacífico e Atlântico tropical.

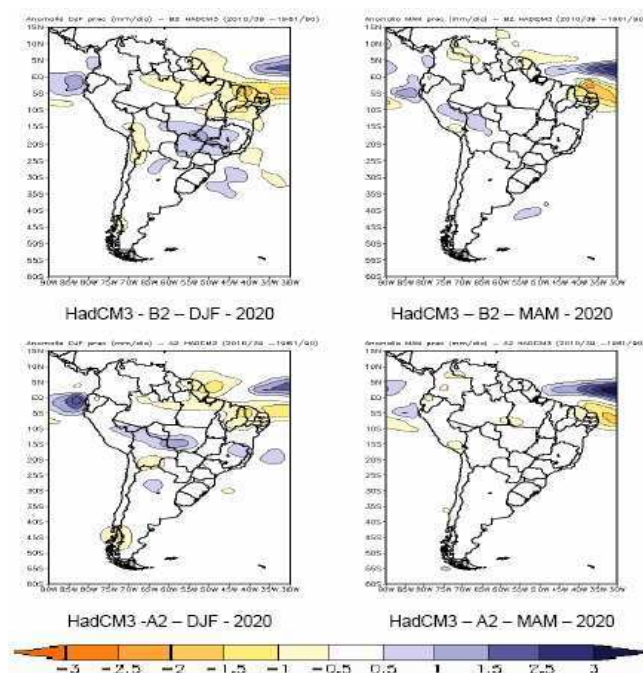


FIG. 5. Projeções de anomalias de chuva para DJF e MAM com referência ao período base 1961-90 para América do Sul. Os cenários são A2 e B2 pelo modelo HadCM3. O time-slice é centrado em 2020.

Anomalias da Média de cinco modelos do IPCC

A partir das anomalias para cada timeslice (FIG.6), em relação à média 1961-1990, se observa que a média obtida dos cinco modelos mostra para a região do Nordeste brasileiro (NEB) um aquecimento em torno de 1, 2 e 3.5°C para o cenário A2 nos timeslices em 2020, 2050 e 2080 respectivamente. No NEB durante o timeslice em 2020 se observa um possível clima mais úmido enquanto que nas outras regiões o sinal de umidade não é forte. Para a região Amazônica em 2080 o aquecimento chega a ser maior que 4.8°C em junho/julho/agosto. Para o Pantanal, maior aquecimento é observado para projeções durante junho/julho/agosto e setembro/outubro/novembro no SRES A2 com timeslice em 2080. A região da bacia do Prata mostra menor aquecimento em relação às outras regiões, com maiores valores projetados para setembro/outubro/novembro no cenário A2. As projeções para o NEB e Prata mostram um clima mais úmido e quente pois são positivas as anomalias de chuva e temperatura. Já a Amazônia teria um clima mais quente e seco (anomalias positivas de temperatura e negativas de precipitação). O Pantanal mostra uma média anual neutra (valores em torno do eixo dos Y) em relação à chuva, sendo observadas diferenças sazonais com períodos mais secos ou mais úmidos.

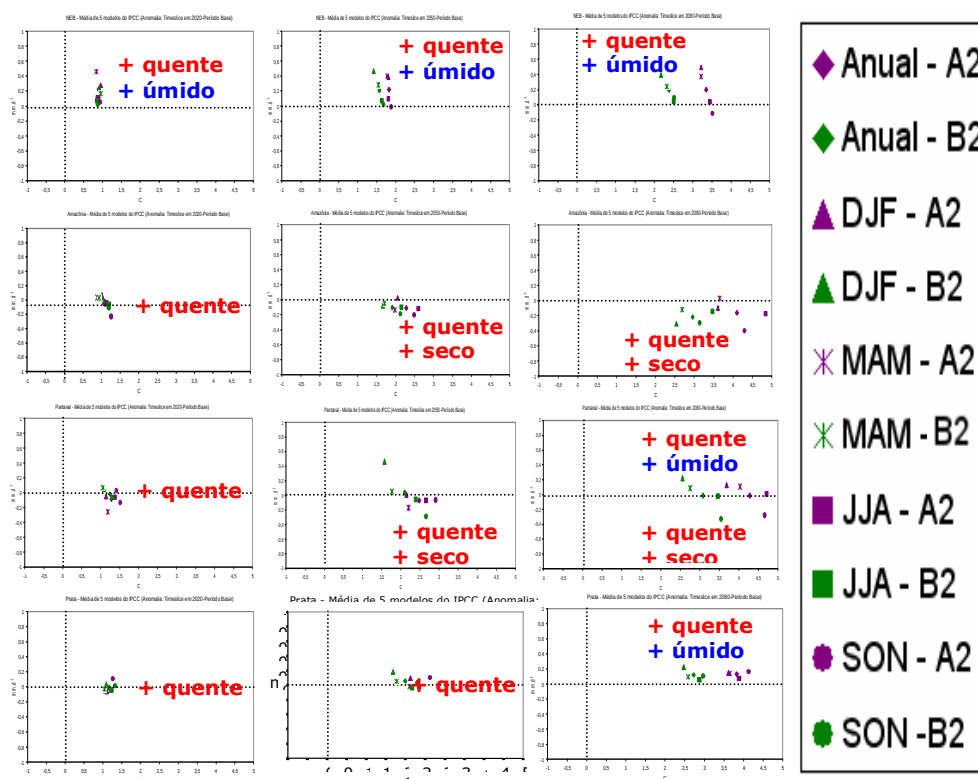


FIG. 6. Caracterização do clima futuro. Diagramas de dispersão T x P. Os timeslices são em 2020, 2050 e 2080.

Eventos Extremos

As simulações para o clima do presente mostram aumentos de até 12 dias em áreas do centro oeste e do sul do Brasil e na Amazônia, mais o padrão é bastante espalhado. Para áreas do Sudeste sobre MG o modelo simula tendências negativas para os índices R10, R95P, RX5 e CDD, que não esta de acordo com as observações. Aparentemente os melhores resultados foram obtidos para CDD. Os padrões são muito semelhantes com diminuição dos dias secos consecutivos no sudeste do Brasil, tendência fraca no Uruguai e Argentina e aumento leve no Sul do Peru, Bolívia e norte do Chile.

No cenário B2, o modelo HadRM3p aponta para um aumento na freqüência de extremos de chuva na Amazônia central e oeste, no Sudeste e Sul do Brasil, assim como reduções no Nordeste. No caso do Nordeste e na Amazônia do leste as projeções para o futuro apontam para um aumento na freqüência de dias secos consecutivos, que são áreas onde o aumento na freqüência de eventos extremos de chuva para o futuro é pouca. No cenário A2 as tendências são similares ao cenário B2, porém, as intensidades são maiores, especialmente no oeste da Amazônia, centro oeste e sudeste e sul do Brasil. O Nordeste e oeste da Amazônia são afetados por reduções de extremos de chuva, porém o padrão mais importante é o aumento na freqüência de dias secos consecutivos (e tendências de aumentos de veranicos) o que implica danos sérios para a agricultura e técnicas como manejo e captação de água de chuva.

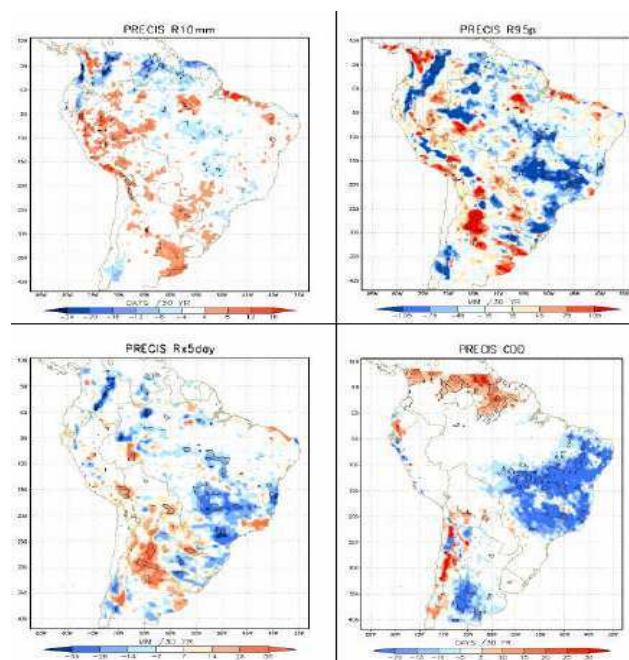


FIG. 7. Tendências projetadas pelo modelo regional HadRM3, cenário A2, período 2071-2100 de dias com chuva maiores a 10 mm R10, dias com chuva acima do 95th percentil R95P, eventos de chuva intensa durante 5 dias consecutivos RX95P

e dias secos consecutivos CDD na América do Sul. Escala de cores aparece na parte direita de cada mapa.

Considerações finais e conclusões

Mudanças climáticas são associadas ao aumento da concentração de gases de efeito estufa, e também em mudanças do uso da terra. Ainda que a contribuição do Brasil para a concentração global de gases de efeito estufa seja menor que a dos países industrializados, e contribuição devido a queimadas (fumaça e aerossóis) é bastante elevada. Se considerarmos os cenários climáticos discutidos como possíveis, as elevadas taxas de aquecimento e a diminuição da precipitação em vastas áreas da Amazônia implicariam num aumento da respiração das plantas e o fechamento dos estômatos, conduzindo por fim ao colapso da floresta. Este cenário é gerado pelo modelo do Hadley Centre e conduziria a uma “savanização” da Amazônia, que passaria a ter um clima mais do tipo do Cerrado a meados de 2050. No Nordeste e na Bacia do Prata, ainda que a chuva tenderia a aumentar no futuro, as elevadas temperaturas do ar simuladas pelos modelos poderiam, de alguma forma, comprometer a disponibilidade de água para agricultura, consumo ou geração de energia, devido a um acréscimo previsto na evaporação ou evapotranspiração. Governos e iniciativa privada precisam oferecer e ampliar mecanismos favoráveis como infraestrutura e logística à administração da água para diversos usos a partir de técnicas de manejo. Um prolongamento na estação seca em algumas regiões do Brasil poderia comprometer o balanço hidrológico regional e assim comprometer atividades humanas como a irrigação. Ainda que se tenha alguma previsão de aumento de chuva no futuro em certas regiões, uma alternativa viável é a utilização de técnicas de manejo associadas a captação de água da chuva. As tendências simuladas pelos modelos globais e o modelo regional HadRM3P sugerem um cenário de clima futuro mais quente em grandes áreas da Amazônia, Centro oeste e Nordeste do Brasil. Regimes hidrológicos poderão sofrer as consequências dessa mudança climática e governo e sociedade devem juntos lidar com o manejo sustentável de águas.

Considerando o clima atual, não existe um padrão claro para definir regiões de fortes mudanças nos extremos de chuvas considerando uma comparação entre o clima atual observado e simulado pelo modelo HadRM3. Em relação aos extremos e chuva no clima do futuro, os modelos projetam para o futuro ao aumento na frequência de eventos extremos de chuva na Amazônia do oeste, sudeste, centro oeste do Brasil, e aumento na frequência de dias secos consecutivos no nordeste (acompanhados de uma redução de eventos extremos de chuva). Isso implica aumento na frequência de veranicos nesta região, o que fica mais intenso no cenário pessimista A2. Pode se concluir que para os extremos de chuva, de maneira geral, os modelos usados tiveram pouca habilidade em simular estes índices. Porém, todos os modelos concordam que não há regiões com grandes mudanças nestes índices o que pode alterar o regime hídrico em nível local e regional. A questão de vulnerabilidade e adaptação deve ser tratada de maneira pragmática, inclusive com o desenvolvimento de modelos que levem em conta as necessidades dos países em desenvolvimento. Nesse esforço, é crucial a participação de técnicos e cientistas, bem como o fortalecimento das instituições dos países em desenvolvimento. A experiência brasileira nesse domínio mostra a

necessidade de se ajustar os métodos aplicáveis aos cenários de mudança do clima resultantes de modelos globais para projeções de escopo regional ou local. Esse ajuste seria útil para estudos sobre os impactos da mudança do clima em áreas como gerenciamento de recursos hídricos, ecossistemas, atividades agrícolas e mesmo a propagação de doenças. Estudos mais detalhados de vulnerabilidade e riscos são necessários afim de se obter informações para ações governamentais em termode de adaptação e mitigação.

Referências

FRICH P et al. 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Res.*, **19**, 193–212.

KIKTEV D, SEXTON DMH., ALEXANDER L, AND FOLLAND C.K., 2003. Comparison of modeled and observed trends in indices of daily climate extremes, *Journal of Climate.*,16, 3560-3571.

MARENGO JA, SOARES RW. 2003. Impacto das Mudanças Climáticas no Brasil e Possíveis Futuros Cenários Climáticos: Síntese do terceiro relatório do IPCC. Clima e Recursos Hídricos no Brasil. 348.

MARENGO JA. 2006. Mudanças Climáticas Globais e seus efeitos sobre a Biodiversidade. Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao Longo do Século XXI. Brasília: MMA, 212 p.

MARENGO JA et al. 2007. Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade. Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório 5. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA SECRETARIA DE BIODIVERSIDADE E FLORESTAS – SBF. São Paulo, Brasil. 77.

NAKICENOVIC N AND COAUTHORS. 2000. IPCC Special Report on Emissions Scenarios, Cambridge University Press, United Kingdom and New York. USA, 595.

TEBALDI C., HAYHOE K., ARBLASTER J., MEEHL G. 2006. GOING TO THE EXTREMES AN INTERCOMPARISON OF MODEL-SIMULATED HISTORICAL AND FUTURE CHANGES IN EXTREME EVENTS. NO PRELO, *CLIMATIC CHANGE*.

ZWIERS FW, KHARIN VK. 1998. Changes in the extremes of the climate simulated by CCC GCM2 under CO2 doubling. *J. Climate*, 11, 2200–2222.

Técnicas de Captação e Uso da Água No SemiÁrido Brasileiro, Volume - I



Parceria:
UTOPIA

Unidade Técnica Objetivando Práticas Inovadoras e Adaptadas
PATAC

Programa de Aplicação de Tecnologia Apropriadas às Comunidades

Mini-Curso durante o 6º. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007



Introdução

Um grande problema do Semi-Árido - não o único, mas aquele que chama mais a atenção - é a falta de água. Falta água de beber, água de cozinhar, de lavar roupa, de limpar a casa, de dar de beber aos animais, de aguar as plantar... Não é que não chova. Chove até bastante: são médias em torno de 500 a 900 mm por ano, segundo as regiões; mas essas chuvas caem com muita irregularidade: um ano mais, um ano menos; elas se concentram durante poucos meses, e às vezes em algumas poucas precipitações violentas que arrastam as terras, provocando erosão; elas logo penetram no solo seco e desaparecem. Além do mais, o volume das águas que se perdem por evaporação e transpiração das plantas é bem maior do que o volume das águas fornecidas pela chuva.

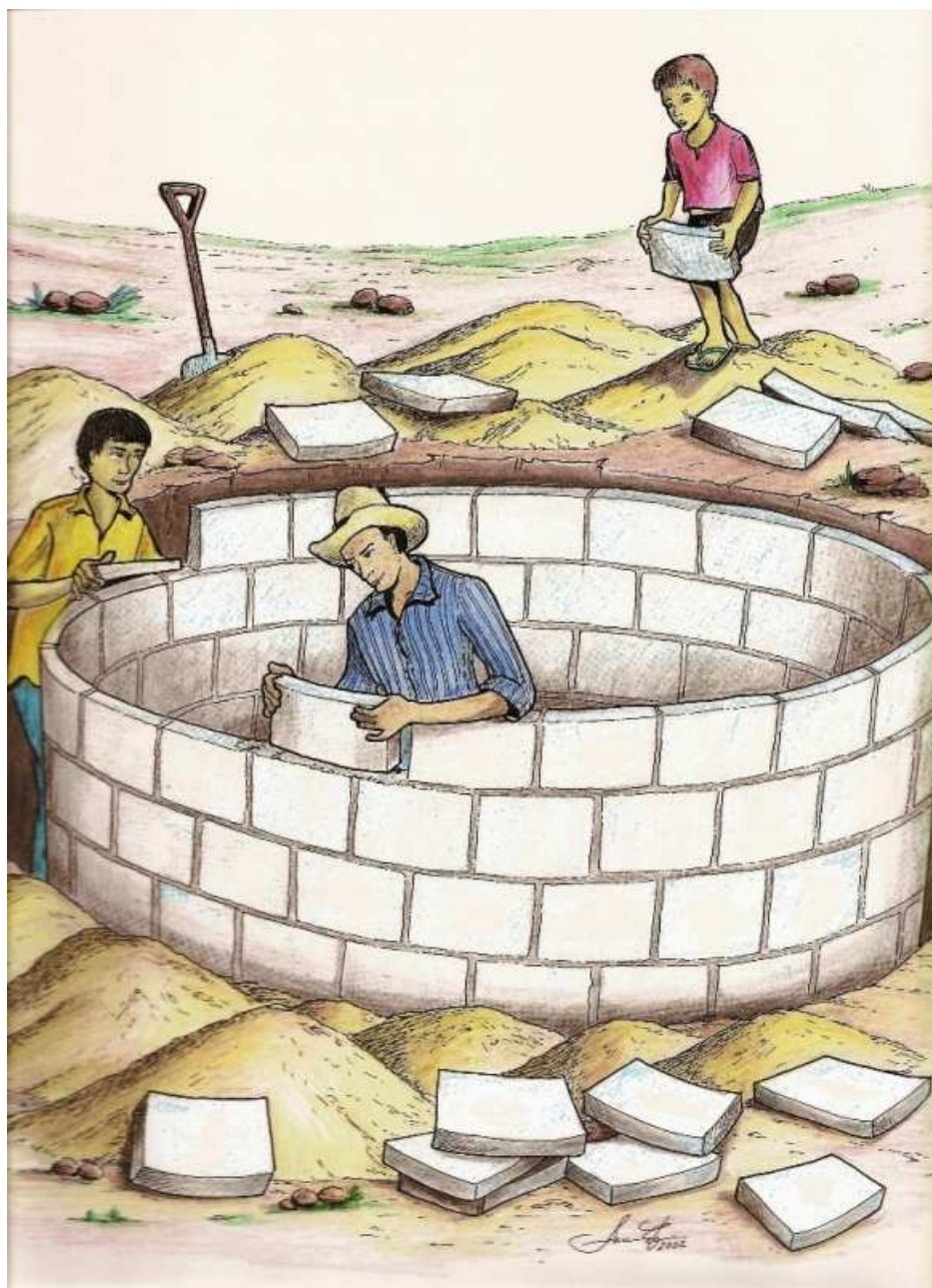
Como fazer para armazenar e conservar as águas de chuva? Como diminuir as perdas por evaporação? Esses são os desafios enfrentados pelos produtores do Semi-Árido.

Apresentamos neste documento algumas sugestões que podem ajudar a captar, armazenar, reciclar ou até economizar água. A construção das cisternas de placas já está em pleno andamento. As barragens subterrâneas já estão sendo usadas, criando ilhas verdes no meio das terras queimadas pela estiagem e o sol. O destilador está em fase de teste, servindo tanto para a reciclagem das águas servidas como para transformar as águas salgadas em águas doces. Esperamos que este documento possa dar sugestões que criam as condições de viabilizar cada vez mais o Semi-Árido para o homem do campo.

As alternativas tecnológicas

Varias alternativas tecnológicas estão disponíveis para captação e uso da água no Semi-Árido. Algumas já foram testadas exaustivamente. Outras ainda estão em fase de experimentação ou precisam ser testadas. Segue a seguir a descrição de algumas dessas alternativas.

Irmão Urbano.



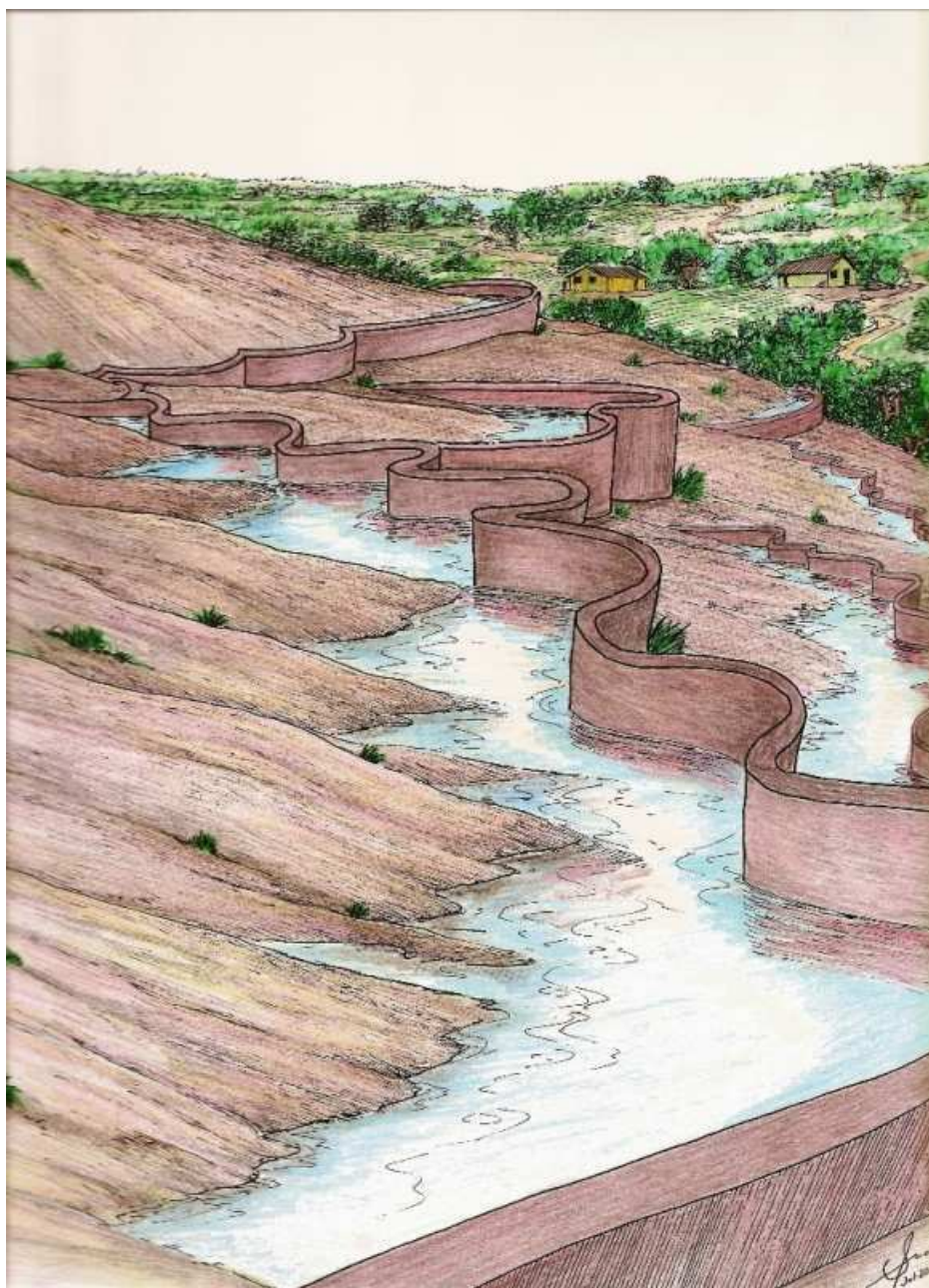
As cisternas de placas

Em 1993, o PATAC iniciou a construção das cisternas redondas de placas na Paraíba. No início a reação dos agricultores era de expectativa porque isso era uma novidade na região. As poucas cisternas existentes eram quadradas e feitas com muros espessos de pedras ou tijolos, formando uma parede grossa e pesada. Seu custo era alto e seus donos eram os grandes fazendeiros. A nossa proposta era uma cisterna popular; era uma cisterna redonda, com uma parede de apenas 7 cm, usando placas de cimento feitas pelos próprios agricultores. Porém, à medida que a cisterna estava sendo construída e principalmente quando recebia as primeiras águas pelas bicas de zinco fixadas no telhado e o tubos de plásticos que canalizavam as águas para dentro da cisterna, as opiniões já eram mais favoráveis. Nos 10 anos em que o PATAC atuou neste trabalho, milhares de cisternas se espalharam pelo Semi-Árido Paraibano. Em todos os lugares, agricultores se capacitaram na profissão de "Construtor de Cisternas", de maneira que a técnica de fazer cisterna já faz parte da cultura do povo na Paraíba.

Aprendemos com isso que, quando uma técnica vai ao encontro do problema do agricultor (falta de água) e quando está a seu alcance, ele se apodera dessa técnica e se torna seu divulgador e multiplicador.

Uma grande preocupação do PATAC é também o uso da água dessas cisternas, evitando qualquer tipo de contaminação. Assim foram dados cursos de manejo das águas em todos os lugares onde a cisterna foi divulgada. Notamos que o uso de um balde para tirar a água da cisterna pode levar impurezas à água. Para evitar isso elaboramos uma bomba manual fixa com a qual se pode tirar a água sem abrir a tampa da cisterna. Esta bomba funciona tendo duas bolas de gude como válvulas. Os agricultores já aprenderam a fazer sua própria bomba. Porém achamos que, no decorrer do tempo, podemos melhorar o trabalho de tirar água estudando a possibilidade de fazer outros tipos de bomba que podem ter um manejo mais fácil e uma vazão maior.

Material necessário: cimento; arame; 2 m³ de brita; zinco; canos de plástico; conjunto de formas.



Captação das águas nos lajedos

Existem, em boa parte do Semi-Árido, grande quantidades de pedras ou lajedos, que geralmente não servem para nada. Porque não aproveitam esses espaços para captar as águas? Isso é um costume antigo do povo. Basta pouca coisa para tornar essa captação mais eficiente.

Pode-se construir um muro de tijolos, para reter as águas da chuva na parte mais baixa do lajedo. Se o lajedo for muito grande e com forte declive, é bom construir o muro acompanhando curvas de nível para canalizar as águas. Assim, essas águas de boa qualidade, podem servir para dar de beber aos animais, usar para as necessidades da casa (reservando a água das cisternas para beber e cozinhar), ou ainda para uma irrigação de salvação.

Material necessário (pode variar segundo o tamanho do lajedo): 3.000 tijolos e 5 sacos de cimento.

Barragens subterrâneas

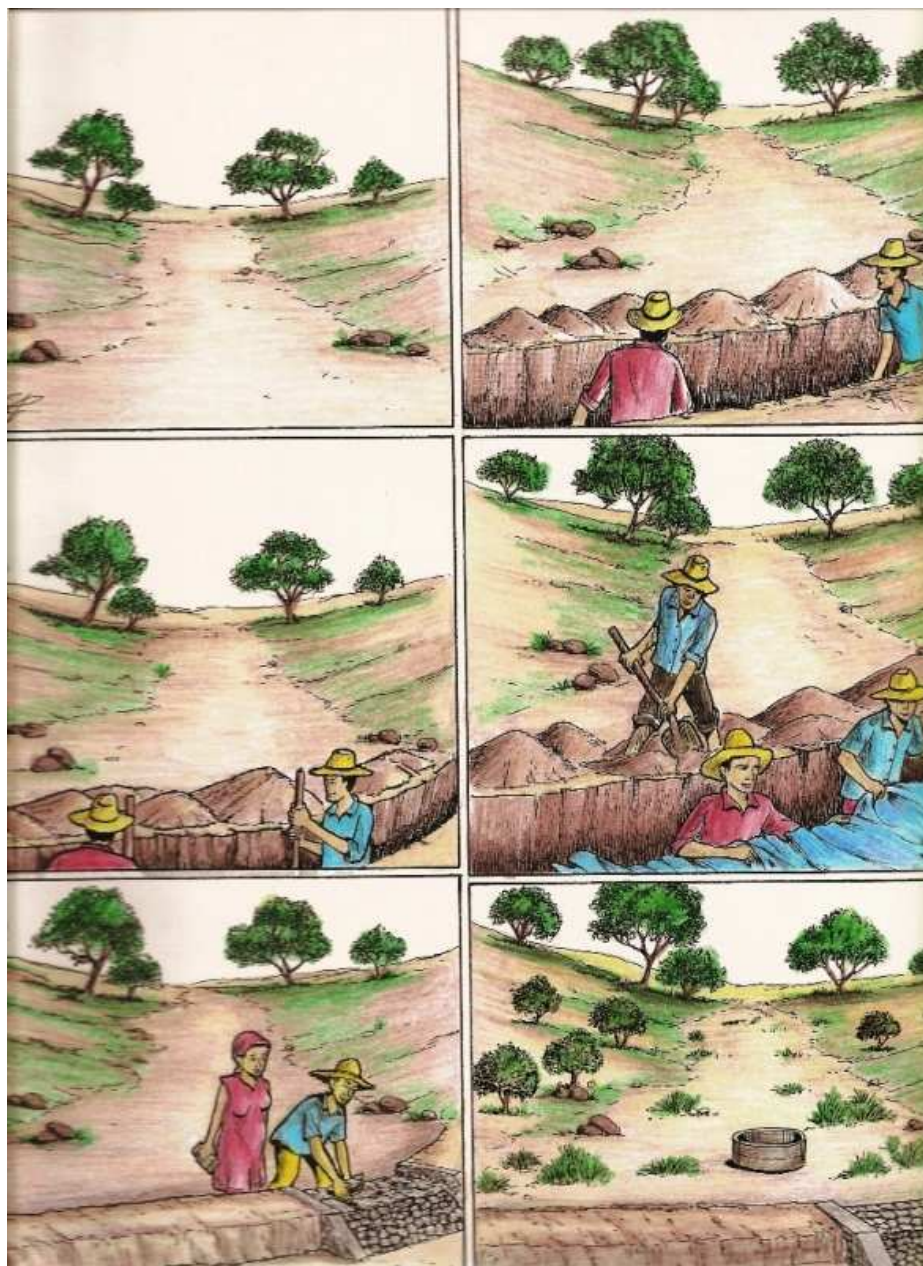
Da mesma forma que, com as cisternas, captamos as águas dos telhados para o uso da família, podemos também armazenar água na própria terra para que as plantas tenham água até quando acabam as chuvas. Para este fim, adaptou-se a técnica das barragens subterrâneas. O que é isso?

Se existe uma baixada entre dois declives, vamos cavar uma valeta de 50 cm de largura, cortando toda a baixada na parte inferior do vale perpendicularmente à correnteza das águas. A fundura da valeta depende da profundidade da pedra ou do salão impermeável que precisamos de atingir. Vamos então encher esta valeta com barro socado ou lona plástica, fechando todas as passagens das águas subterrâneas, retendo as mesmas dentro do solo. Em seguida se faz um sangradouro para escoar o excesso de água.

No fim se cava, a alguns metros antes da barragem, um poço amazonas raso (até o salão duro) em que se vê a lamina de água na terra. Esse poço serve de dreno, evitando a salinização da terra. Sua água pode ser usada tanto para os animais como para a irrigação.

Essa técnica tem apoio dos agricultores que, em alguns lugares, já estão cavando barragens subterrâneas por iniciativa e custeio próprios. Quem não tinha animais por falta de ração, agora está adquirindo criações porque a abundancia de capim nesta terra molhada garante o sustento do rebanho o ano todo. Com essa técnica pode-se criar ilhas verdes e úmidas em plena caatinga seca. E na medida em que se faz isso na extensão toda do córrego, toda a faixa se torna um vale verde que garante tanto água para alimentação humana como para os animais. Produtores que todo ano emigravam nas estiagens para o sul do País, procurando trabalho fora, hoje estão se mantendo o ano todo graças a sua barragem subterrânea.

Material necessário (depende da extensão da baixada): lona plástica; 2.000 tijolos manuais; 17 sacos de cimento; 1 m³ de brita; 15 kg de ferro; arame preto.



Irrigação de salvação

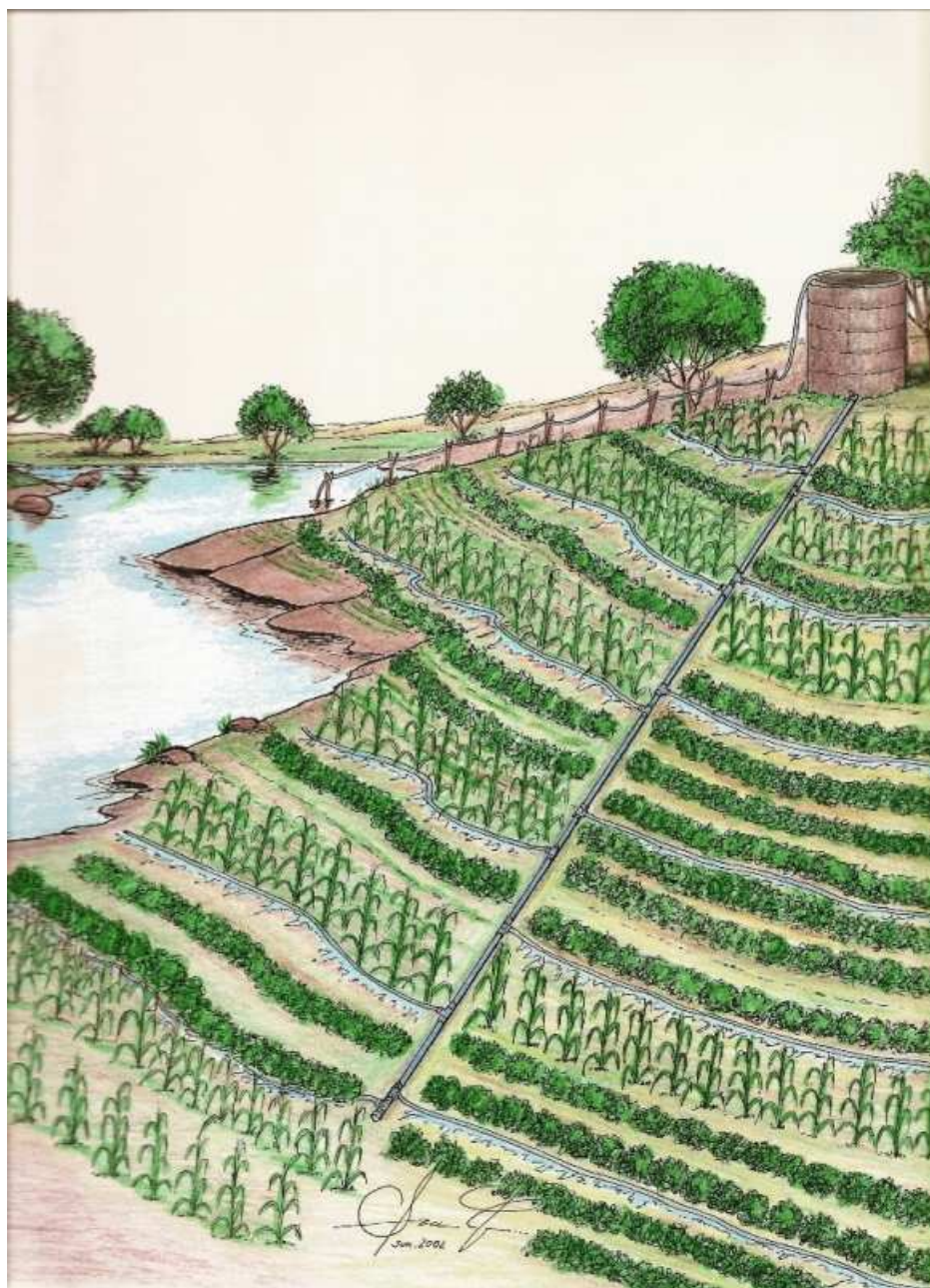
Plantar sem ter água armazenada para irrigar, caso as chuvas falhem, é a mesma coisa que jogar na loteria. A irregularidade das chuvas é uma característica normal no Semi-Árido. Anormal é uma chuva continua durante todo o ciclo produtivo. Quem, no Semi-Árido, depende somente das chuvas, quase nunca tem garantia de ver o fruto de seu trabalho.

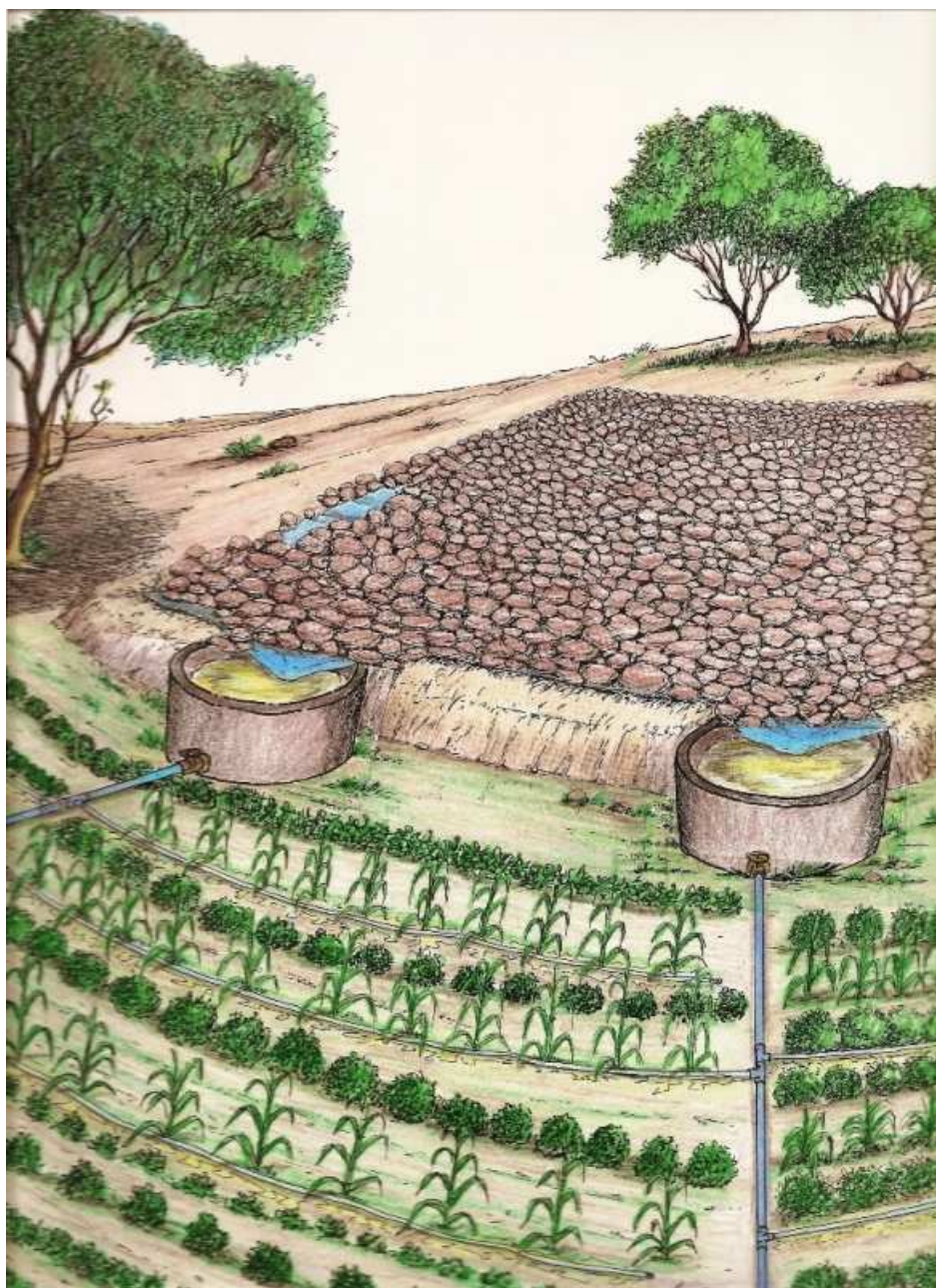
A única maneira de garantir a produção é ter reservas de água para irrigar a lavoura nos intervalos das chuvas.

Muita gente pensa que a irrigação é uma técnica que exige equipamento caro como bombas e canalizações jogando água em largos círculos. Outras maneiras consistem na cavação de valetas enchidas com água e que levam à salinizar as terras. Mas pode se irrigar a terra de forma muito mais simples. Para o pequeno agricultor, propomos a construção de uma cisterna (uma técnica que ele já domina) num lugar mais alto para a qual se bombeia a água (por exemplo, a partir de um tanque de pedra ao acude). Com uma mangueira de polietileno de $\frac{3}{4}$, com furos de 2 mm, que tenha seu terminal fechado. Assim pode-se molhar a terra com a maior economia de água e com o maior rendimento para as plantações. Aqui a irrigação é apenas um complemento quando as plantas estão precisando água por falta de chuva.

Essa técnica exige uma outra maneira de plantar. Aqui não se semeia extensivamente, espaçoso, mas intensivamente e mais apertado. A terra molhada cria possibilidades novas, salva o agricultor das situações de risco, e garante que seu trabalho tenha rendimento e êxito, mesmo em condições adversas.

Material necessário: uma cisterna; uma bomba sapo; mangueiras de polietileno $\frac{3}{4}$.





Captação artificial da chuva

Quando a terra é acidentada, e que ela não tem nem riacho, nem açude, nem lajedos, assim mesmo podemos criar uma área de captação de água. O melhor é utilizar uma parcela levemente acidentada. Dividimos essa parcelas em duas partes iguais: a de cima para captar a água, a de baixo para plantar e irrigar. Entre essas duas partes serão instalados os reservatórios de água.

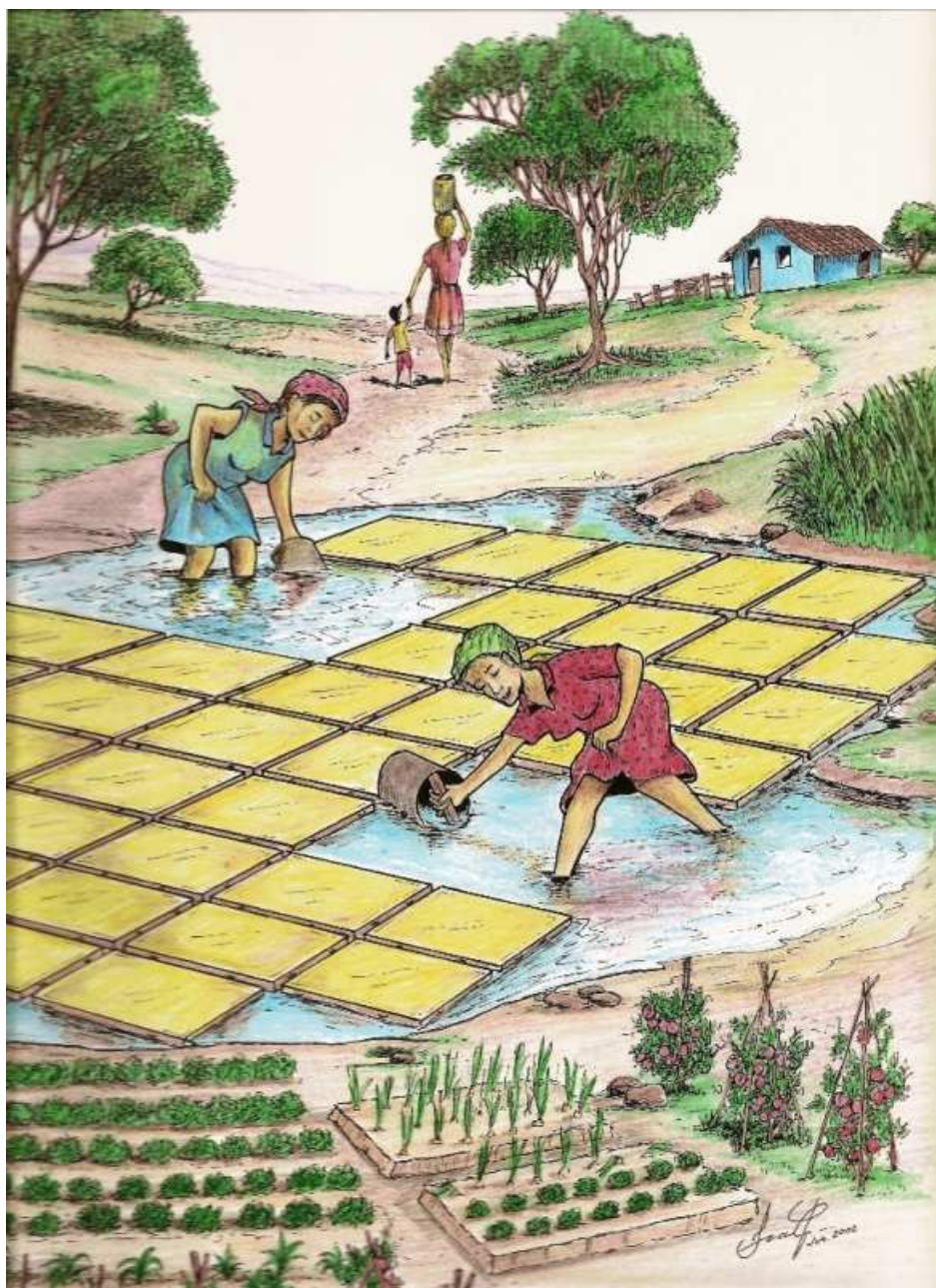
Destocando e egalizando a parte da terra em cima, se cobre essa terra, para a água da chuva descer na lona de plástico por gravidade. É bom, porém cobrir essa lona com pedras para evitar as sacudidas do vento e proteger a lona dos raios solares.

Entre a parcela de cima coberta com lona e a parcela de baixo que vai ser planeada, instala-se tanques ou cisternas que vão receber a água recolhida pela lona. Para calcular o tamanho desses tanques, multiplica-se a superfície coberta com a lona pela quantidade anual de chuvas no local.

A parte de baixo é plantada em curvas de nível. Dos tanques, a água é distribuída por mangueiras furadas (como descritas na página sobre irrigação de salvação).

Material necessário: plástico; pedras ou brita; 2 cisternas (3 se a parcela for bastante grande); mangueiras de polietileno $\frac{3}{4}$ furadas.

Combate à evaporação



As pesquisas indicam que a evaporação aqui no Nordeste é de aproximadamente 3.000 mm por ano. Numa região onde a média anual das precipitações é de cerca de 600 mm/ano (caso de certos municípios do Cariri Paraibano)¹, concluímos que a evaporação retira cinco vezes mais água do que o volume proporcionado pelas chuvas. Evitar a evaporação é, portanto um enorme desafio.

As terras plantadas podem ser cobertas com material orgânico (se tiver), fazendo-se uma cobertura morta. Isto não evita a evaporação pelas folhas mas diminui muito a secagem da terra.

Nos pequenos açudes e barreiros, também podemos tentar fazer uma cobertura que diminui, ou até evita essa grande perda de água. Embora esta iniciativa represente um custo bastante elevado, a cobertura de um barreiro pode render 5 vezes mais, ou seja teoricamente poderá se fazer com ele o que se poderia fazer com 5 barreiros descobertos, que representa uma vantagem muito grande.

Esta proposta ainda deve ser experimentada. Ainda não temos dados sobre o comportamento das águas depois de cobertas. Tampouco temos conhecimento de experiências nesse sentido. Vale portanto tentar a experiência, pois os resultados podem oferecer uma contribuição importante para aumentar a disponibilidade de água no Semi-Árido.

Material necessário: 120 tabuas ou placas de madeira forradas com plástico (1,30 m x 1,30 m) para cobrir uma superfície de uns 200 m².

¹ As medidas anuais de precipitações variam de município, mesmo dentro da mesma microrregião.

Ciclo fechado das águas

Na natureza, observamos um ciclo de renovação das águas depois de seu uso. A chuva cai, molha a terra e enche as cisternas. Usamos as águas em casa ou nas plantações. O sol provoca a evaporação e se formam as nuvens que, quando esfriam, vão molhando novamente as nossas terras e enchendo as cisternas.

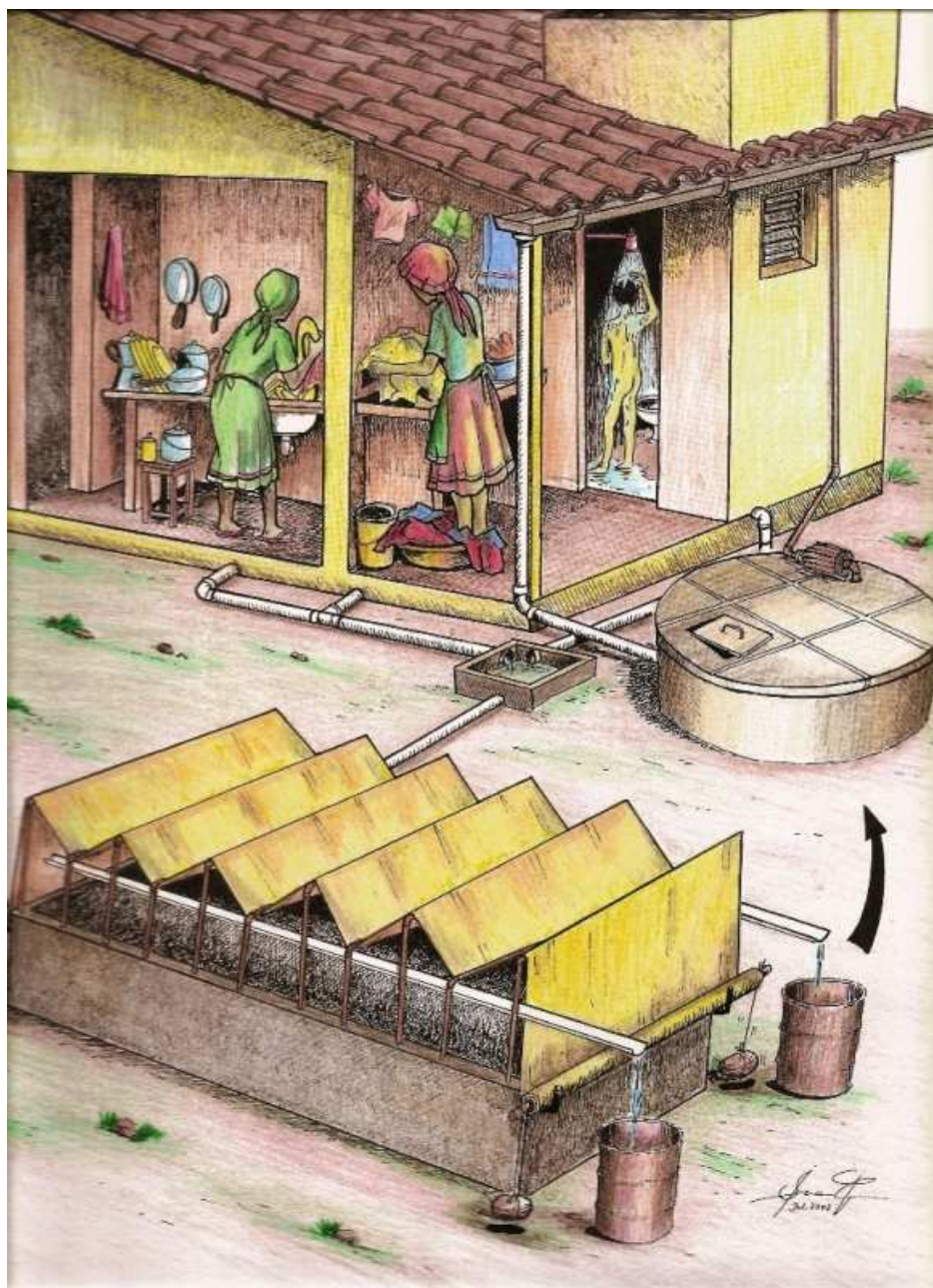
Porque não imitar a natureza? Após captadas nos telhados e canalizadas para as cisternas, usamos essas águas nos banheiros, nas pias, na cozinha, na lavagem de roupas, etc. isso exige muita água que se perde. Se podessemos limpar essas águas graças a um destilador, poderemos usá-las novamente.

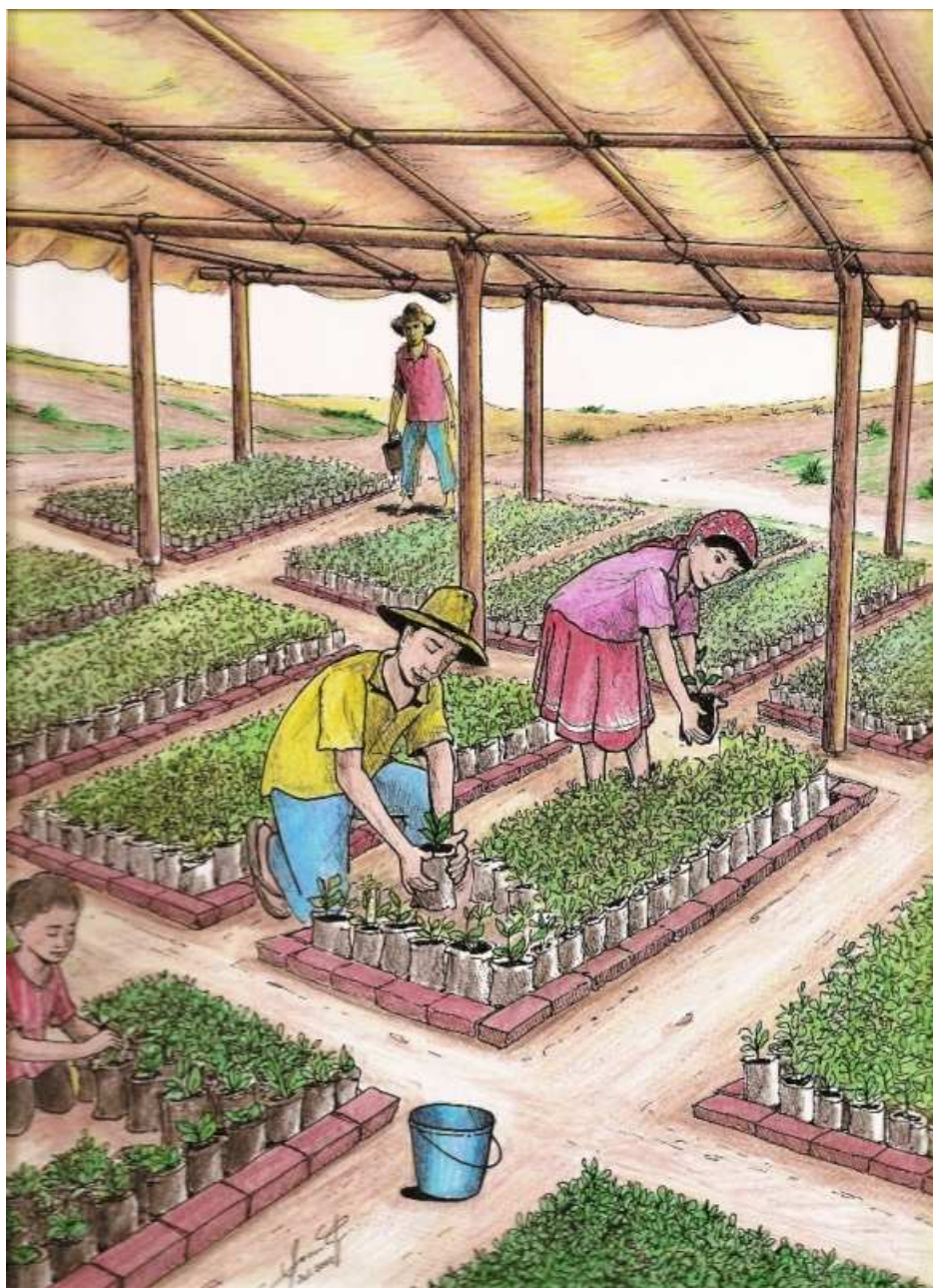
Constantamos, numa experiência de destilador solar, que um metro quadrado de destilador pode purificar quatro litros de água imprópria, sejam salgadas, barrentas ou sujas. Um destilador de 50 metros² poderia, em princípios, purificar 200 litros de água em 24 horas. Constatou-se também que a destilação não se realiza apenas nas horas de sol. Basta uma diferença de temperatura dentro e fora do destilador para provocar evaporação.

Esta é portanto outra proposta de experiência. Achamos de suma importância realiza-la, principalmente em vista dos anos de seca, quando a carência das chuvas prejudica o uso normal das águas nas casas.

Captando essas águas usadas e canalizando-as num destilador solar, essas águas tornar-se água destilada limpa, pura, sem nenhuma contaminação, disponível para ser usada novamente.

Material necessário: uma cisterna; um destilador; encanações; bomba sapo; 2 tonéis de plástico.





Viveiros de mudas

Para reflorestar áreas devastadas, necessita-se de mudas. Comprá-las é bastante caro. Mas quem tem água armazenada pode fazer mudas já esperando o início do período chuvoso. Quando chegam as chuvas, as mudas já estão bastante crescidas e podem ser plantadas com toda chance de êxito.

A produção de mudas é uma atividade de pouco trabalho e de muito resultado. Elas podem inclusive ser vendidas, dando uma fonte de renda às famílias.

A escolha das espécies se faz a partir das necessidades do próprio sítio: árvores para cercas vivas constituem uma fonte de alimentação para os animais, e possibilitam um rodízio das pastagens; certas árvores (como o sabiá) são apropriadas para estacas; outras podem servir para vender madeira ou fazer carvão. O mais importante é que as terras devastadas sejam novamente arborizadas e que as folhas voltem a cobrir a terra devolvendo-lhe sua fertilidade.

Material necessário: estacas, linhas e caibros; lona de plástico; saquinhos. Precisa também prever eventualmente a terraplanagem da área onde o viveiro será construído.

Volume 1: "Captação e uso da água"

Elaboração: Irmão Urbano¹
e Chislaine Duque²

Endereços:

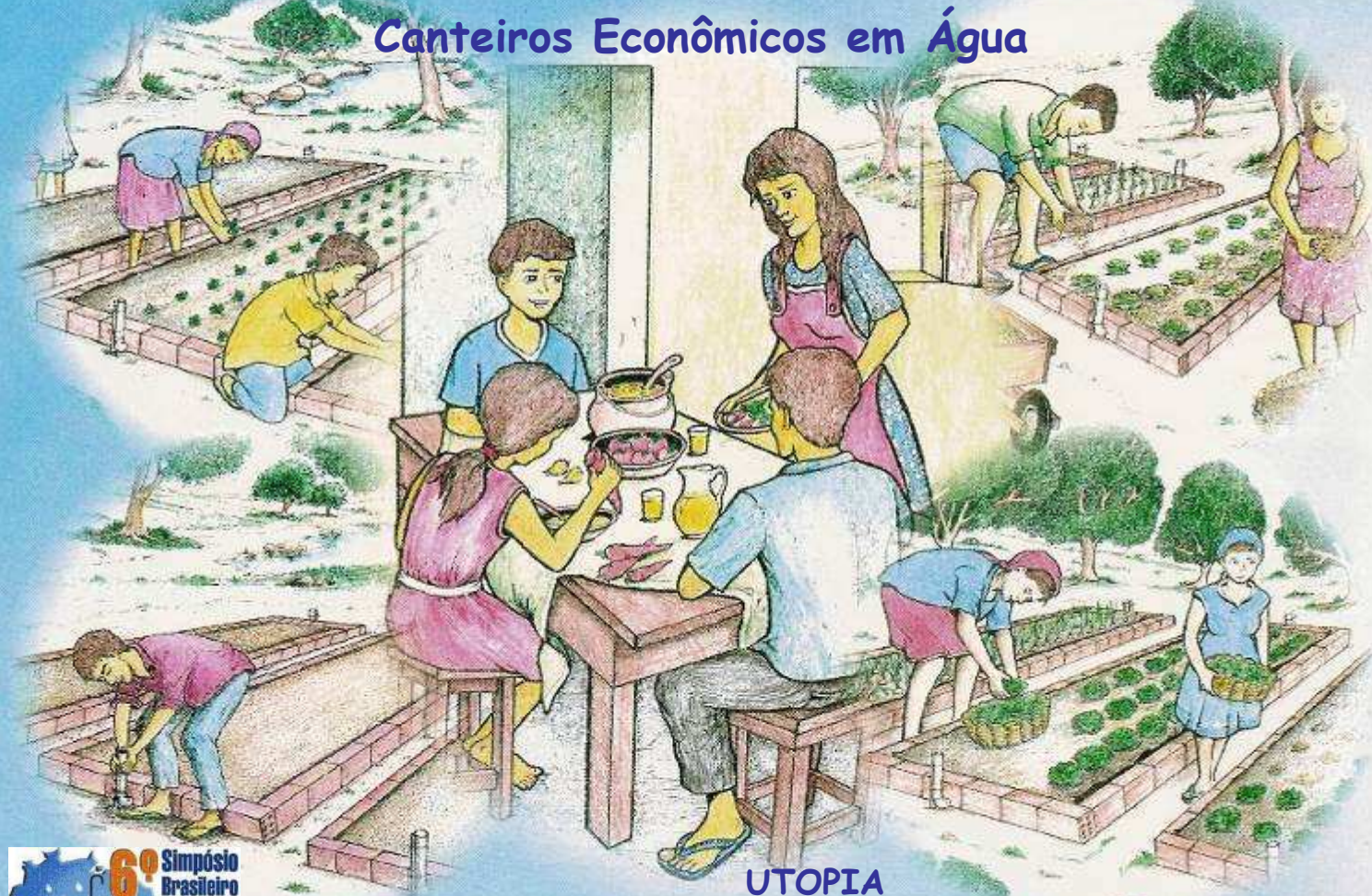
Utopia: Caixa Postal 282
CEP: 58100-970 - Capina Grande/PB
Tel.: (83) 3333-7200
E-mail: urban@terra.com.br

Patac: Rua Duque de Caxias, 483 - Prata
CEP: 58101-380 - Campina Grande/PB
Tel.: (83) 3322-4975 / Fax: (83) 3341-1664
E-mail: patac@uol.com.br

¹ Irmão Urbano é missionário redentorista, fundador do PATAC e criou a UTOPIA

² Chislaine Duque é diretora-presidente do Patac e professora aposentada da UFCG/PPGS

Técnicas de Captação e Uso da Água No SemiÁrido Brasileiro, Volume - II Canteiros Econômicos em Água



UTOPIA

Unidade Técnica Objetivando Práticas Inovadoras e Adaptadas

Mini-Curso durante o 6º. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007



Introdução

Aprender e ensinar
Aprender ensinando com alegria
Aprender e ensinar praticando
Para iluminar os nossos caminhos

DEDICAÇÃO

Para todas as mulheres que tem o poder de gerar vida com responsabilidade e alegria, cuidam da horta, das fruteiras, das plantas medicinais, dos animais de seu terreiro, transformam os frutos de sua produção em alimento.

Para todas as crianças e adolescentes filhas e filhos dessas mulheres que colhem essa lição de Amor aprendendo com elas.

Margherita Marta Peisino Pereira (Margot)

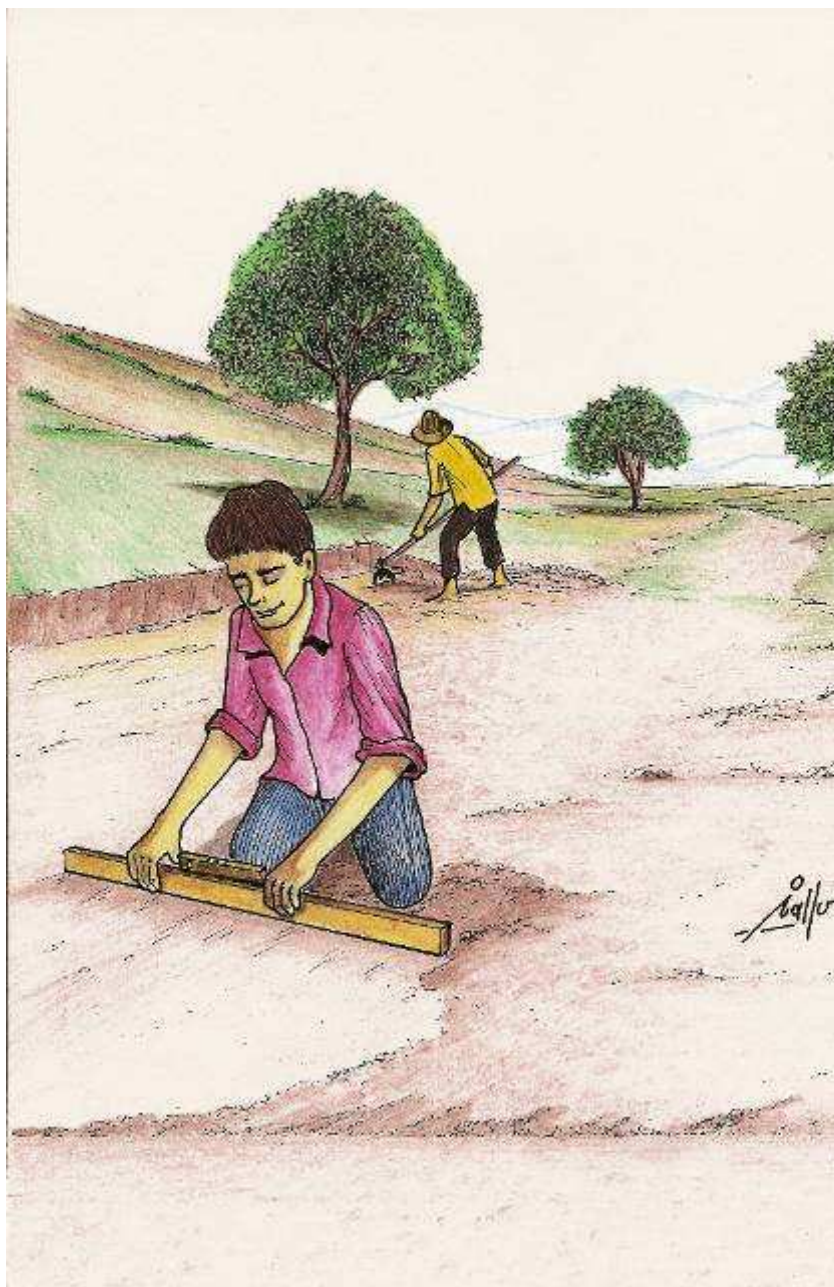
Sempre notamos que ao redor das casas, a mulher tem plantações de flores, verduras e plantas medicinais cultivadas em latas, garrafas de plástico ou até em bacias de borracha, colocadas acima do chão para proteger das galinhas. Para ajudar essas mulheres nesse trabalho de que elas tanto gostam, elaboramos um canteiro de oito metros por um metro e vinte centímetros que usa muita pouca água. Isso porque usamos uma lona plástica que impede a descida da água para o fundo do solo e em cima da terra do canteiro colocamos cobertura morta feita de plantas, mato ou capim cortado para o sol não ressecar essa terra. Assim a umidade fica totalmente à disposição das plantas. O uso da água é o mínimo possível. Até pode-se usar as águas servidas da lavagem das roupas, cozinha e banho.

Neste trabalho pensamos também nos jovens e adolescentes. Tudo que se aprende e pratica nessa idade fica marcando a vida toda. Preparar a terra, fazer as mudas, o transplante, a cobertura da terra com material orgânico, colocar água, acompanhar o crescimento das verduras e no fim ainda colher e consumir, tudo isso é uma aprendizagem que enriquece sumamente a formação do futuro agricultor (a) ou horticultor (a). E quando no fim o jovem ainda procura um mercado para vender o excedente da produção, ele vai ter algum dinheiro para ajudar na casa ou para o seu próprio uso. Porque não adianta produzir em maior escala enquanto não se tem mercado para vender.

Experimente essa inovação e use sua criatividade para adaptar a idéia às circunstâncias de sua terra ou da sua comunidade.

Boa sorte!

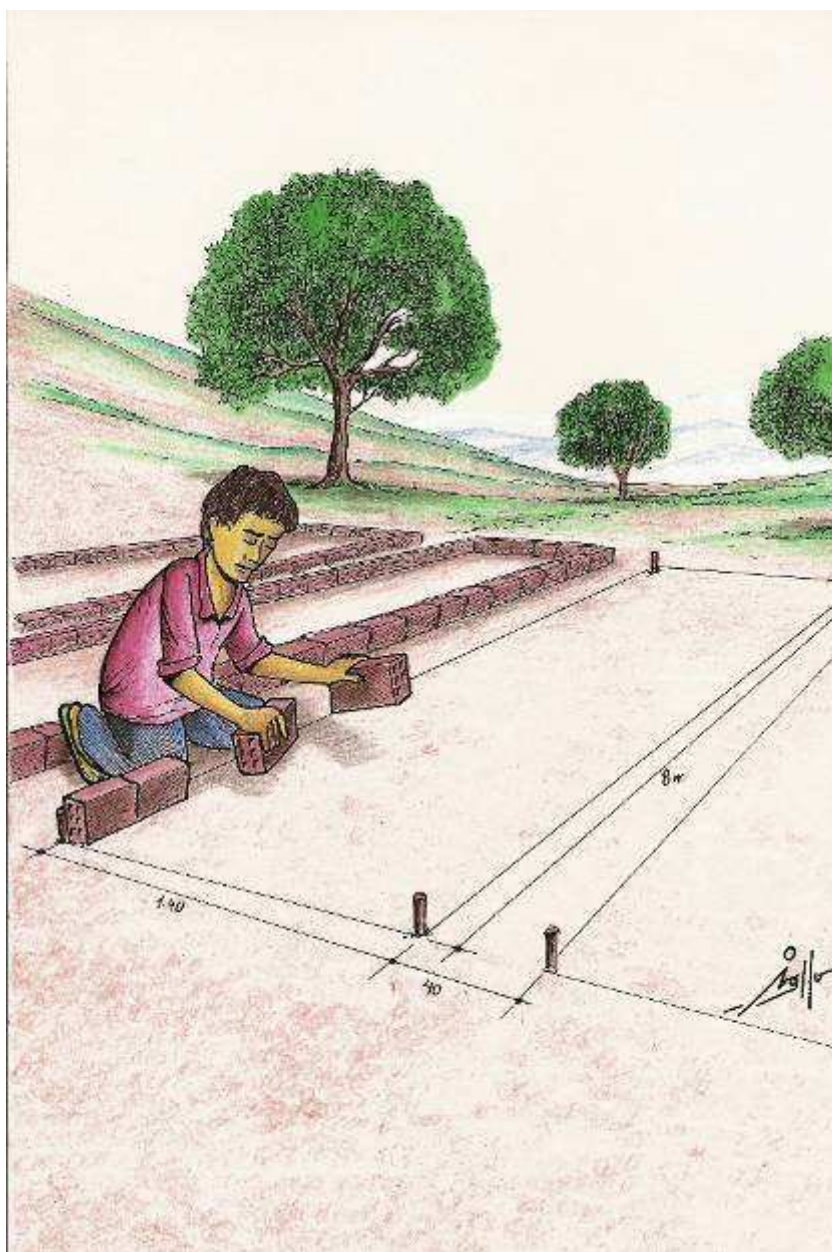
Irmão Urbano



A PLAINAGEM DA TERRA

O nosso primeiro cuidado é de ter um terreno bem plano, tanto no sentido do comprimento como na largura, porque a água sempre corre para a parte mais baixa. Se não for, as partes mais altas vão ficar sem água e isso não é bom.

Com a ajuda de uma régua e de um nível de pedreiro saberemos onde temos que baixar a terra e onde temos que levantar a terra. Assim a água fica no canteiro todo, num nível só.

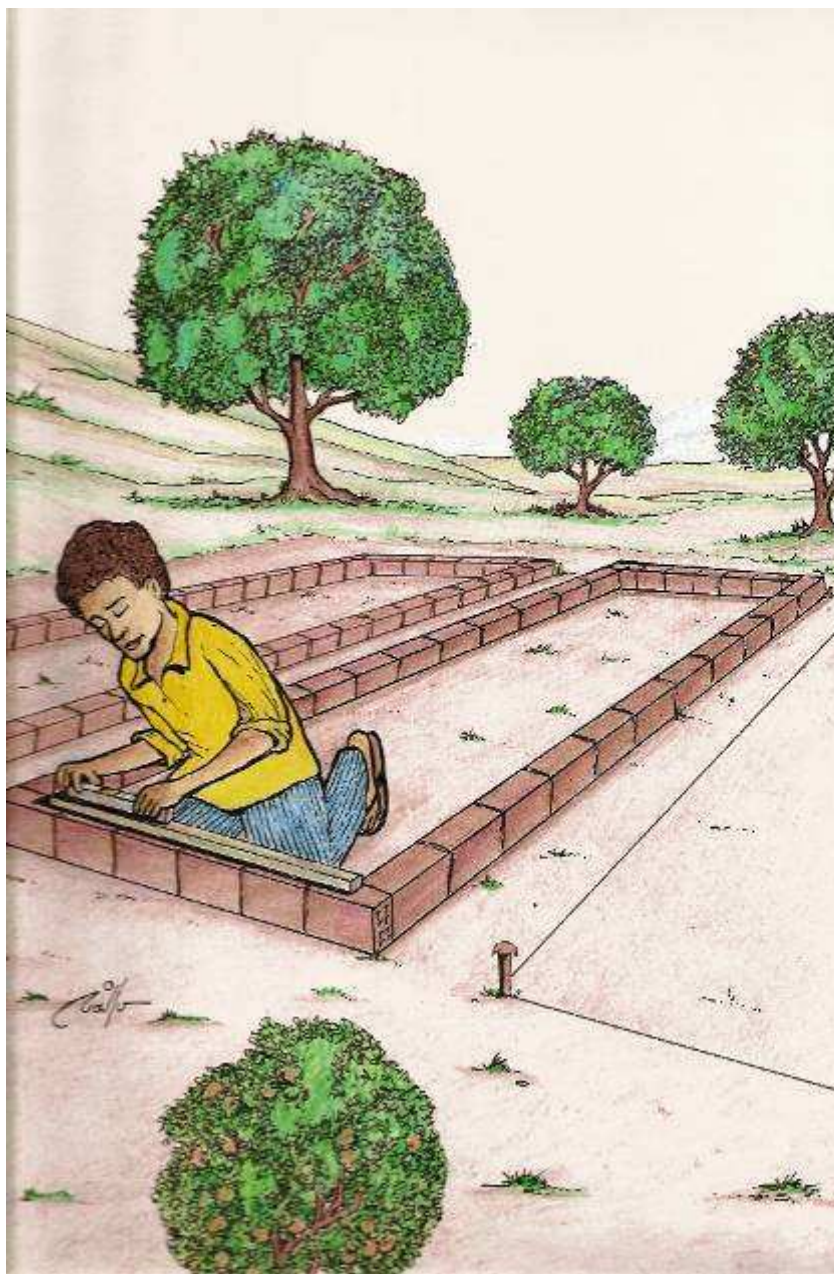


A COLOCAÇÃO DOS PIQUETES E AS LINHAS

Estando a terra bem plana, colocamos quatro piquetes de madeira para marcar o lugar do canteiro. No comércio se vende plástico com oito metros de largura. Por isso fazemos o canteiro com oito metros de comprimento.

A largura do canteiro (fora-fora) pode ser um metro e quarenta centímetros. Usando tijolos furados de dez centímetros. Num canteiro assim podemos plantar e limpar dos dois lados, sem pisar no canteiro, pois, os braços alcançam facilmente o centro do canteiro.

Os tijolos de seis ou oito furos devem ser colocados encostados na parte de dentro da linha. É bom colocar os tijolos com a parte mais alta na terra como está no desenho, para o canteiro ficar o mais fundo possível.

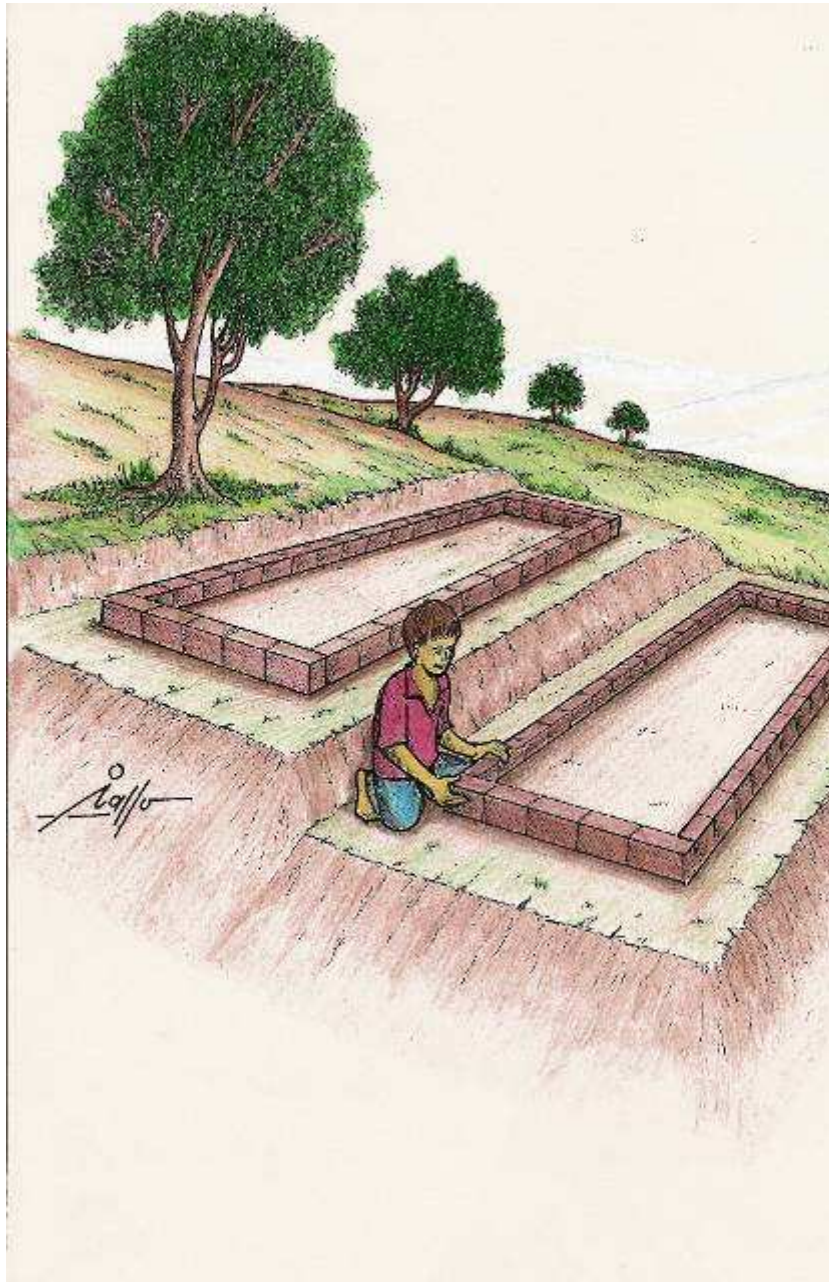


VERIFICAÇÃO DO NÍVEL

Depois de concluir a colocação dos tijolos, é bom verificar o nivelamento com uma régua e um nível de pedreiro. Quanto mais nivelado, melhor.

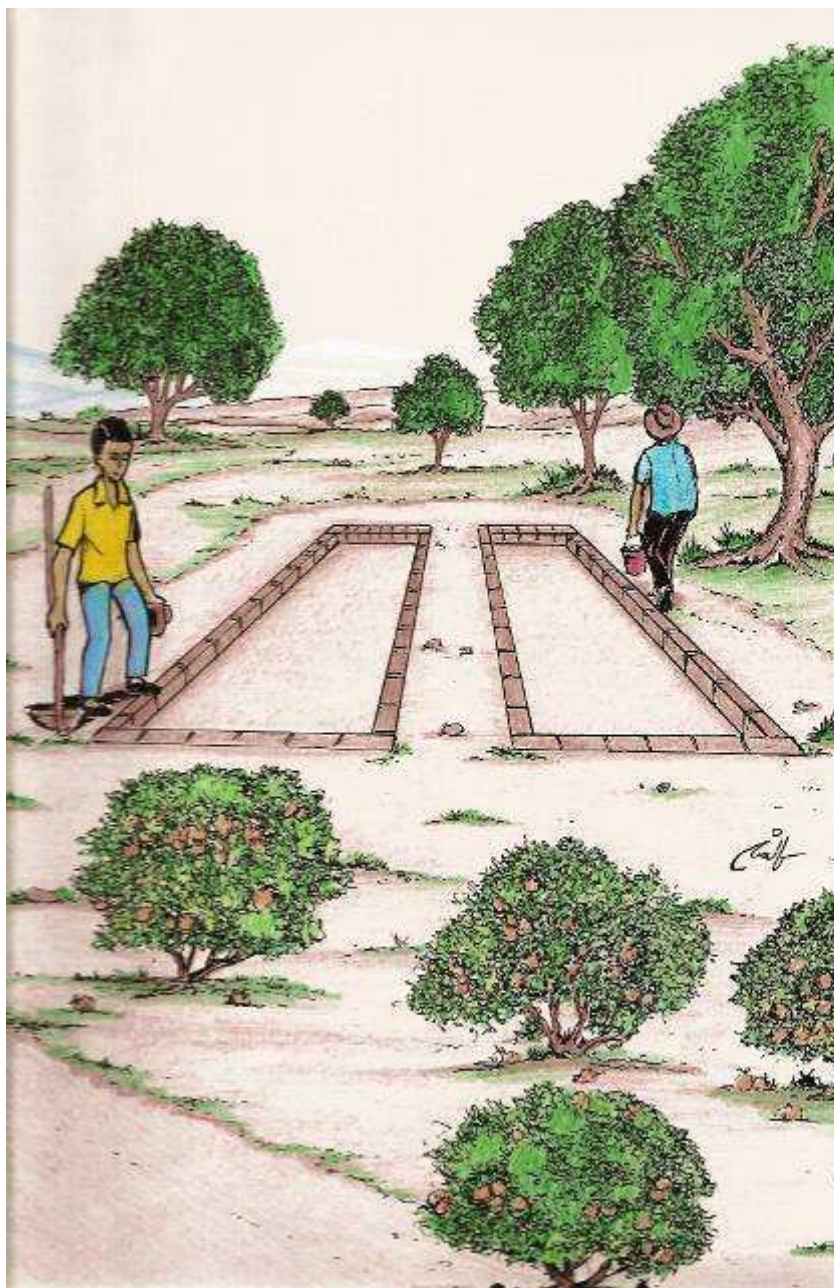
O nivelamento correto facilitará o movimento da água em todo o canteiro, assim as raízes das plantas encontrarão água com facilidade.

Também temos que deixar espaços entre os canteiros para poder andar e trabalhar. Uma distância de quarenta centímetros de uma linha de tijolos para a outra dá para fazer todo o serviço.



CANTEIROS EM TERRA ACIDENTADA

Quando a terra é acidentada, podemos fazer terraços. Cada canteiro deve ter o seu nível próprio. Entre a rampa da terra e o canteiro tem que deixar um passeio de quarenta centímetros para poder andar livremente.

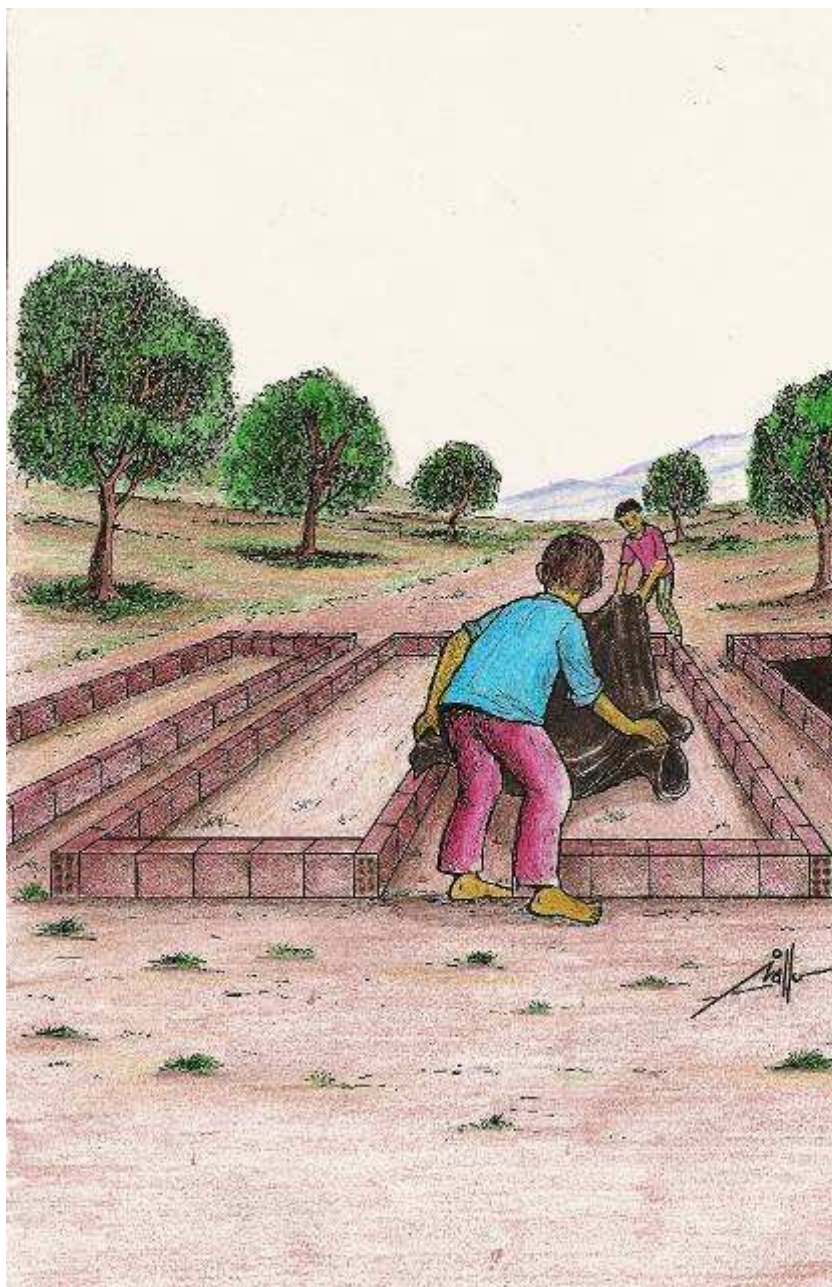


ENTERRAR OS TIJOLOS NO SOLO

Em vez de colocar os tijolos em cima da terra nivelada, podemos também baixar o canteiro de maneira que o lado de cima do tijolo fique igual com o nível da terra.

Neste caso, marcamos o canteiro, e cavamos o espaço dentro da marcação com vinte centímetros de profundidade. Depois se colocam os tijolos ao redor.

Se a terra cavada for boa, poderá ser reutilizada e colocada de volta depois de colocar a lona e o cano. Assim não é necessário trazer terra de fora.

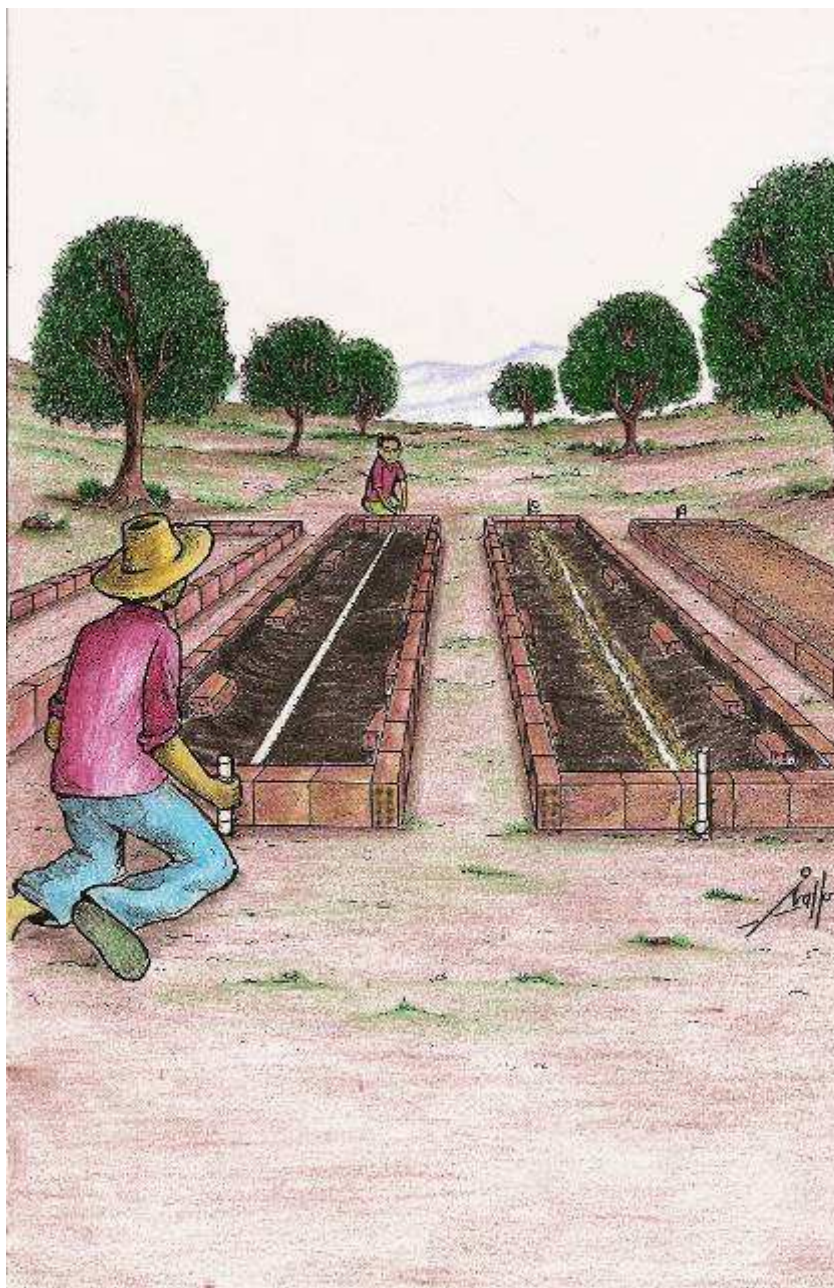


A COLOCAÇÃO DO PLÁSTICO

Agora podemos colocar o plástico. A largura do plástico tem que ser da largura do canteiro por dentro, um metro e vinte centímetros mais duas vezes a altura do tijolo (duas vezes vinte centímetros), o que dá um metro e vinte mais quarenta centímetros que é um metro e sessenta centímetros.

A lona sobe de cada lado do canteiro para evitar a perda da água nas emendas dos tijolos. Para essa lona ficar em pé, pode-se colocar alguns tijolos encostados à lona. Na medida em que se coloca a terra podemos tirar estes tijolos.

Nas duas cabeceiras do canteiro o plástico não pode subir. Aí se coloca o tijolo em cima do plástico. Isso é para escoar o excesso da água.



A COLOCAÇÃO DOS CANOS

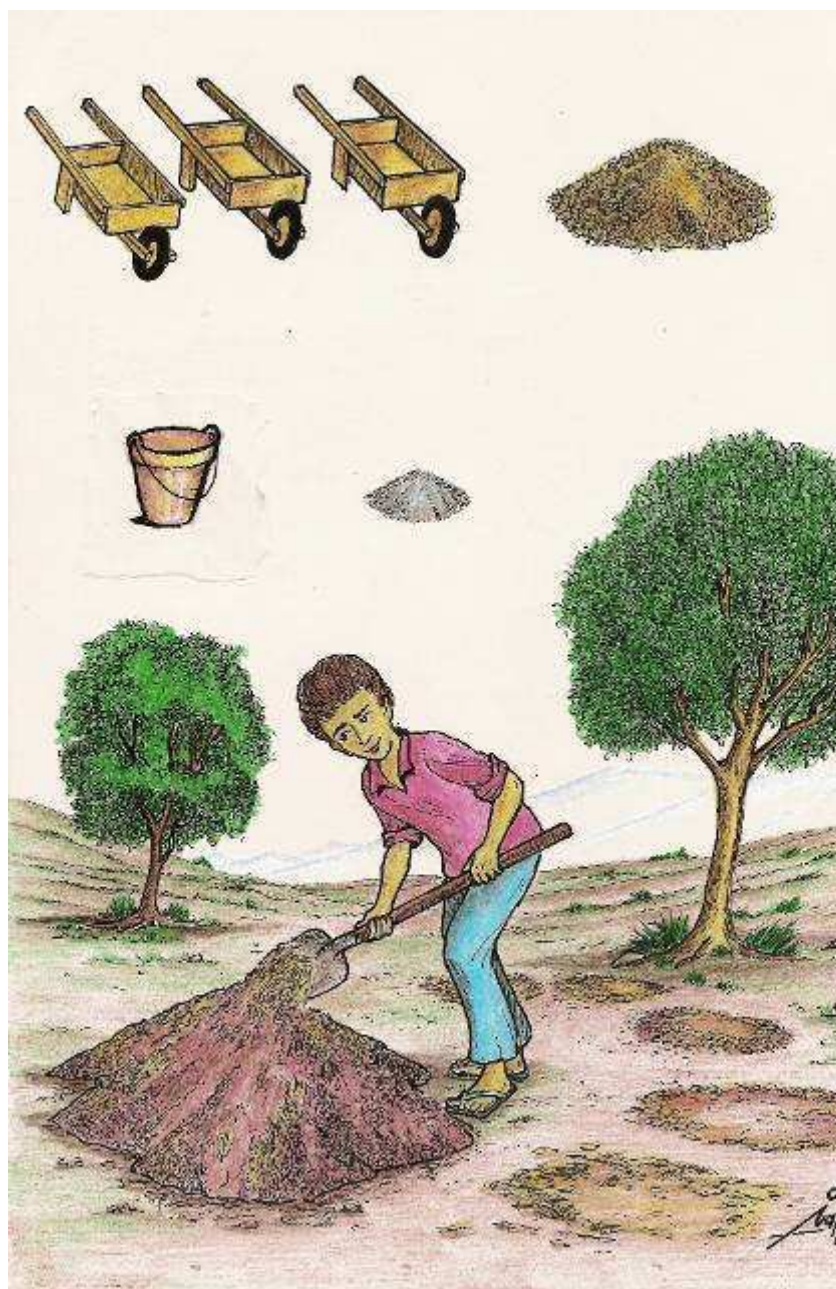
Podemos usar um cano plástico de esgoto (branco) de quarenta milímetros. Estes canos têm que ser furados de lado. Utilize uma broca de três milímetros. A distância de um furo para outro é mais ou menos uns trinta a quarenta centímetros. Recomendamos furar de um lado para o outro lado do cano porque facilita a saída da água.

Em cada terminal do cano se coloca um joelho de quarenta milímetros e um pedacinho de cano com quarenta centímetros de comprimento que fica em pé para poder receber a água. Pelo fato do cano ficar em cima do plástico, a água fica também em cima do plástico.



PROTEGER OS FUROS DOS CANOS

Inicialmente cobrimos o cano furado com capim bem fibroso. Porém este material entra em decomposição e entope os buracos. Experimentamos a cobrir os canos com telhas emborcadas. Isso funcionou muito bem. Elas evitam o entupimento e facilitam a boa distribuição da água.



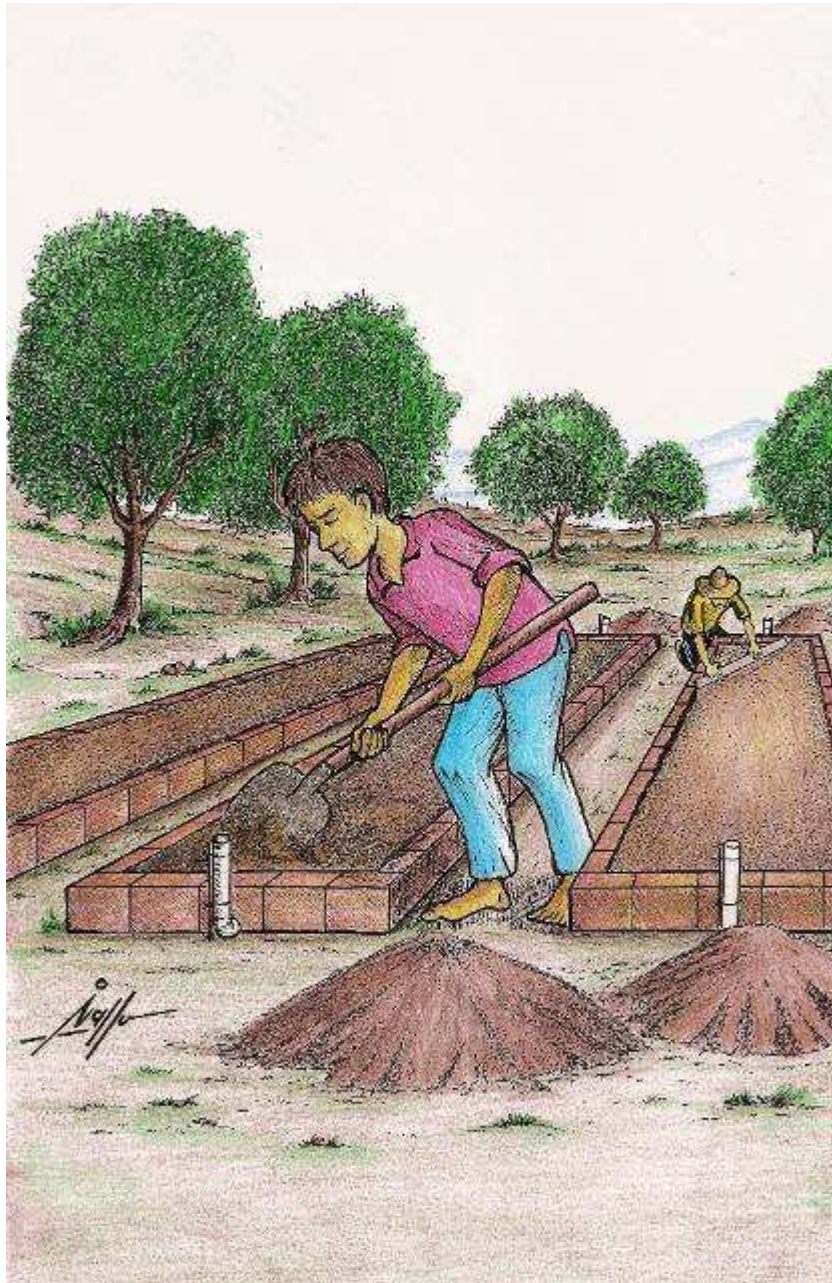
A MISTURA PARA COLOCAR NO CANTEIRO

Quanto melhor a mistura da terra, melhor vai ser o canteiro para plantar as verduras.

Para isso temos que escolher uma terra boa, bem escura e de um lugar onde a lavoura sempre cresceu bem.

Sendo que temos estrume de gado bem curtido, podemos misturar três carroças de estrume em cada canteiro. E se tivermos cinza de um fogão a lenha, podemos colocar também um balde de cinza nessa mistura.

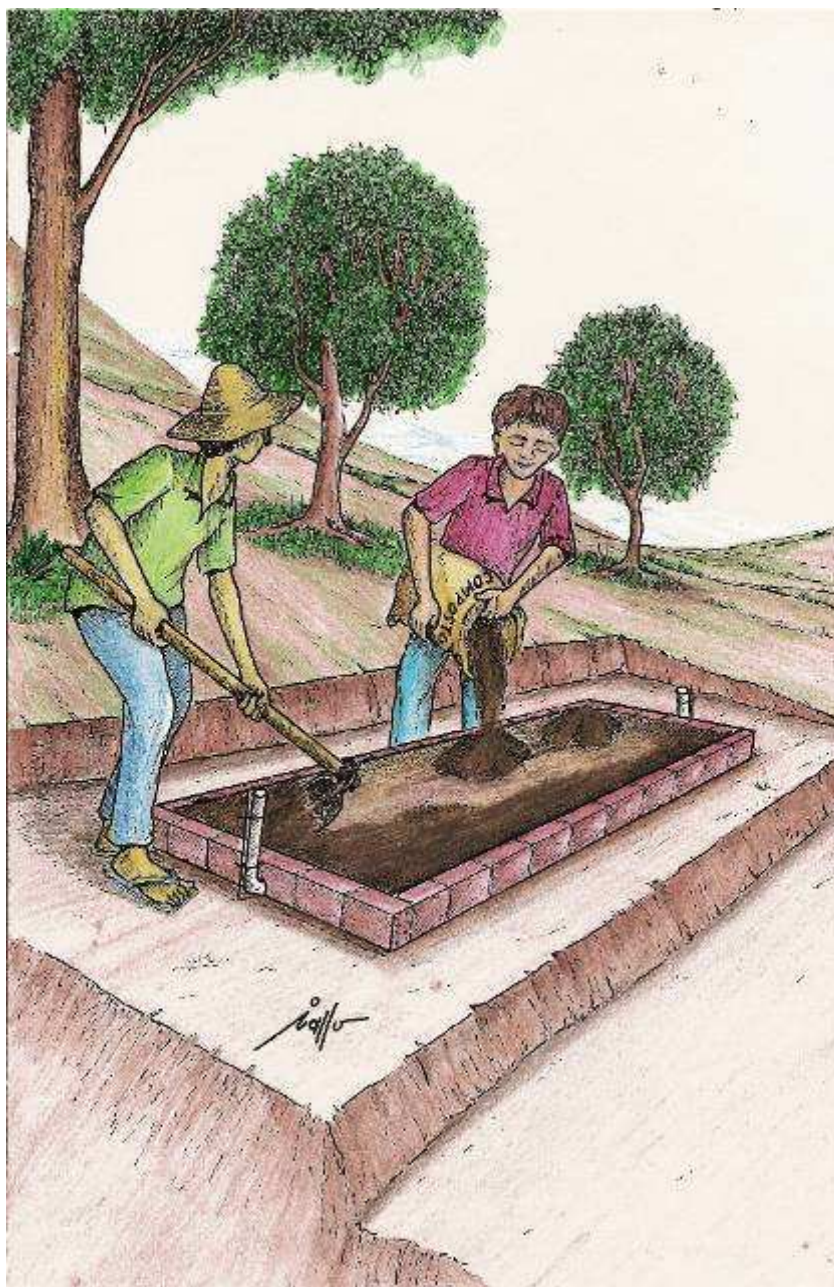
O estrume ajuda no crescimento das folhas enquanto a cinza das raízes.



OS CUIDADOS COM O CANTEIRO

Depois de encher o canteiro planeamos a terra com uma régua.

A partir de agora não podemos mais pisar no canteiro. A terra não pode mais ser socada com o nosso andar por cima. Vamos fazer tudo para a terra ficar bem solta e fofa.

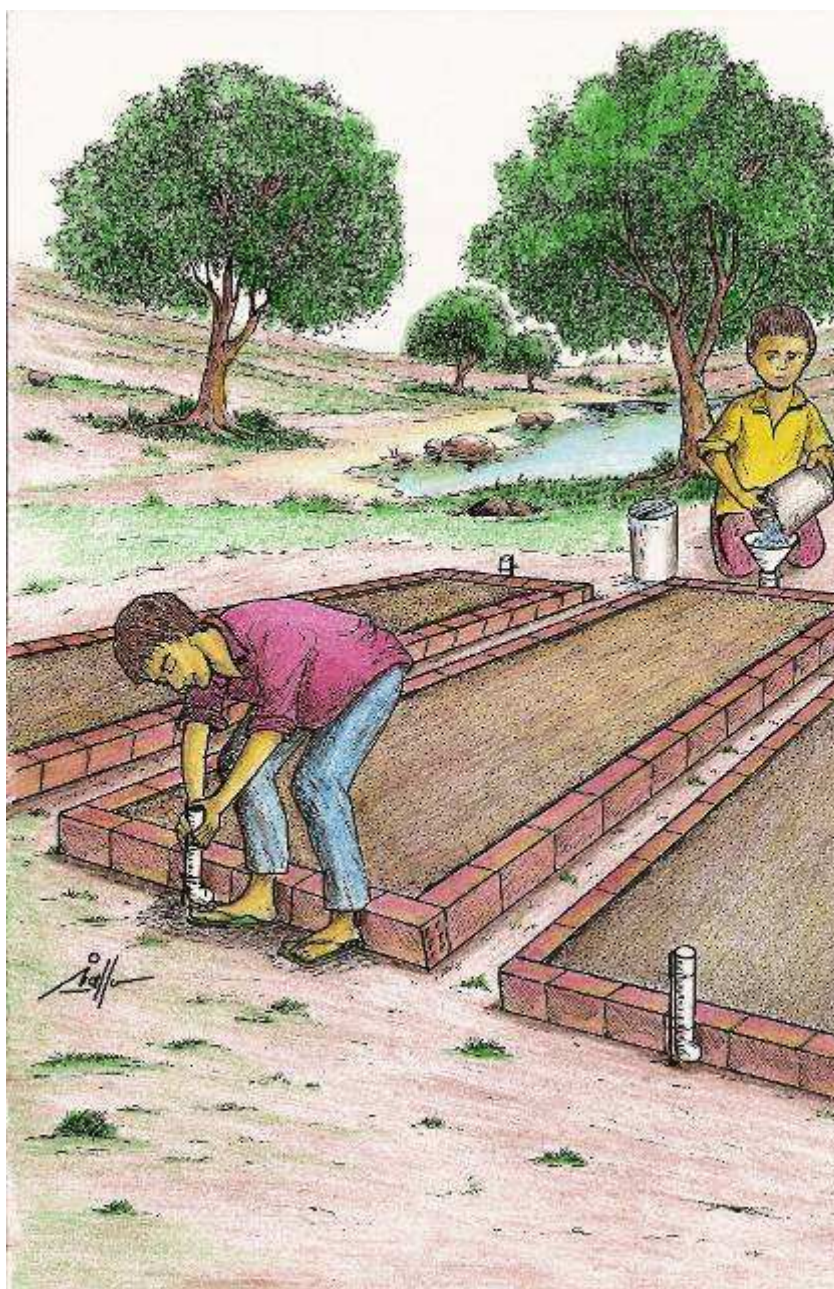


O USO DE COMPOSTO

O composto é um material orgânico já decomposto, já curtido. Todo o material que já viveu pode se decompor. Porém vidro, plástico, pedras, alumínio nunca viveram e não podem se decompor. Os restos de lavouras, capim, madeira, folhas, matos, papel, panos de algodão, esterco de animais são matérias que já viveram e podem se decompor. Colocando estes materiais num cantinho na sombra, e molhando-os sempre, eles se transformam por si mesmo em composto.

A gente pode espalhar duas carroças de composto na superfície e incorporar-lo levemente na terra do canteiro.

O composto também favorece a criação de minhocas, que contribuem com o enriquecimento do solo.



COMO COLOCAR A ÁGUA?

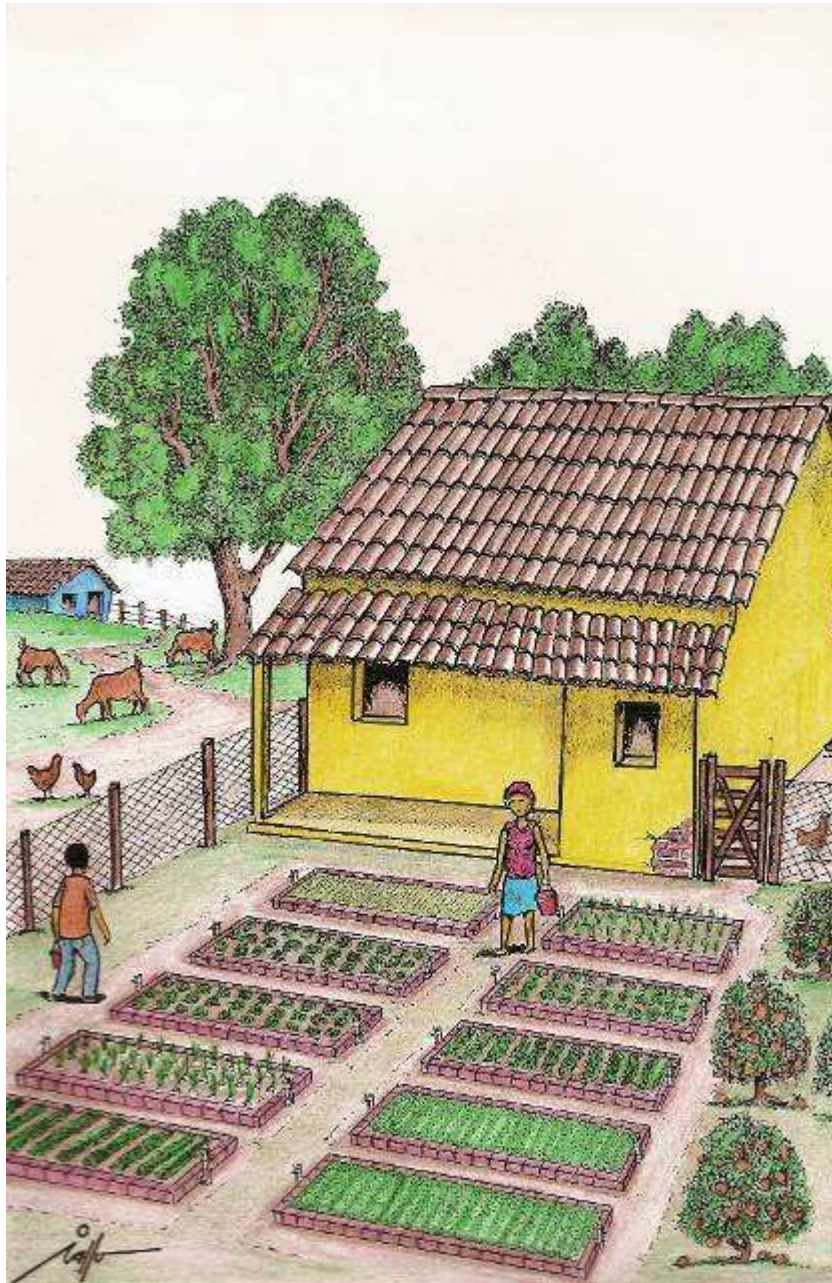
Agora chegou a hora de molhar o canteiro. Este é um trabalho que exige paciência. Utilizando um funil grande, colocamos as latas de água.

Para molhar bem a terra de um canteiro, colocamos água até que a umidade apareça na superfície. Normalmente necessitamos de vários dias para a água penetrar bem na terra. Uma vez que a terra estiver bem molhada, gastamos apenas cinco a sete latas de água por semana.

Tudo depende da temperatura do ambiente e da colocação de uma boa camada de capim cortado em cima do canteiro para evitar a evaporação.

Não coloque água em cima do canteiro porque isso soca a terra. Tenha paciência! Colocando a água pelo cano, o canteiro ficará todo molhado.

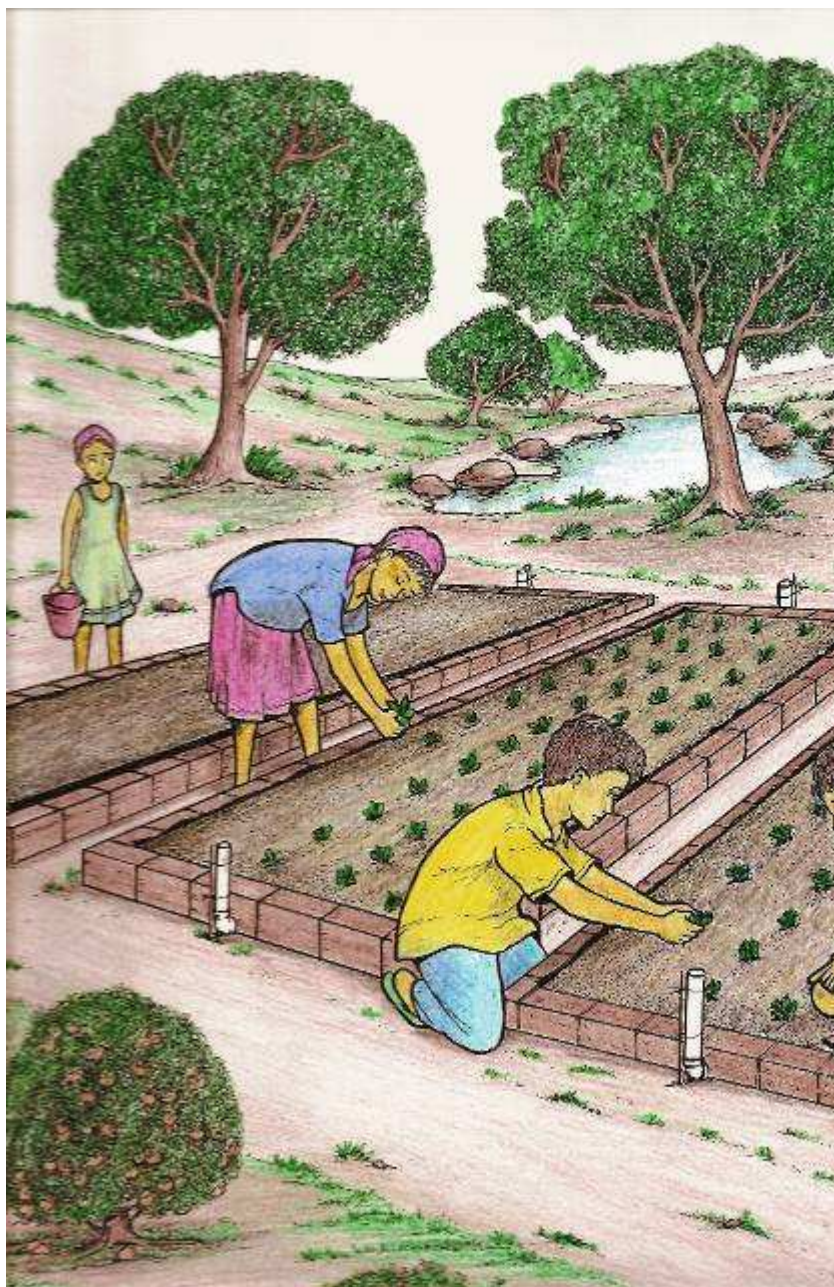
Somente quando se semeia coentro, cenoura ou outras sementes, temos que molhar a terra por cima porque a semente ainda não tem raízes para buscar a umidade em baixo.



A PROTEÇÃO DA NOSSA HORTA

Enquanto não cercamos o terreno da horta, a nossa criação de cabras, patos e galinhas ameaçam nosso canteiro de verduras. Podemos fazer a cerca de varas de madeira ou uma cerca com tela galvanizada para evitar a entrada de animais, que gostam das folhas verdes.

Caso as galinhas voem por cima da cerca, precisamos cortar as penas de uma das asas para descontrolar o vôo.



A PLANTAÇÃO DAS MUDAS

A confecção dos canteiros implica um esforço bastante grande. Isso depende do terreno onde vamos plantar. Seria bom fazer os canteiros perto de casa, porque isso facilita a colheita da verdura para usar na cozinha. Também é bom perto da fonte de água, para diminuir o carregamento. Temos que nos lembrar de tudo isso para facilitar o trabalho depois.

Estando pronto o canteiro, o trabalho de plantar as mudas, cobrir a terra, colocar a água e colher as verduras para comer ou vender é mais maneiro. As mulheres terão o maior prazer de fazer isso. E como as crianças ainda vão ajudar, a família toda está envolvida. Assim realiza-se uma verdadeira "Agricultura Familiar" onde os homens fazem os canteiros e o resto da família cultiva, consome as verduras e vende os excedentes.

As mudas que vamos plantar precisam estar saudáveis e viçosas. A distância de uma muda para outra depende do tipo da planta.

É bom ter cuidado com as raízes das mudas. Quanto mais raízes, melhor. Coloque todas as raízes no buraco e depois pressione a terra ao redor.



A COBERTURA MORTA

Quando as mudas pegarem, ficando bem em pé, a gente aproveita todo o material que achamos espalhados na nossa terra para cobrir o solo. Podem ser folhas, mato, capim, papel ou papelão. O importante é evitar que o sol resseque a terra do canteiro.

Porém todo o material tem que ser bem seco e curtido. Tendo uma forrageira podemos triturar o material que fica mais uniforme para cobrir a terra.



A COLHEITA

Finalmente chegamos à colheita a nossa produção. Que alegria, depois de meses em seguida. Nem sempre todas as verduras crescem por igual. Assim colhemos primeiro as plantas ou frutas que melhor desenvolveram.

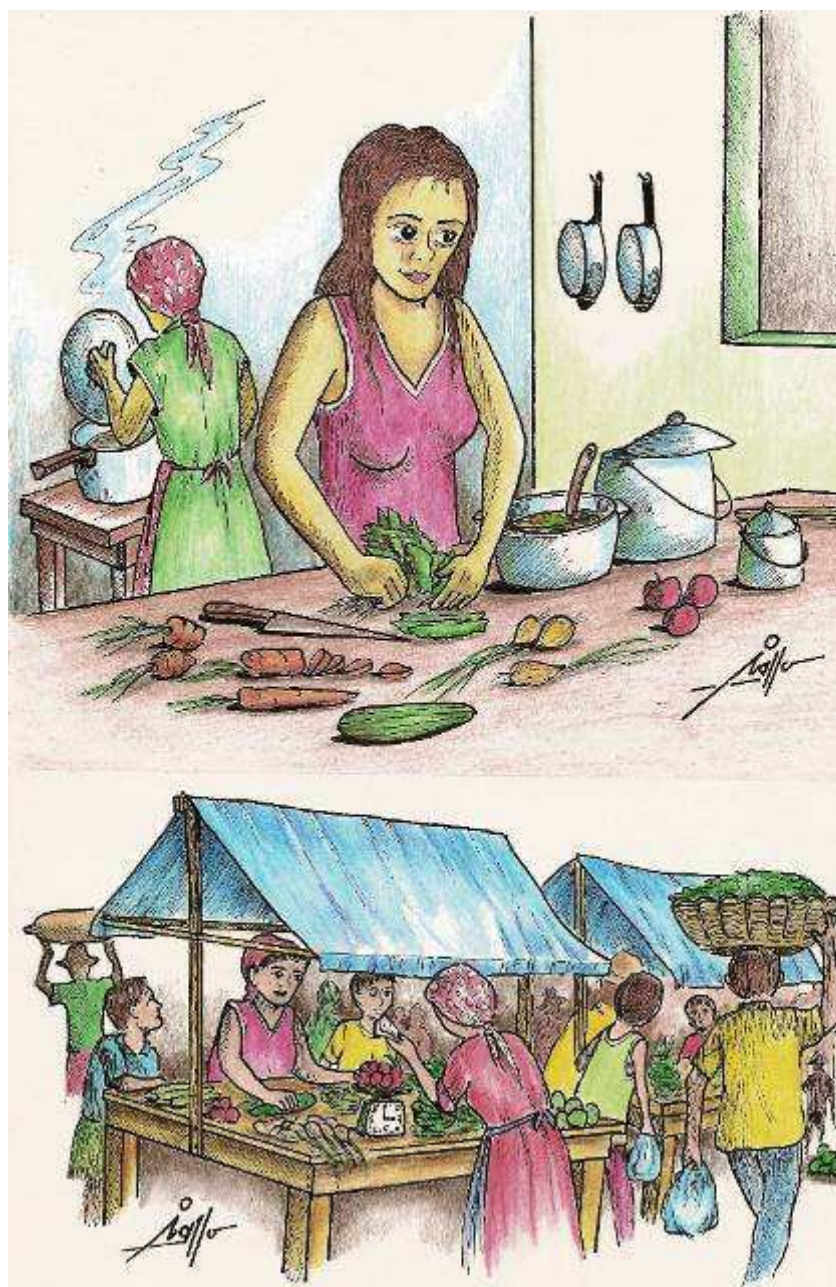
Colhemos a alface e o coentro com as raízes. Depois lavamos a verdura para tirar toda a terra.

Devemos praticar a rotação das culturas, que consiste em nunca cultivar duas ou três vezes a mesma cultura no mesmo local. Fazendo assim, teremos verduras mais saudáveis e conseqüentemente mais resistentes às pragas e doenças.



O USO DA VERDURA PELA FAMÍLIA

Quem tem verduras orgânicas, produzidas sem venenos, tem tudo para ter saúde e disposição. Comendo antes do feijão, do arroz e da farinha algumas verduras cruas, enriquecemos o nosso organismo com uma grande quantidade de vitaminas e minerais. São estas vitaminas e minerais que nos dão forças para crescer e ter resistência às doenças. Por isso a família tem que ser a primeira a fazer uso desta riqueza.



E O QUE FAZEMOS COM A VERDURA QUE SOBRA?

Podemos fornecer o excedente aos nossos familiares ou amigos. Produtos sem venenos estão sendo cada vez mais procurados. Também podemos vender nas feiras o que não consumimos.

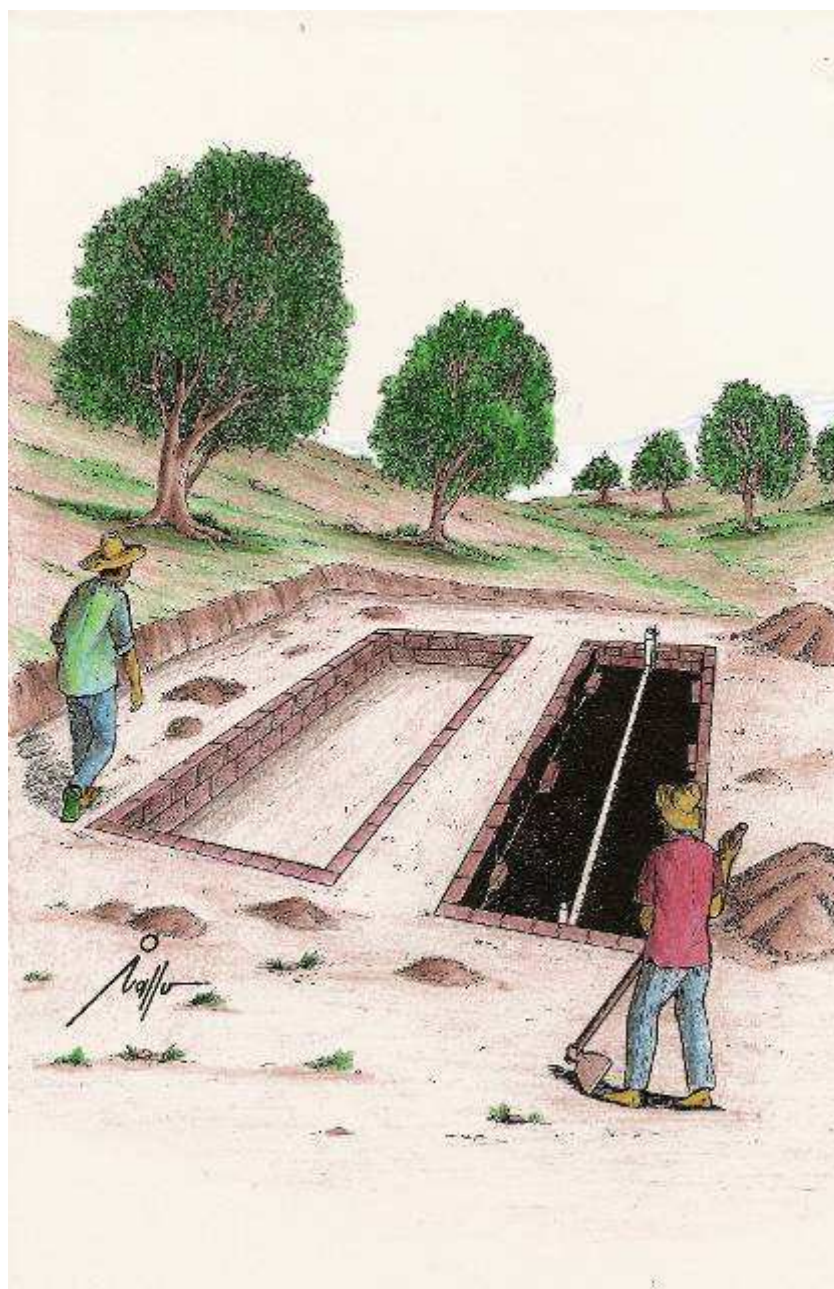
As pessoas que procuram essas verduras sem agrotóxicos sabem que muitas das doenças que adquirimos vêm dos venenos colocados na agricultura e nos produtos industrializados. O nosso trabalho com a horta pode melhorar a nossa vida e a vida de muitas pessoas. Continuemos produzindo sem venenos para o nosso bem e o bem dos nossos irmãos.

Bom trabalho! - Boa Sorte!

ANEXOS

Pelo fato que nos lugares mais distantes das cidades não é tão fácil conseguir os materiais para fazer canteiros como descrevemos, vamos dar algumas sugestões para fazer canteiros sem o uso dos materiais citados. Com isso não queremos eliminar a criatividade das pessoas que podem encontrar soluções originais para resolver seus problemas.

O que gostaríamos acima de tudo é que qualquer comunidade ou pessoa tenha condições de produzir verduras sadias e sem agrotóxicos. Só assim se combate a fome e melhora a qualidade da nossa alimentação.

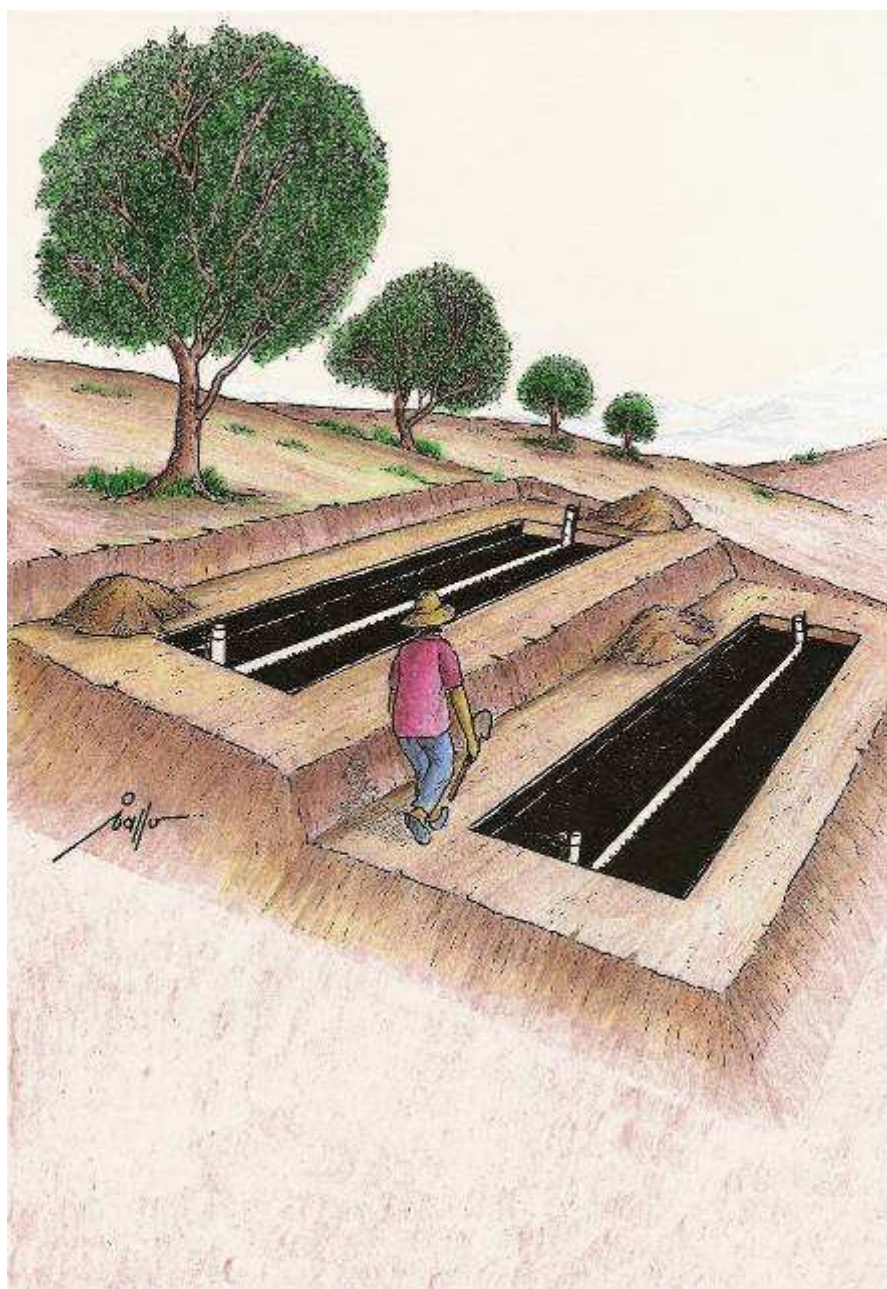


UM CANTEIRO MAIS FUNDO

Existem verduras que precisam de uma profundidade maior para se desenvolver, por exemplo, as cenouras. Assim o canteiro pode ser feito com dois tijolos, um em cima do outro.

Podemos também cavar o canteiro dentro da terra, nivelando o fundo e colocando as duas fileiras de tijolos. Depois se coloca o plástico e o cano como já explicamos.

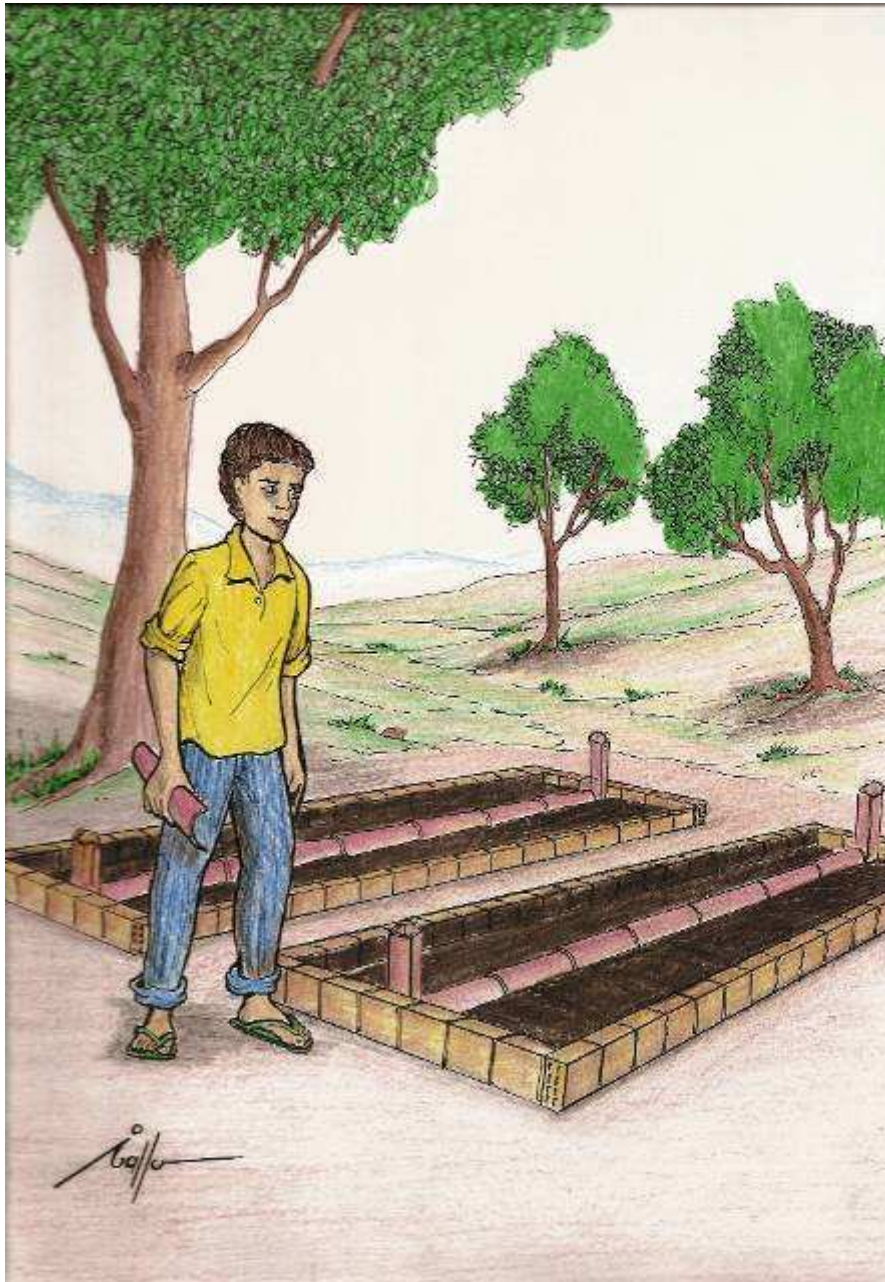
Neste caso é necessário não subir o plástico nas cabeceiras do canteiro para garantir a saída da água nas fendas dos tijolos, evitando o encharcamento.



UM CANTEIRO SEM TIJOLOS

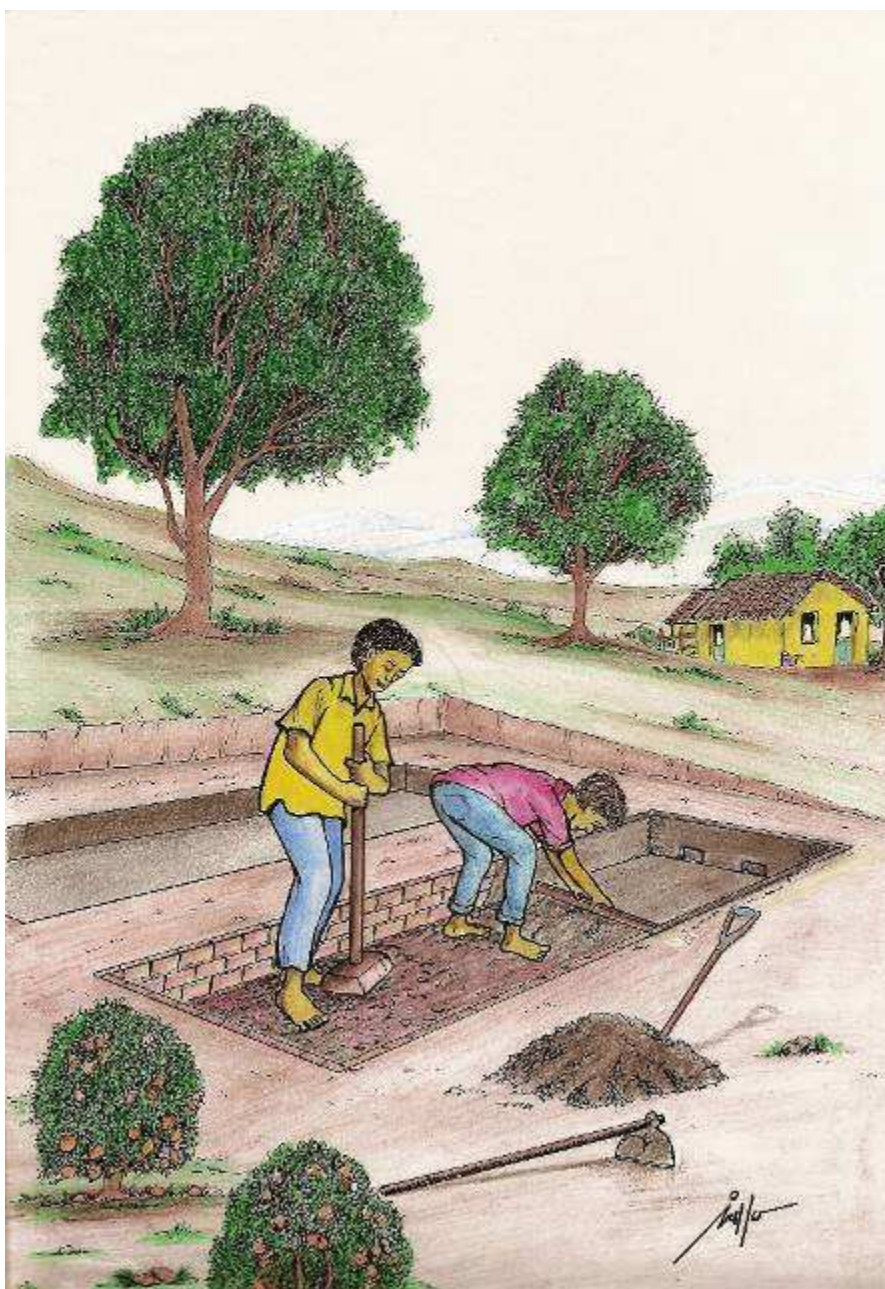
Vamos supor que o agricultor ou a agricultora não tenha tijolos com oito furos no seu sítio, nem dinheiro para comprá-los. Será que uma pessoa assim não pode fazer esses canteiros? Pode sim, porque os tijolos são apenas para facilitar sua confecção.

Neste caso o agricultor ou agricultora nivela o terreno e fixa quatro piquetes com no máximo, oito metros de comprimento e um metro e vinte centímetros de largura. Coloca a linha e vai cavando até alcançar a profundidade desejada, seja vinte ou até quarenta centímetros. Depois de fazer uma cavação bem caprichada, com quinas vivas e retas, ele ou ela coloca a lona e o cano como nos outros canteiros.



UM CANTEIRO SEM CANO FURADO

Se não tiver um cano plástico de quarenta milímetros pode-se colocar telhas emborcadas na lona. Temos que ajeitar duas bocas para a água entrar na abertura embaixo das telhas. Mas com um pouco de jeito e talvez um pouquinho de massa de cimento e areia, se consegue. Em todo caso se economiza a despesa do cano e o uso da furadeira.

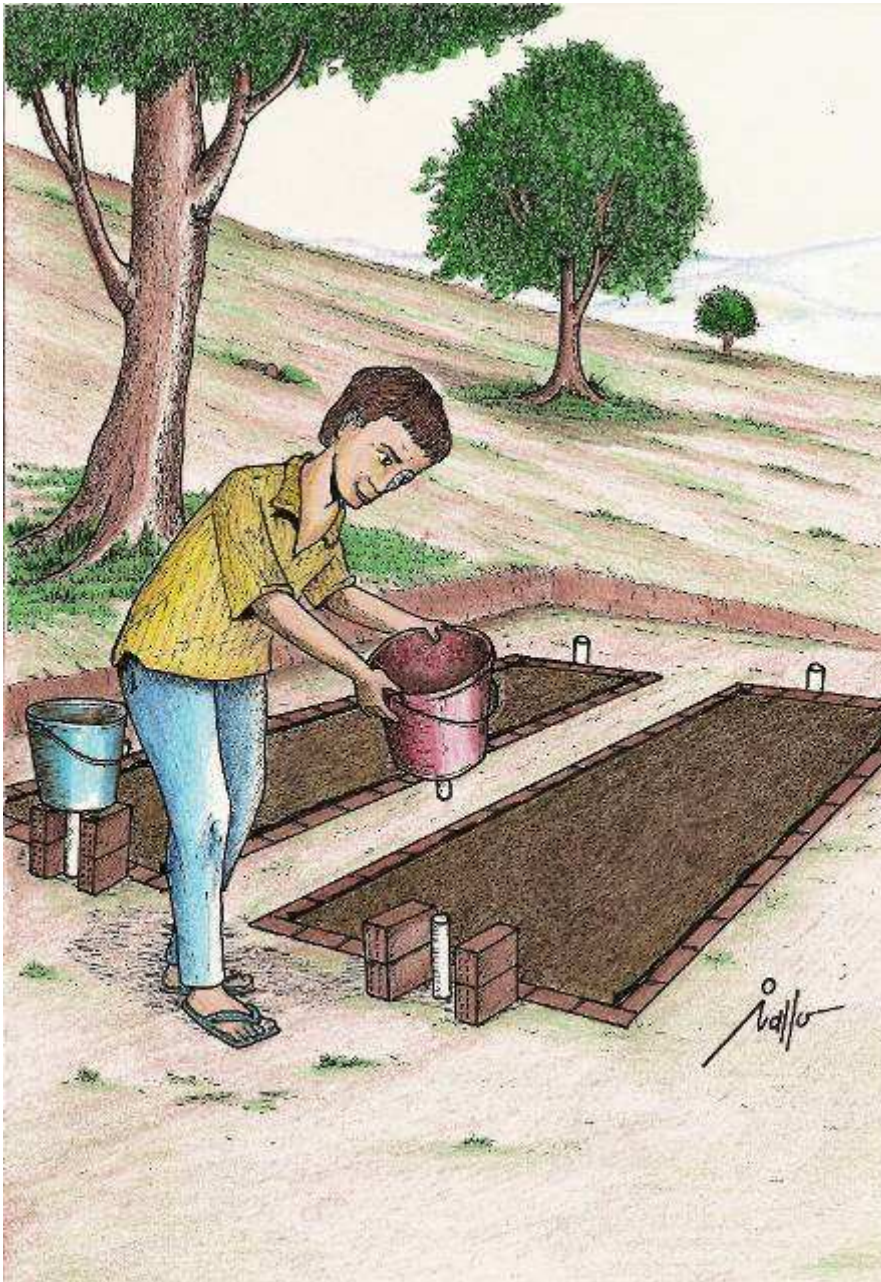


UM CANTEIRO SEM PLÁSTICO

Fazer canteiros econômicos em água tem que estar ao alcance de todos. Ninguém pode dizer que não tem condições de fazê-los. Mesmo que não tenha dinheiro para comprar o plástico, ou more longe da cidade.

Podemos fazer o canteiro com tijolos comuns e depois rebocar o fundo e os lados. Para impermeabilizar é necessário passar duas mãos de gorda de cimento com um pincel de pintar paredes. Aí a água não passa mais e o canteiro fica segurando a água da mesma maneira do que forrado com plástico.

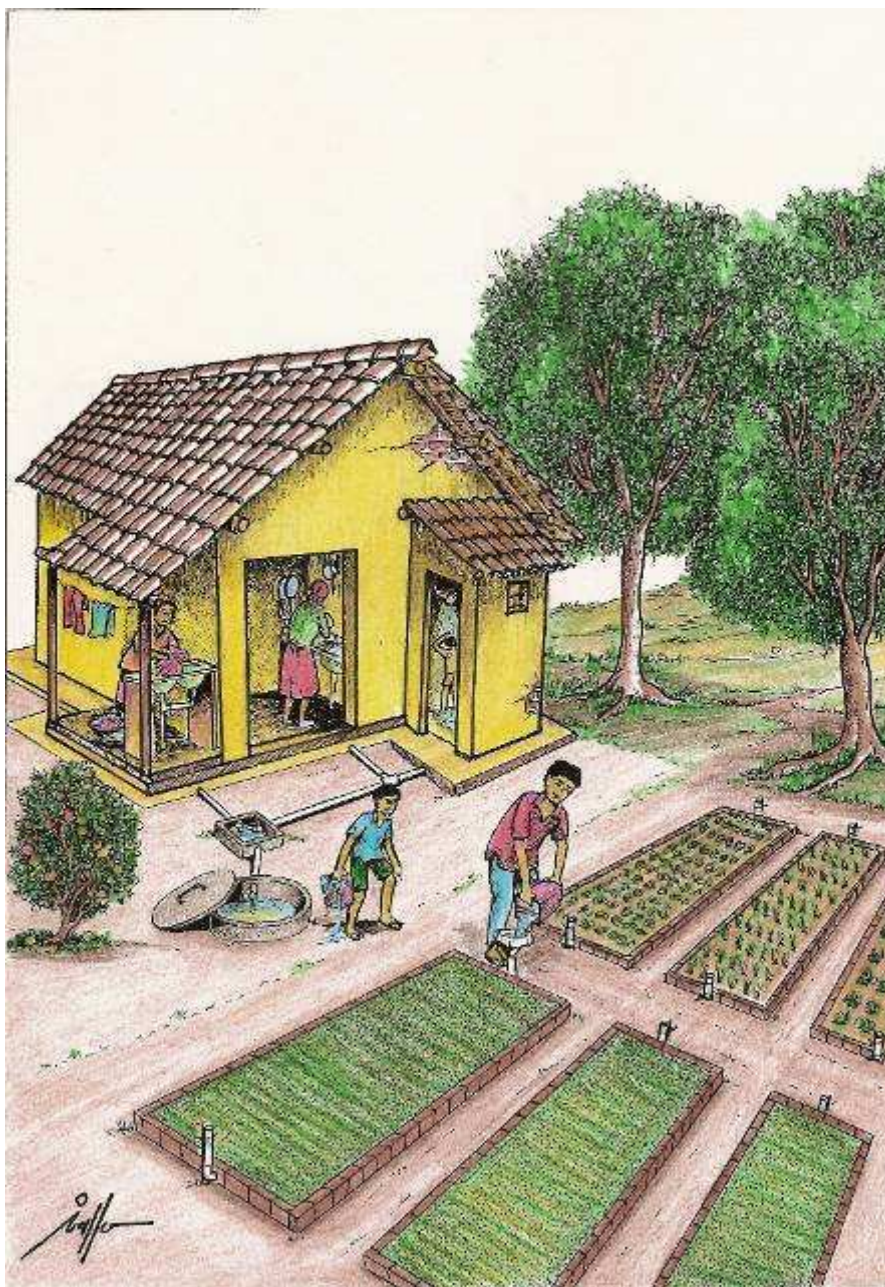
Lembre-se de deixar alguns buracos nas cabaceiras do canteiro para escoar o excesso da água.



OUTRA MANEIRA PARA COLOCAR ÁGUA

Colocando uma válvula de pia com tampa no fundo de um balde plástico, podemos controlar e medir a quantidade de água fornecida ao canteiro.

Quando o balde estiver cheio, se retira a tampa, deixando a água descer.



USO DAS ÁGUAS USADAS

Muitas vezes fazemos um esforço muito grande para captar e guardar a água da chuva. Mas depois do uso, seja no banheiro, na cozinha ou na lavagem de roupas, não utilizamos essa água que pode ser reaproveitada nos canteiros.

O pouco de sabão que foi usado não prejudica as verduras. E se tiver alguma sujeira das panelas da cozinha, colocamos um pano sobre o funil ou balde para coar a água. É bom só colocar essa água no funil, evitando o contato com as verduras.

Sugerimos canalizar as águas usadas para uma caixa de gordura e de lá para um depósito pequeno. Assim aproveitamos melhor a água disponível.

Volume 2 da serie "Captacao e uso de agua" - Subtitulo - Canteiros Econômicos em Água

Uma Publicação da UTOPIA - Unidade Técnica Objetivando Práticas Inovadoras e Adaptadas

Pesquisa, Planejamento e Texto: Irmão Urbano¹

Ilustração: Ivaldo Guedes²

Endereços:

Utopia: Caixa Postal 282

CEP: 58100-970 - Capina Grande/PB

Tel.: (83) 3333-7200

E-mail: urbn@terra.com.br

Ivaldo Guedes: Rua Belarmino Barbosa, 190

Dist. De São José da Mata - CEP: 58113-000 - Campina Grande/PB

Tel.: (83) 3314-1220

¹ Irmão Urbano é missionário redentorista, fundador do PATAC e criou a UTOPIA

² Ivaldo Guedes é desenhista profissional

Digitação e Montagem: Vanderson Matias



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

RELATO DE EXPERIÊNCIA: Interlocução entre estudantes e as comunidades populares

Leonardo Augusto dos Santos ¹, Herbert Kohl Rodrigues ², Henrique Pereira Barcelos ³, Valter Lúcio de Pádua ⁴.

1, 2, 3: Estudantes de graduação em Engenharia Civil na Escola de Engenharia da UFMG.

4: Professor adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia da UFMG. E-mail: valter@desa.ufmg.br

Foi desenvolvida na UFMG a pesquisa intitulada “*Proteção sanitária das cisternas utilizadas na reservação de águas pluviais para consumo humano: aspectos técnicos e educacionais*”, com financiamento da Funasa (Fundação Nacional de Saúde). Dentre os objetivos visava-se a participação de estudantes voluntários em atividades de formação de recursos humanos para lidar com questões relativas aos problemas de abastecimento de água na região do Vale do Jequitinhonha –MG, especificamente nos municípios de Araçuaí e Itinga.

Os alunos foram levados à campo no período de férias escolares nos anos de 2005 e 2006. Neste período os estudantes realizaram as seguintes atividades: palestras para os moradores locais sobre saneamento e saúde da mulher; programas diários de rádio; capacitação de moradores locais para a construção de cisternas de placas destinadas ao armazenamento de água de chuva para consumo humano; visita às residências para avaliação e cadastro das cisternas existentes nas moradias e instrução sobre cuidados que deveriam ser tomados na captação, armazenamento e manuseio da água de chuva.

Nas figuras a seguir tem-se os estudantes realizando as atividades.



Fig.1: Estudantes se dirigindo às comunidades rurais.



Fig.2: Estudantes e moradores em capacitação para construção de cisternas de placas.



Fig.3: Estudantes em visita às comunidades rurais.



Fig.4: Palestras envolvendo temas de saúde da mulher.



Fig.5: Estudantes em atividades de educação ambiental com as crianças.



Fig.6: Estudantes construindo uma cisterna de placas em Belo Horizonte com o acompanhamento de um pedreiro construtor de cisternas vindo do Vale do Jequitinhonha-MG.

A partir de atividades de envolvimento da universidade com as comunidades, tem-se obtido bons resultados. Os estudantes tiveram a oportunidade de entrar em contato com outra realidade sócio-econômica e cultural, utilizando o conhecimento adquirido na universidade e fazendo a troca de experiências com a população, que por sua vez tem-se mostrado bastante interessada nas atividades em que ela tem um envolvimento direto, sendo peça fundamental na atividade em conjunto.

No período de julho de 2007, novamente será levado um grupo de estudantes para realizar as atividades junto à população dos municípios de Francisco Badaró, Padre Paraíso e Ponto dos Volantes, localizados no Vale do Jequitinhonha-MG.

A intenção deste breve relato de experiência é mostrar a importância em se realizar atividades de pesquisa científica com cunho social, devido às motivações que são causadas tanto à população quanto aos estudantes, futuros profissionais de diversas áreas no que diz respeito aos problemas enfrentados no país devido a falta de uma estrutura de saneamento básico.



“ÁGUA DE CHUVA: PESQUISAS, POLÍTICAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA NO PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS

João Bosco Senra¹
Luiz Augusto Bronzatto²
Simone Vendruscolo³

Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano do Ministério do Meio Ambiente

1-Diretor de Recursos Hídricos; 2-Gerente de Apoio à Formulação da Política, 3-Analista Ambiental
E-mail: joao.senra@mma.gov.br

Resumo

O Plano Nacional de Recursos Hídricos é um instrumento que visa fundamentar e orientar a Política Nacional de Recursos Hídricos. Seu processo de construção envolveu um amplo diálogo com a sociedade, os setores usuários e o Poder Público, por meio do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, dos 27 Encontros Públicos Estaduais, dos encontros envolvendo as 12 Comissões Executivas Regionais, além de oficinas setoriais e temáticas. Durante esse processo participativo, evidenciou-se a importância da captação de água de chuva na gestão integrada das águas. Como resposta a esse anseio, houve a oficina “Aspectos institucionais, legais e tecnológicos para o manejo das águas de chuva no meio rural e urbanos”, e cujos resultados influenciaram na elaboração de algumas diretrizes e Programas. Nesse sentido, o presente artigo trata dos reflexos do tema da captação da água de chuva no Plano Nacional de Recursos Hídricos.

1- Introdução

Historicamente, ao pensar gestão de recursos hídricos, percebe-se que o principal foco recai nas águas superficiais. No entanto, com a promulgação da Lei 9.433, de 08 de janeiro de

1997 (Lei das águas), novos paradigmas passam a nortear as discussões sobre o ordenamento dos usos da água, tais como os múltiplos usos, a participação e a descentralização nas tomadas de decisão e a gestão integrada das águas superficiais, subterrâneas e meteóricas (Resolução CNRH nº 15, de 11 de janeiro de 2001). Este fato tem sua origem na Constituição Federal de 1988, ao estabelecer por meio do inciso XIX do artigo 21 que compete à União instituir Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) e definir critérios de outorga de direitos de uso. A Lei Federal, nº 9.433/1997, regulamenta esse inciso e institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e apresenta os seguintes objetivos:

- assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; e
- a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

A captação de água de chuva tem uma relação indireta com os objetivos dessa Política, já que estimula o uso racional e ao mesmo tempo previne contra os eventos hidrológicos críticos, tanto às secas, devido a promoção da reserva, quanto às inundações, devido a diminuição do escoamento superficial. A inclusão da captação de água de chuva no Plano, indica o esforço da política de recursos hídricos na busca da transversalidade e no gerenciamento integrado das águas.

2-Política Nacional de Recursos

Ao definir seus objetivos, a Política Nacional de Recursos Hídricos prega os pressupostos do desenvolvimento sustentável, além de expressar a necessidade da prevenção contra os eventos hidrológicos críticos, sejam esses de origem natural (secas e inundações) ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais. Um aspecto importante dessa legislação foi a criação de um sistema institucional que possibilite à União, aos estados, aos municípios, aos usuários de recursos hídricos e à sociedade civil de atuar, de forma harmônica e integrada, na resolução dos conflitos, e na definição das regras para o uso da água em nível de bacia hidrográfica. O SINGREH é, portanto, o arcabouço institucional para a gestão descentralizada e compartilhada do uso da água no Brasil, do qual fazem parte o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), a Secretaria de Recursos Hídricos (atual Secretaria de Recursos

Hídricos e Ambiente Urbano SRHU/MMA), a Agência Nacional de Águas (ANA), os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados (CERHs), os órgãos gestores federais, estaduais e municipais, cujas competências se relacionem com a gestão das águas, os Comitês de Bacia e as Agências de Água. Uma característica marcante é que o poder decisório passa a ser compartilhado nos Comitês de Bacia Hidrográfica e nos Conselho Nacional ou Estaduais de Recursos Hídricos.

A lei também definiu uma série de instrumentos envolvidos na gestão das águas com o propósito de obter melhoria dos resultados no planejamento, implantação e operacionalização dos empreendimentos que utilizam os recursos hídricos, que são: (1) os Planos de recursos hídricos, (2) o Enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da água, (3) a Outorga do direito de uso da água, (4) a Cobrança pelo uso da água, (5) a Compensação a Municípios e os (6) Sistemas de Informações sobre recursos hídricos.

Os Planos de Recursos Hídricos¹ devem ser elaborados, segundo a lei, em três níveis, quais sejam: nacional (plano nacional), estadual (planos estaduais) e por bacia (planos de bacia). O Plano Nacional de Recursos Hídricos é um dos instrumentos para o gerenciamento dos recursos hídricos e configura-se em um planejamento estratégico para o período 2005-2020, que estabelece diretrizes, metas e programas, pactuados sócio-politicamente por meio de um amplo processo de discussão, visando assegurar às atuais e futuras gerações a necessária disponibilidade de água - em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos - e a utilização racional e integrada dos recursos hídricos. A elaboração do PNRH se apoiou nos pilares da Constituição Federal de 1988, na Lei 9.433/97 e em outros documentos técnicos e políticos, como a Agenda 21, que fundamentam os princípios da gestão descentralizada e participativa.

3-Construção do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH)

A construção do PNRH envolveu um necessário enfoque técnico, mas caracterizou-se, sobretudo, por um processo social e político de negociação entre diferentes instituições, segmentos e atores sociais. A dinâmica do processo de planejamento foi proposta pelo Grupo Técnico de Coordenação e Elaboração do PNRH (GTCE/PNRH), composto por técnicos da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente (SRH/MMA) e da Agência Nacional de Águas (ANA), em conjunto com a Câmara Técnica do PNRH (CT-

1 Os artigos 6º a 8º, da Lei 9.433/1997, tratam sobre os planos de recursos hídricos.

6º. *Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva*
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007

PNRH/CNRH), criada no âmbito do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH).

Essa dinâmica envolveu, sinteticamente: realização de estudos básicos em cada uma das doze regiões hidrográficas brasileiras, estruturação de doze Comissões Executivas Regionais (CERs), realização de doze Seminários Regionais, vinte e sete Encontros Públicos Estaduais, além de quatro Oficinas Temáticas e três Oficinas Setoriais².

A importância da captação da água de chuva foi ressaltada na oficina setorial da Sociedade Civil, fato que fortalece a importância da abertura de processos de envolvimento social no estabelecimento de políticas públicas, e como resposta a essa solicitação, foi realizada, em julho de 2005, a oficina referente a “Aspectos institucionais, legais e tecnológicos para o manejo das águas de chuva no meio rural e urbano.” Esta oficina contou com a participação de entidades de pesquisa e organizações sociais, em âmbito nacional, que apresentaram suas visões sobre o manejo e captação de águas de chuva. Foram apresentados estudos de caso do Brasil e do exterior, acompanhados de debates das ações técnico-científicas para o aproveitamento da água de chuva. As contribuições do evento dizem respeito ao amadurecimento das bases científicas para o dimensionamento, construção e operação de sistemas de captação de água de chuva para o meio rural, bem como a articulação entre as políticas de drenagem urbana e o PNRH.

O resultado desse evento está refletido em algumas Diretrizes e Programas do Plano e destaca-se que além do foco na área de recursos hídricos, há a busca da transversalidade, por meio da articulação às demais políticas públicas e a programas de diferentes áreas que devem interagir entre si, promovendo um movimento favorável rumo ao alcance da gestão integrado dos recursos hídricos.

3.1- Reflexo das contribuições da Oficina Águas de Chuva no PNRH

A oficina de captação de água de chuva realizada em 2005 organizou uma série de palestras que subsidiaram os debates dos dois grupos de discussões, um voltado ao tema nas áreas urbanas e o outro nas áreas rurais. O trabalho desenvolveu-se a partir das seguintes perguntas norteadoras:

- a) Como promover a articulação e a integração das políticas de manejo de águas pluviais no Brasil, considerando o meio urbano e rural?
- b) Como integrar fatores tecnológicos, físicos, sociais e econômicos para a captação de

2 Para maiores informações ver site: <http://pnrh.cnrh-srh.gov.br/>

6º. *Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva*
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007

água de chuva no meio rural e urbano para as diferentes realidades brasileiras?

c) Como fazer um intercâmbio de informações entre a comunidade técnico-científica, o Governo e a sociedade civil acerca do manejo de águas de chuva?

d) Qual visão que o PNRH deve ter a respeito do manejo de águas de chuva no Brasil? Qual o limite de abrangência?

e) Quais ações prioritárias devem ser tratadas pelas políticas de captação de águas de chuva?

f) Quais os problemas que limitam as experiências exitosas de se difundirem pelo país?

A partir das discussões dos grupos, chegou-se aos seguintes consensos:

- Considerar a água de chuva em todos os seus aspectos potenciais;
- Considerar as enchentes como fator de manejo onde se possa aumentar a disponibilidade hídrica, para usos adequados;
- Considerar a água de chuva como componente do ciclo hidrológico;
- Considerar a água de chuva como fonte hídrica;
- Considerar o comprometimento da sociedade, e do cidadão, na gestão das águas de chuva;
- Considerar a falta de manejo de água de chuva em áreas urbanas (em lotes, prédios) como passível de taxação;
- Considerar, para o homem do campo, a captação e o manejo das águas de chuva como tecnologia social e meio de continuar vivendo no campo;
- Incentivar mais programas governamentais com participação popular (ou vice-versa), como no caso do P1MC;
- Incentivar diretrizes para a outorga de drenagem urbana, e planos municipais de drenagem urbana;
- Considerar a drenagem urbana como passível de outorga;
- Priorizar, para as águas de chuvas, a formação de um núcleo gestor das águas de chuva;
- Priorizar, como em qualquer caso da gestão dos recursos hídricos, a dessedentação humana e animal;
- Priorizar a pesquisa acerca do tema (disponibilizar recursos);
- Incentivar a inclusão do assunto nos currículos nas escolas técnicas e nas universidades;

- Priorizar ações para a produção agrícola e para a segurança hídrica;
- Priorizar ações de manejo aos eventos hidrológicos críticos (enchente e seca), e conseqüentemente o Semi-árido Nordeste (convivência com o clima);
- Incluir o assunto como parte integrante e essencial do PNRH e não somente como apêndice de modo a priorizar ações quanto à captação e o manejo das águas de chuva no contexto do manejo integrado de recursos hídricos.

O resultado dessa Oficina estão refletidas no Volume III sobre Diretrizes e no Volume IV, Programas Nacionais e Metas do Plano Nacional. Nas Tabelas 1, 2, 3 e 4 estão transcritos os programas, subprogramas e diretrizes que tem relação com a captação das águas de chuva.

A questão da falta de informação hidrológica, tanto no meio técnico quanto para a sociedade, refletiu-se na elaboração das diretrizes do Programa III (Tabela 1), que demonstram a importância da necessidade de se melhorar os sistemas de informações, como forma de aprimorar as bases técnicas e apoiar o diálogo no campo da gestão das águas.

Tabela 1: Diretrizes e Subprogramas relacionados ao Programa III (Desenvolvimento e Implementação de Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos)

Diretrizes	Subprogramas
Melhorar e consolidar o conhecimento sobre o comportamento hidrológico, hidrogeológicos e da qualidade das águas, como forma de aprimorar as bases técnicas e apoiar a tomada de decisões na gestão das águas.	III.2 – Rede Hidrológica Qualitativa Nacional
Organizar, sistematizar e disseminar as informações hidrológicas, hidrogeológicas e de qualidade das águas, contribuindo para a realização de estudos e projetos e para a construção do conhecimento, qualificando o diálogo entre aqueles que atuam no campo da gestão das águas.	III.3–Processamento, Armazenamento, Interpretação e Difusão de Informação Hidrológica

Fonte: BRASIL, 2006.

A capacitação também foi um aspecto levantado na oficina e que estão transcritas no Programa IV (Tabela 2)

Tabela 2: Diretrizes e Subprogramas relacionados ao Programa IV (Desenvolvimento Tecnológico, Capacitação, Comunicação e Difusão de Informações em Gestão Integrada de Recursos Hídricos).

Diretrizes	Subprogramas
Promover o desenvolvimento de pesquisas e a difusão de tecnologia orientada para a integração e a conservação dos ecossistemas de água doce e florestal com a previsão dos efeitos das mudanças climáticas por meio de modelos de suporte para a tomada de decisões.	IV.1–Desenvolvimento, consolidação de conhecimento, inclusive os conhecimentos tradicionais, e de avanços tecnológicos em gestão de recursos hídricos.
Ampliar, mediante estudos e pesquisas, o entendimento das relações entre a dinâmica das disponibilidades hídricas e o comportamento climático.	

Desenvolver estudos e pesquisas voltadas para ampliar a base atual do conhecimento no campo dos recursos hídricos subterrâneos e superficiais, sob a ótica da qualidade e quantidade.	
Produzir conhecimento e estimular a inovação tecnológica, visando a contribuir para a gestão das demandas e para o aumento da oferta de água, colaborando, ainda, para assegurar os usos múltiplos e a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade e quantidade aos diversos usos.	
Disponibilizar, em favor de populações tradicionais e dos povos indígenas, alternativas de oferta de água compatíveis com seu contexto sociocultural e buscar tecnologias apropriadas para a inserção socioeconômica de pequenos e médios produtores, sempre sob a perspectiva da sustentabilidade.	
Promover a formação de profissionais para atuarem em gestão integrada de recursos hídricos, atualizar os decisores públicos do processo de gestão em seus diversos níveis de atuação, como também qualificar membros da sociedade, neles incluindo grupos tradicionais e representantes das comunidades indígenas, para participar de forma efetiva dos colegiados do SINGREH.	IV.2–Capacitação e educação, especialmente a ambiental, para a gestão integrada de recursos hídricos
Promover a incorporação da perspectiva de gênero como elemento essencial na implementação da gestão integrada de recursos hídricos.	
Criar bases para ampliar e democratizar as discussões sobre a temática da água, estimulando o permanente diálogo entre diferentes saberes (científico, tecnológico, filosófico e biorregional ou tradicional), uma vez que a construção do conhecimento é um processo que envolve multiplicidade de atores e componentes.	
Promover o empoderamento da sociedade na elaboração e na implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, fortalecendo os canais de comunicação existentes e a criação de novos, assim como o aperfeiçoamento dos meios de interlocução social	IV.3–Comunicação e Difusão de Informações em Gestão Integrada de Recursos Hídricos

Fonte: BRASIL, 2006.

O Programas V (Tabela 3) reflete a necessidade da transversalidade da Política Nacional de Recursos Hídricos com outras políticas e setores.

Tabela 3: Diretrizes e Subprogramas relacionados ao Programa V (Articulação Intersetorial, Interinstitucional e Intra-Institucional da Gestão de Recursos Hídricos)

Diretrizes	Subprogramas
Fortalecer a dimensão sustentável do desenvolvimento a partir da gestão da água ou de sua valorização como elemento estruturante para a implementação de políticas setoriais sob a ótica do desenvolvimento sustentável e da inclusão social.	V.1 – Avaliação de impactos setoriais na gestão de recursos hídricos
Subsidiar a definição de linhas temáticas e diretrizes que possam orientar o PPA referente ao período de 2008-2011.	
Subsidiar a definição de estratégias de articulação do SINGREH com os setores usuários e com as instituições públicas que formulam e implementam as políticas de desenvolvimento nacional e regional, bem como no ambiente interno ao MMA.	

Identificar os vetores que conferem a dinâmica dos problemas regionais que afetam os recursos hídricos – a natureza plena dos problemas de recursos hídricos.	
Definir uma clara estratégia institucional, notadamente de interlocução do SINGREH com os Estados (SEGRH), com os principais setores usuários e com as instituições públicas que formulam e implementam as políticas de desenvolvimento nacional e regional, visando a garantir a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos como instrumento transversal às demais políticas de desenvolvimento.	V.2 – Compatibilização de impactos setoriais na gestão de recursos hídricos
Estabelecer uma agenda proativa entre os responsáveis pela condução das políticas públicas, visando a sistematizar ações para o estabelecimento concreto das relações entre a política de recursos hídricos e as políticas públicas correlatas.	
Promover incentivos para que os vários segmentos de usuários desenvolvam esforços de planejamento que resultem no estabelecimento de diretrizes e na construção de políticas de abrangência nacional para os diversos setores.	
Estimular a incorporação das ações de planejamento setorial à ótica de uso múltiplo e integrado desde sua etapa inicial.	

Fonte: BRASIL, 2006.

Finalmente o Programa VI (Tabela 4) trata especificamente da gestão em áreas sujeitas a eventos hidrológicos ou climáticos críticos. Da mesma forma, o Programa XII (Gestão Sustentável de Recursos Hídricos e Convivência com o semi-árido brasileiro) pode incorporar refletir experiências governamentais bem sucedidas, citadas na oficina, como no caso do P1MC.

Tabela 4: Diretrizes e Subprogramas relacionados ao Programa VI (Usos Múltiplos e Gestão Integrada de Recursos Hídricos)

Diretrizes	Subprogramas
Promover a gestão em áreas sujeitas a eventos hidrológicos ou climáticos críticos, considerando, no caso de secas, as possibilidades de convivência com o semi-árido e a otimização da capacidade de suporte do ambiente, bem como as potencialidades da biodiversidade, acrescidas da valorização do importante arsenal cultural local, consolidado por comunidades tradicionais e povos indígenas, com destaque para as questões de gênero, de geração e de etnias. Para o caso de cheias urbanas, a ênfase deve pautar-se em medidas de gestão e controle, considerando a dinâmica imposta pela totalidade da bacia hidrográfica, conferindo prioridade às medidas não estruturais - permeabilidade, uso e ocupação do solo, proteção de áreas lindeiras aos cursos de água, controle de inundações ribeirinhas, proteção de canais e dos mecanismos naturais de escoamento, entre outras alternativas. Enfatizar, considerando a inserção de gênero, a participação das populações como condição essencial para o sucesso das ações voltadas à prevenção e à defesa de eventos hidrológicos críticos, como também a articulação da gestão de recursos hídricos com o zoneamento do uso e ocupação do solo.	VI.1 – Gestão em áreas sujeitas a eventos hidrológicos ou climáticos críticos

Fonte: BRASIL, 2006.

Conclusões

Atualmente o Plano está em fase de detalhamento de seus Programas e sub-programas para que sejam aprovados pelo CNRH e implementados, considerando, neste processo, amplo

controle social. Portanto, a sua implementação e acompanhamento, por meio de organizações sociais e, fundamentalmente, pelo CNRH, se fez de suma importância para seu aperfeiçoamento e fortalecimento, visando, dentre outros aspectos, internalizar na sociedade a importância da gestão da água, para as atuais e futuras gerações.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Plano Nacional de Recursos Hídricos. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, 2006.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**DISPOSITIVO AUTOMÁTICO DE DESCARTE DA PRIMEIRA ÁGUA
DE CHUVA**

Herbert Kohl Rodrigues ⁽¹⁾

Estudante de Graduação em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Leonardo Augusto dos Santos

Estudante de Graduação em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Henrique Pereira Barcelos

Estudante de Graduação em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Valter Lúcio de Pádua

Engenheiro Civil formado pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Mestre e Doutor em Hidráulica e Saneamento pela Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo (EESC - USP). Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG.

Endereço ⁽¹⁾: Rua Professor Nelson de Sena, 95/304. B. Aeroporto. Belo Horizonte – MG. CEP: 31270-660. E-mail: herbertkohlrod@yahoo.com.br

Resumo:

A disparidade no que diz respeito ao acesso à água não é apenas relacionada à quantidade, mas também à sua qualidade para o consumo humano. Por ser esse um quadro crítico e de grande importância para a saúde pública, há um grande esforço para melhorar o acesso das comunidades rurais do semi-árido às soluções alternativas de abastecimento, que se apresentam em maior frequência sob a opção de cisternas de armazenamento de água chuva.

A iniciativa de desenvolver um princípio adequado de abastecimento de água para as regiões semi-áridas do Brasil, através da chuva, sugere um acompanhamento tecnológico e científico para aprimorar o conceito. Estudos mostraram que o descarte da primeira água de chuva é imprescindível para garantir a qualidade da água armazenada nas cisternas. Seguindo essa idéia, o presente trabalho relata o desenvolvimento de um sistema agregado às cisternas de reservação de águas pluviais, para armazenar e facilitar o descarte da água destinada a limpar o telhado e a calha das residências detentoras do sistema de captação de água da chuva.

PALAVRAS-CHAVE: Captação de água de chuva, descarte da primeira água de chuva, proteção sanitária.

INTRODUÇÃO:

O semi-árido brasileiro apresenta-se como uma área crítica no cenário nacional no que se diz respeito ao abastecimento de água e, dessa maneira, métodos alternativos de captação e manejo da água de chuva se mostraram bastante viáveis. Uma das alternativas encontradas foi a construção de cisternas para captação da água pluvial para consumo humano. E com a conscientização da importância das cisternas e da água de chuva para a região, tem-se buscado o aperfeiçoamento do processo de armazenamento e manutenção da qualidade da água reservada.

Na região do semi-árido brasileiro, o período chuvoso é irregular, ou seja, mal distribuído durante o ano, concentrando-se em aproximadamente quatro meses, quando aí se pode captar a água. Nos meses em que a estiagem predomina, tem-se a presença de poeira, folhas, fezes de insetos e animais mortos que se acumulam no telhado e nas calhas das casas, sendo posteriormente carregadas para dentro das cisternas, comprometendo a qualidade da próxima água a ser armazenada. Assim, percebe-se a necessidade de ter os telhados das casas limpos, a fim de melhoria da qualidade da água consumida.

Diversos estudos, que examinaram os componentes químicos da água de chuva armazenada em cisternas, com abrangência internacional, concluíram que essas geralmente atendem aos padrões de potabilidade da Organização Mundial de Saúde (OMS) para os parâmetros físico-químicos. Porém, quanto aos critérios de qualidade microbiológica da água reservada em cisternas mostraram que, devido à contaminação no contato com a superfície de captação, as águas de chuvas armazenadas freqüentemente não atendem aos padrões de potabilidade da OMS, o que significa que estão geralmente contaminadas ou susceptíveis à contaminação por microrganismos patogênicos (SILVA, 2006). Embora os riscos

epidemiológicos associados ao consumo da água armazenada nas cisternas não sejam muito conhecidos, estudos recentes recomendam que todo esforço deve ser feito para minimizar a contaminação da água usada para consumo humano, evitando assim a propagação de doenças de veiculação hídrica.

Ntale e Moses (2003) analisaram a água de chuva captada em cisternas em Kampala, Uganda, comparando a qualidade da primeira água, da água retida pelo sistema de desvio e da água armazenada. Foram desviados os primeiros 10 minutos de chuva em um telhado com 150 m² de área superficial, de modo que, considerando a precipitação pluviométrica local, deixaram de ser captados aproximadamente 125 L de água “suja”. Na Tabela 1 estão os resultados desse estudo.

Tabela 1 – Análise comparativa da água pluvial captada e armazenada em Kampala, Uganda.

Parâmetros	1ª Água	Água Retida no Sistema de Desvio	Água Armazenada
Turbidez (UNT)	5	42	3
Cor (Pt Co)	26	125	9
Coliformes termotolerantes (n ^o /100mL)	26	4	0
Estreptococos fecais (n ^o /100mL)	83	200	0

Fonte: adaptado de Ntale e Moses (2003).

Logo, a aplicação do desvio demonstra o aumento da qualidade da água a ser armazenada, pois a água descartada lava a superfície de captação, levando com ela as sujeiras depositadas durante o período de seca.

Entretanto, a idéia de descartar integralmente a água da primeira chuva utilizada para limpar a superfície de captação, através da retirada do tampão que intercepta o tubo que liga a calha à cisterna, se contesta acerca de algumas considerações, a citar: a quantidade de água descartada na primeira chuva não tem um controle específico, de maneira que existe a possibilidade da superfície de captação não ter sido limpa satisfatoriamente. Como recomendação a ABCMAC (Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva) indica o descarte de 1 a 2 litros por metro quadrado de telhado. A segunda consideração diz respeito à vigilância incumbida aos moradores quanto à retirada do tampão para descarte da primeira água de chuva, o que muitas vezes não é possível por eles estarem ausentes de suas casas quando a primeira chuva ocorre, ou por serem impossibilitados de fazerem a remoção do tampão, como em alguns casos de idosos ou crianças.

Existem vários meios de captar e tratar a água de chuva de forma que a qualidade se torne aceitável, no entanto muitas são de alto custo e de difícil operação para pessoas de baixa renda e escolaridade, comum no cenário rural brasileiro. Então tem-se por objetivo prover medidas simples e eficazes na proteção sanitária das cisternas.

Andrade Neto (2004) propôs um modelo de dispositivo de desvio automático da primeira água de chuva, em que se utiliza um pequeno tanque localizado na cobertura da cisterna intercalado entre a calha e a tubulação de entrada de água para o reservatório. Vale ressaltar que, pela baixa qualidade microbiológica, o uso dessa água desviada deve ser apenas para fins que não se destinem diretamente ao contato humano, por exemplo, a irrigação de jardins.

METODOLOGIA:

O projeto do dispositivo teria que seguir uma linha acessível à população do semi-árido, no que diz respeito à facilidade de compra dos materiais, facilidade de construção e principalmente o custo.

Com o intuito de conceber um dispositivo de proteção sanitária simples e eficiente, desenvolveu-se um sistema intercalado entre a superfície de captação e a tubulação que conduz a água captada à cisterna, de maneira que a primeira água de chuva fosse desviada e armazenada em um reservatório.

Até se chegar ao resultado final, foram desenvolvidos 3 projetos do dispositivo, e devido à pressão que a água exercia em seu interior, todos apresentaram problemas de vazamento sendo a vedação do sistema um ponto crítico na concepção de um dispositivo eficiente.

Focando na idéia de que, segundo a ABCMAC (Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva), devem ser descartados, a fim de limpar a superfície de captação, de 1 a 2 litros de água por metro quadrado do telhado (considerando a parte do telhado utilizado para escoar a água até a cisterna) e ainda ressaltando a questão da pressão exercida pela água em seu interior, decidiu-se pela utilização de bombonas plásticas, que geralmente são utilizadas para o armazenamento de alimentos em conserva, como reservatório de armazenamento da água desviada (figura 2). Porém, a bombona empregada na construção do dispositivo não pode ter sido utilizada para armazenar produtos ou substâncias potencialmente

prejudiciais à saúde, pois isso comprometeria seriamente a qualidade da água armazenada nas cisternas.

Tendo as residências visadas uma área superficial para captação de água de chuva média de 50 metros quadrados, utilizou-se bombonas com capacidade de 100 litros e que possuísem um cinturão metálico para fixar a sua tampa. Este cinturão é adquirido junto com a bombona, sendo o principal elemento para suportar a pressão da água. Dessa forma, a proposta de construção do dispositivo foi realizada de acordo com o desenho esquemático da figura 01, utilizando os seguintes materiais:

Materiais:

- 01 bombona plástica de 100 litros (com tampa) *
- 02 metros de tubo PVC 75mm para esgoto (branco)
- 20 cm de tubo PVC 60mm para água (marrom)
- 01 bucha de redução curta 75x60mm
- 01 flange 60mm
- 01 luva 75mm para esgoto (branco)
- 01 tê 75mm para esgoto (branco)
- 01 cap 75mm para esgoto (branco)
- 01 flange 3\4 polegadas
- 01 torneira 3\4 polegadas
- 04 metros de arame de espessura média
- 01 tubo de cola plástica para PVC;
- 03 lixas;
- 03 serra para cortar os tubos.

Ferramentas:

- arco de serra
- alicate
- pistola de aplicação de silicone quente
- trena

*Observação: É necessário que tenha, na parte interna da tampa, uma liga de borracha que se adere ao tambor para promover melhor vedação e também um aro metálico que age como uma cinta para prender a tampa.

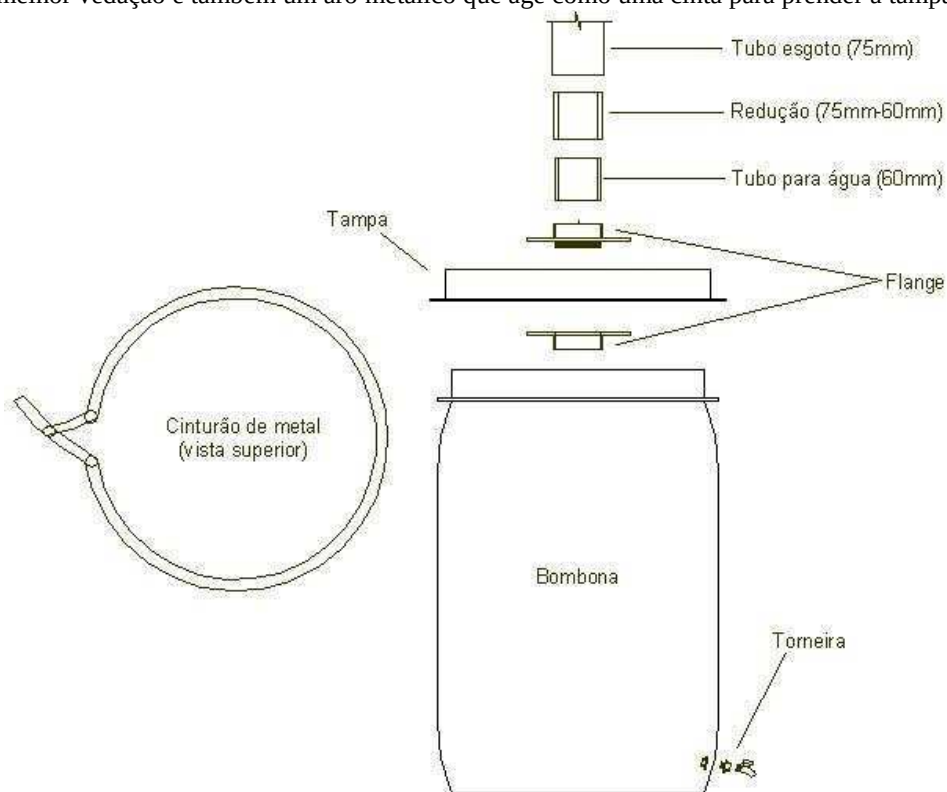


Figura 01: Esquema de construção do dispositivo.

Na figura 2 tem-se o dispositivo montado em uma cisterna.



Projeto de Água de Chuva
09-12 de julho de 2007

Figura 2: Bombona (100 l) instalada na tubulação entre cisterna e calha.

Partindo do pressuposto de que grande parte dos moradores não realiza qualquer processo de desinfecção da água, torna-se ainda mais importante a presença de barreiras de proteção sanitária, tal como o dispositivo, para que minimize as possibilidades de contaminação da água das cisternas por sujeiras e microrganismos patogênicos acumulados no telhado das casas durante a estiagem.

Dirigindo-se à população do semi-árido, algumas recomendações ainda devem ser feitas para desinfecção da água através do uso de hipoclorito de sódio nos filtros. E também, informações para o uso do dispositivo, como a necessidade que se mantenha o sistema cheio de água durante o período de chuva (a água que limpou o telhado), e que se houver um período mais longo sem chuvas, o dispositivo precisa ser esvaziado (não podendo utilizar essa água para consumo humano), pois o telhado deverá ser limpo novamente.

RESULTADOS E CONCLUSÕES:

Os testes foram efetuados com sucesso, sendo as bombonas suficientes para suportar a pressão da água e para armazenar a quantidade de água necessária para a lavagem do telhado. O conceito principal se observa quando a bombona e o tubo que a liga ao tubo principal são completamente preenchidos de água suja, formando uma película de água na junção do dispositivo. Esse processo dificulta a mistura entre a água limpa e a água suja, e dessa forma a água limpa é corretamente direcionada ao reservatório.

Foram construídos os dispositivos em cinco cisternas na zona rural do município de Itinga, localizado no Médio Vale do Jequitinhonha-MG, sendo que duas cisternas possuíam duas tubulações ligando a calha e o telhado ao reservatório (duas caídas), enquanto nas outras três cisternas havia apenas uma tubulação (somente uma caída).

Com o intuito inicial de conceber um dispositivo simples e eficaz, que fosse acessível à população, chegou-se a algo em torno de R\$ 150,00 (cento e cinquenta reais) e duração de construção em média de 2 (duas) horas. Portanto, concluiu-se que o dispositivo é fácil de ser construído e relativamente barato.

Em discussão com os moradores, eles demonstraram certa preocupação de que a água armazenada no reservatório de descarte pudesse ser carreada para a cisterna, no entanto foram orientados quanto a esse ponto de desconfiança. Quando a água preenche o volume do reservatório e do tubo de descarte até a conexão com o outro tubo que é ligado a calha forma-se uma película, dificultando que a água contida no reservatório (de descarte) saia e seja carreada para a cisterna.

Muitas famílias assumiram não usarem a água armazenada nas suas cisternas, pois não descartaram a primeira água da chuva, por estarem ausentes na ocasião. Dessa forma, suas cisternas foram contaminadas pela água responsável pela limpeza dos telhados. Vê-se a partir do exposto, a importância em se ter um dispositivo de descarte automático da primeira água de chuva como proteção sanitária que impeça que essa sujeira contamine a água a ser utilizada, e assim atendendo os padrões de potabilidade conforme a Portaria MS nº 518/2004.

A segurança sanitária de sistemas de captação de água de chuva em cisternas rurais depende da educação sanitária e da participação social da comunidade envolvida, mas também depende de um projeto adequado, inspeção regular e manutenção do sistema.

As cisternas são soluções individuais alternativas adotadas por comunidades não atendidas atualmente pelos sistemas convencionais de abastecimento de água, mas as soluções alternativas não devem ser sinônimo de soluções improvisadas. Com a implementação do P1MC (Programa 1 Milhão de Cisternas), cerca de 5 milhões de brasileiros deverão utilizar água de chuva para beber e cozinhar e sendo a qualidade desta inadequada, pode se gerar um problema de saúde pública.

E apesar do conhecimento da importância da utilização deste sistema como uma barreira de proteção sanitária, sabe-se que o método não é totalmente efetivo. Pode-se obter claras melhorias na qualidade da água armazenada se executada de forma correta, porém não é possível afirmar sobre a legítima potabilidade desta água, mesmo por se tratar de uma prática complexa, estando muita exposta a agentes contaminantes (principalmente se tratando de agentes microbiológicos). Do mesmo modo, sempre se recomenda também que se faça a desinfecção como medida preventiva à contaminação, através das técnicas mais simples, como cloração, fervura ou pela desinfecção solar.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho refere-se a resultados parciais do projeto de pesquisa intitulado "Proteção sanitária das cisternas utilizadas na reservação de águas pluviais para uso domiciliar: aspectos técnicos e educacionais" financiado pela FUNASA (Conv. 529/2004). Os autores também manifestam seus agradecimentos à Prefeitura Municipal de Araçuaí e Itinga e às empresas Gontijo, Copasa e Hidropartes, pelo apoio logístico para a realização do trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

NTALE, H.K; MOSES, N. **Improving the quality of harvested rainwater by using first flush interceptors/ retainers.** In: PROCEEDINGS OF THE 11th INTERNATIONAL RAINWATER CATCHMENT SYSTEMS CONFERENCE. México, 2003

BRASIL. SUDENE (2003) - **Oficina do Semi-Árido. Contribuição da “Nova Sudene” para o desenvolvimento da região semi-árida do nordeste**, (GTI), Recife 09 de jun. de 2003. Disponível em: <<http://www.adene.gov.br/gti/index.html>>. Acesso em 01 de jun. 2007.

MINISTÉRIO DA SAÚDE DO BRASIL. **Portaria n. 518, de 28 de março de 2004.** Norma de qualidade para consumo humano em todo território nacional. Brasília: 2004. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518_2004.pdf. Acesso em 22 mai. 2007.

ABCMAC. Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva. **Relatório sobre a oficina “AVANÇOS NOS ESTUDOS SOBRE CISTERNAS: Qualidade de Água e Cisterna Tipo Alambrado”**, Petrolina-PE 20 e 21 de abril, 2006.

SILVA, C. V., **“Qualidade da água de chuva para consumo humano armazenada em cisternas de placa. Estudo de caso: Araçuaí – MG”**. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Programa de pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Dissertação de mestrado, Belo Horizonte, 2006.

A ASA e o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido



Valquiria Alves Smith Lima
Coordenadora Executiva da ASA pelo Estado de Minas Gerais
Presidente da Associação Programa Um Milhão de Cisternas para o Semi-Árido (AP1MC)
FONE: 31-3412.8743
E-MAIL: caritasmg.valquiria@terra.com.br

A ASA



A Articulação no Semi-Árido Brasileiro é um fórum de organizações da sociedade civil que reúne cerca de 750 entidades que trabalham para o desenvolvimento social, econômico, político e cultural da região semi-árida.

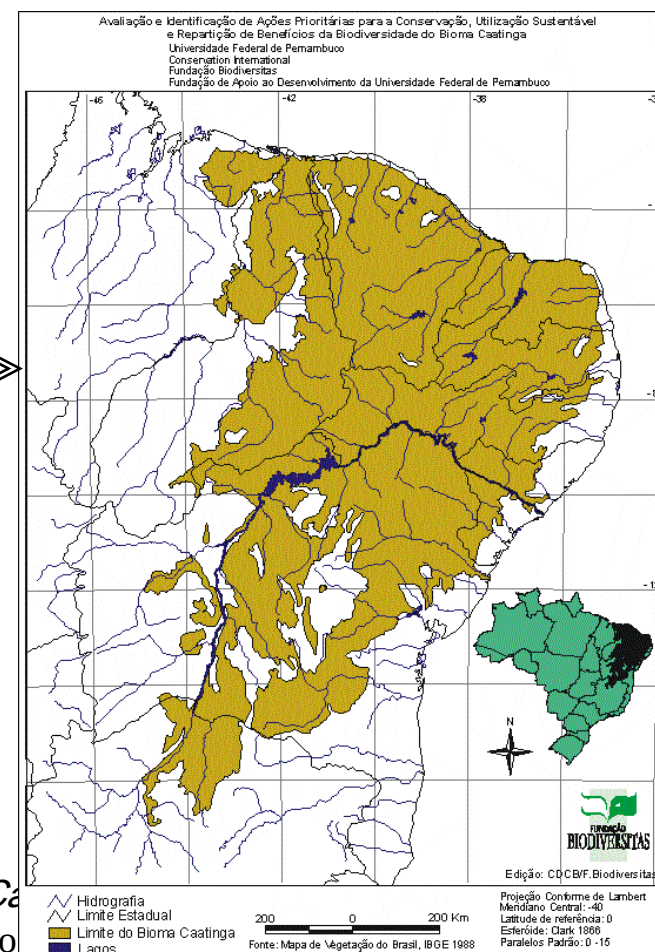
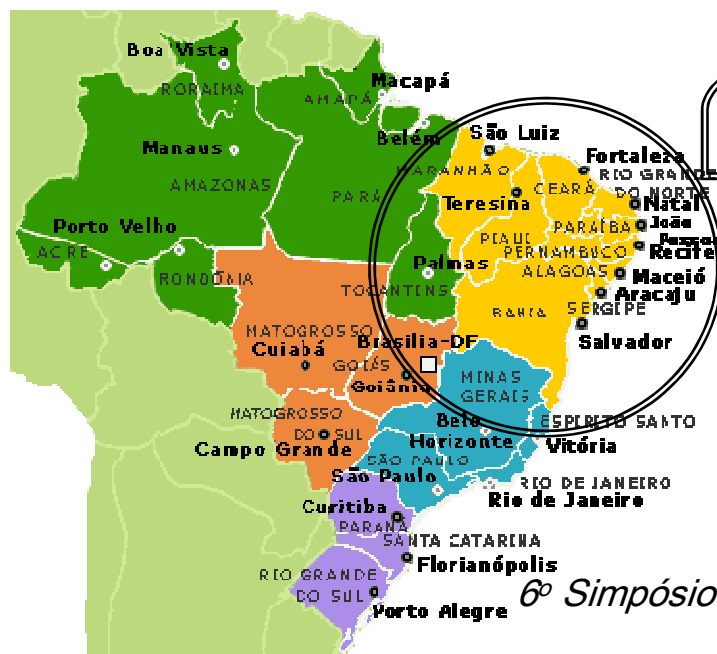
Missão

“Fortalecer a sociedade civil na construção de processos participativos para o desenvolvimento sustentável e convivência com o Semi-Árido referenciados em valores culturais e de justiça social”.



Área de atuação

A ASA atua no semi-árido brasileiro, região que compreende os nove estados do Nordeste, Minas Gerais e Espírito Santo.



6º Simpósio Brasileiro de Caatinga
Belém

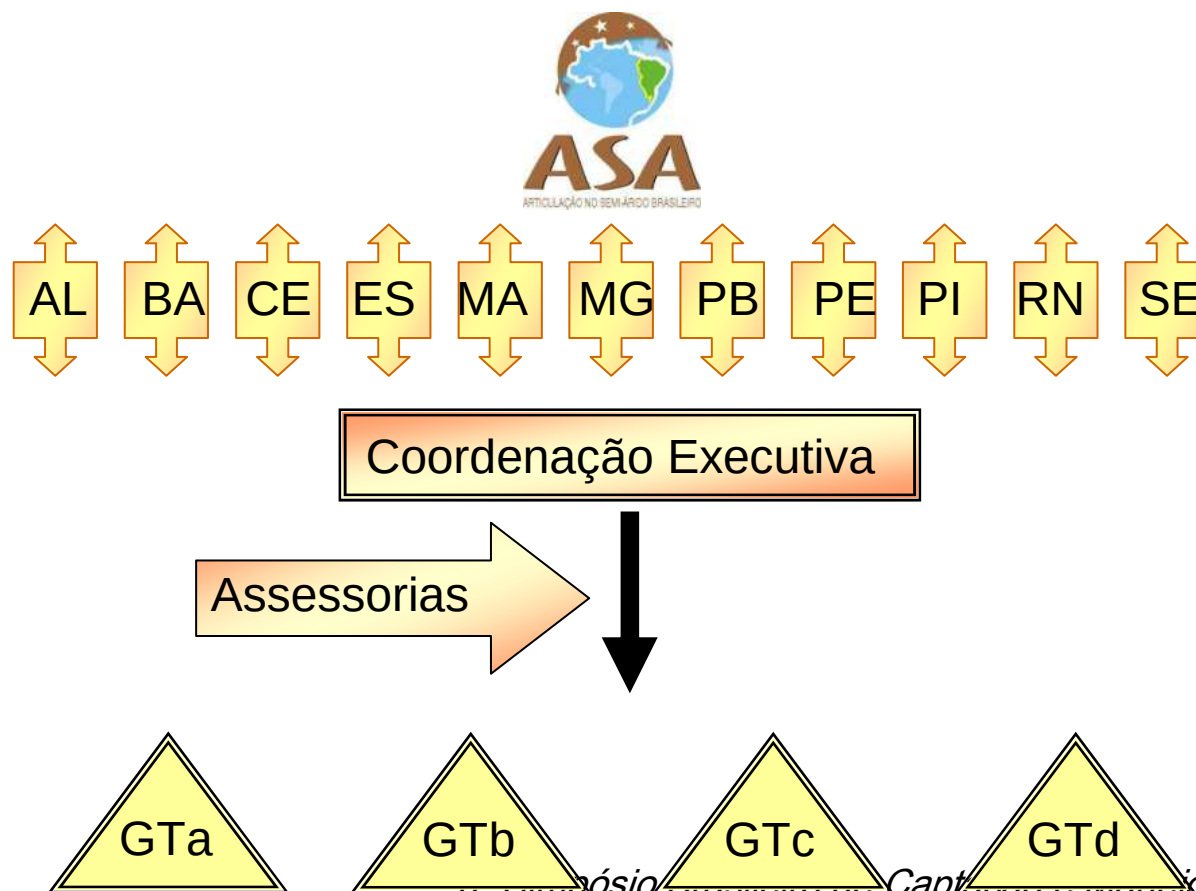


Organização política

A ASA é uma articulação política sem personalidade jurídica, formada por 11 fóruns estaduais e representada por um coletivo de 22 representantes institucionais, sendo 11 titulares e 11 suplentes, denominada Coordenação Executiva da ASA Brasil (CE).

Essa Coordenação é a instância de decisão política, eleita à cada dois anos, em Assembléia Geral Ordinária, da qual participam representantes dos 11 Estados.

Organograma



Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva

Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007

Grupos de Trabalho - GTs

- Comissão de Gênero;
- Biodiesel;
- Monitoramento P1MC;
- Combate à Desertificação;
- Bomba d'Água Popular.





Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido

- Programa: Um Milhão de Cisternas (P1MC)
- Projetos-pilotos:
 - Bomba d'Água Popular (BAP)
 - Uma Terra e Duas Águas (P1+2)

P1MC – Programa Um Milhão de Cisternas Rurais



“Eu ia embora daqui. Agora, com minha cisterna, não vou abandonar minha cisterna de jeito nenhum!”

**Verônica dos Santos
Agricultora/PE**



6º *Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva*
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007

P1MC - Programa Um Milhão de Cisternas Rurais

O P1MC é um processo de formação, educação e mobilização de pessoas e instituições, que vem desencadeando um movimento de articulação e de convivência sustentável com o semi-árido, através do fortalecimento da sociedade civil e da construção de cisternas.

Objetivos do P1MC

- Implementar um processo de formação, calcado na educação para a convivência com o semi-árido e na participação das pessoas e grupos na implantação de políticas públicas;
- Mobilizar e capacitar 1 milhão de pessoas;
- Construir 1 milhão de cisternas para captação e armazenamento de água de chuva;
- Propiciar o acesso descentralizado à água potável para 1 milhão de famílias, aproximadamente 5 milhões de pessoas.

Público

Famílias residentes na zona rural dos municípios da região semi-árida brasileira, sem fonte de água potável nas proximidades de suas casas, ou com precariedade nas fontes existentes, selecionadas a partir dos seguintes critérios:

1. Mulheres chefes de família;
2. Famílias com crianças de 0 a 6 anos;
3. Crianças e adolescentes freqüentando a escola;
4. Adultos com idade igual ou superior a 65 anos;
5. Deficientes físicos e/ou mentais.

Organizações envolvidas

O P1MC é realizado por este conjunto de organizações:

- 01 Unidade Gestora Central (UGC);
- 60 Unidades Gestoras Microrregionais (UGMs), que compreendem paróquias, dioceses, federações, cooperativas, STRs etc.;
- 1.121 Unidades Executoras Locais (UEs).

Essas instituições têm uma relação de confiança mútua e atuam em parceria, realizando todas as ações, em todos os níveis.

Unidade Gestora Central - UGC

A UGC é a Equipe Técnica da Associação Programa Um Milhão de Cisternas para o Semi-Árido (AP1MC), formada por 22 técnicos/as responsáveis por várias ações como: elaboração e negociação de projetos; desenvolvimento de ferramentas de controle das informações; monitoramento das ações realizadas pelas UGMs; orientação técnica e gerencial para as UGMs e elaboração de relatórios para prestação de contas aos financiadores.



Unidades Gestoras Microrregionais - UGMs

As UGMs são organizações da sociedade civil, fundadas há pelo menos 3 anos, compõem as ASAs Estaduais, têm experiência em gestão de recursos públicos e construção de cisternas e compromisso com a realização de políticas de convivência com o semi-árido, sem caráter partidário nem político.

A UGMs têm uma relação contratual com a AP1MC, com prazos, metas e parâmetros definidos em cada projeto.

Unidades Executoras Locais - UELs

As UELs têm um papel de suma importância nas dinâmicas da ASA e do P1MC e no fortalecimento dos processos de convivência com o semi-árido nas microrregiões e estados.

Para ser uma UEL, as instituições devem ter um envolvimento direto na realização de políticas públicas de convivência com o semi-árido e experiência com gestão de recursos públicos e construção de cisternas, dentro da lógica e dos princípios da ASA e do P1MC.

Componentes

O P1MC é fundamentado em seis componentes:

1. Mobilização;
2. Capacitação;
3. Construção de Cisternas;
4. Controle Social;
5. Fortalecimento Institucional;
6. Comunicação.

1. Mobilização



Nesta etapa são formadas as comissões municipais, executoras e comunitárias, e selecionadas e cadastradas as famílias que conquistarão as cisternas.

6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007

Mobilização



Reunião Comissão Municipal

6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007

2. Capacitação

Este componente compreende as seguintes ações:

- Formação continuada das equipes técnicas das UGMs;
- Formação de agentes multiplicadores/as em GRH;
- Formação continuada de pedreiros/as;
- Capacitação das famílias em GRH, cidadania e convivência com o Semi-Árido;
- Capacitação de jovens em confecção e instalação de bombas manuais.

3. Construção de Cisternas

Envolve as famílias, as comissões e as Equipes Técnicas, desde a marcação do local, até a construção propriamente dita.



Cada cisterna tem capacidade para armazenar 16 mil litros de água é composta por vários itens, como: bicas, placa, tampa, bomba, telas e cadeado.

Etapas de construção

Demarcação do solo



Escavação do buraco

Etapas de construção



Construção das placas

Estrutura de sustentação



Etapas de construção

Construção da tampa



Cisterna pronta

4. Controle Social

Compreende os ciclos de eventos que promovem a participação de pessoas e instituições, garantindo a legitimidade dos processos da ASA e o fortalecimento da sociedade civil, em todos os níveis:

- Encontros Microrregionais;
- Encontros Estaduais;
- EnconASA.



6º Simpósio Brasileiro

Dez. Foz de Iguaçu, MS, 05 a 12 de junho de 2007

5. Fortalecimento Institucional

Esse Componente subsidia algumas ações da ASA e garante a operacionalização do P1MC, fortalecendo diretamente as UGMs e a AP1MC.

Os recursos financeiros permitem a manutenção das 60 UGMs e da UGC, compreendendo:

- Custeio (Pessoal e manutenção);
- Investimento (infra-estrutura e SIGA).

6. Comunicação

As ações deste Componente são promovidas pela Assessoria de Comunicação da ASA – ASACom e têm como objetivo:

- O acesso comum às informações e a interação entre as organizações que compõem a ASA;
- A imagem positiva do Semi-Árido;
- A valorização da cultura da região;
- O desenvolvimento de material pedagógico e informativo para as organizações, famílias e comunidades envolvidas com o P1MC.



Sistema Integrado de Gestão e Auditoria SIGA

O SIGA é a ferramenta utilizada pela ASA para monitorar as informações físicas e financeiras do P1MC, geradas pela UGC e pelas UGMs.

Através do SIGA são gerados os relatórios de prestação de contas para os financiadores, que acompanham em tempo real a evolução dos resultados do Programa.



TERMO DE RECEBIMENTO DA CISTERNA DO P1MC

1 - Financiador: MDS
Termo Autêntico 002/2004

2 - Classe: 96.042
MDS/P1MC

3 - Execução

3.1 - Construção de 08/08/2005 a 13/08/2005

3.2 - Unidade Gestora Municipal: BAS - CASA

3.3 - Unidade Executora: PARQUE SÃO SEBASTIÃO

3.4 - Município: RIBEIRÃO/BA - Cód. 2912004

3.5 - Localização: R. dos Anjos

3.6 - Localização Geográfica: 81° 21' 07" W - 12° 25' 18" S

4 - Identificação do(a) Beneficiário(a)

4.1 - Nome do Beneficiário(a): SEBASTIÃO PEREIRA DE CARVALHO

4.2 - CPF: 325.886.475-04

4.3 - Número de Pessoas na Família

Total	0 a 4 anos	5 a 9 anos	10 a 14 anos	Adultos	Menores	De 15 a 19 anos	Menores de 18 anos
8	2	3	3	2	0	0	0

Declaro que recebi do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semi-Árido, Um Milhão de Cisternas Rurais - P1MC, 01 (uma) Cisterna com capacidade de 10.000 (dez mil) litros, na localidade acima referida.

Local: Ribeirão

Assinatura do(a) Beneficiário(a): Sebastião Pereira de Carvalho

Data: 13/08/2005

1 - Cisterna

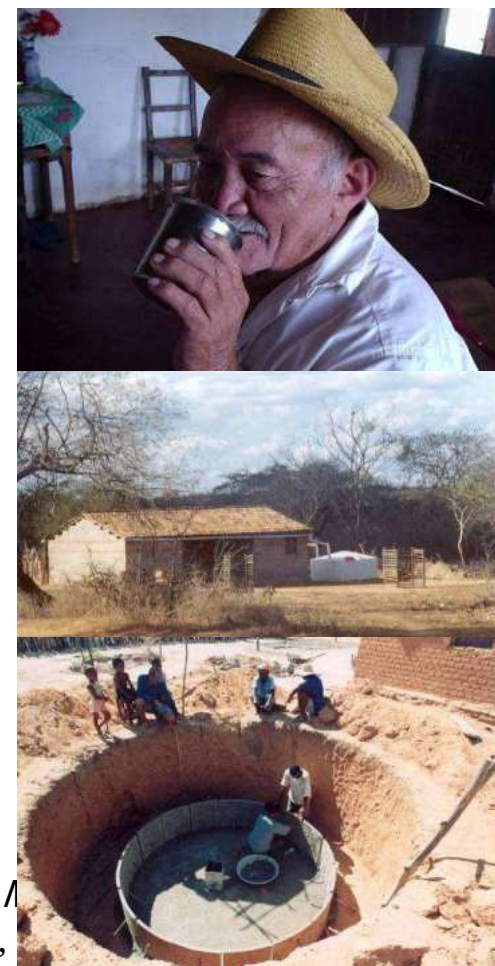
Resultados

Estes são os resultados alcançados:

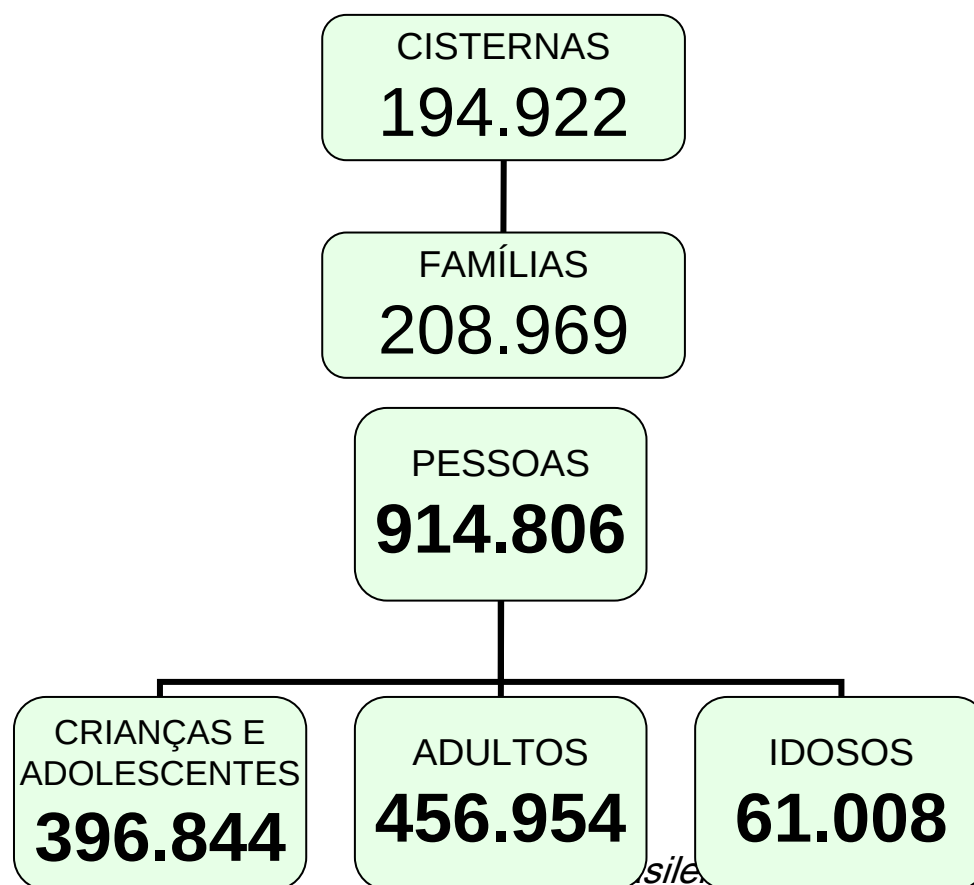
- 194.922 cisternas construídas
- 208.969 famílias mobilizadas
- 193.660 famílias capacitadas em GRH
- 4.539 pedreiros capacitados
- 1.019 municípios envolvidos

Dados referentes a 02/07/2007

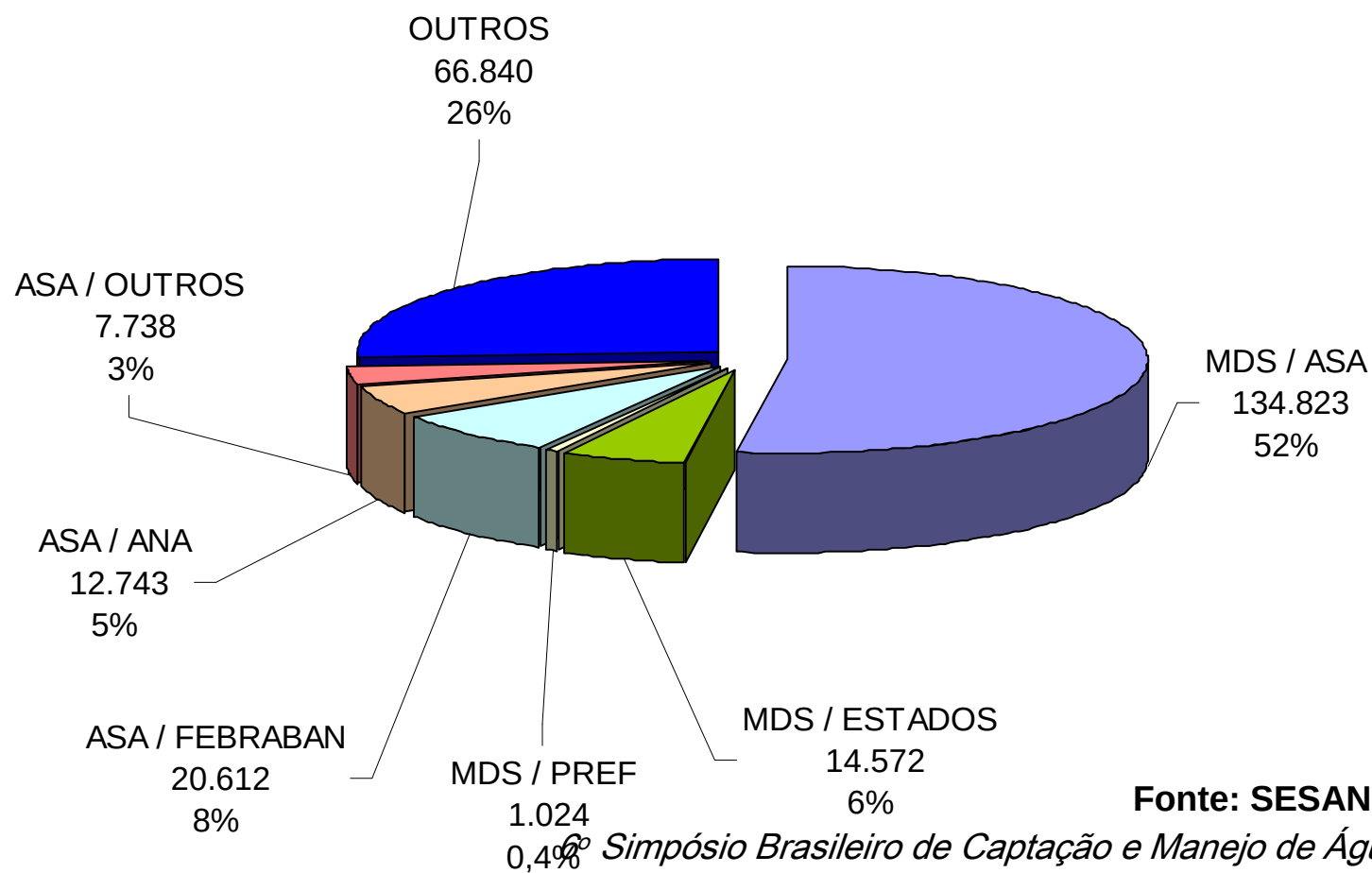
6º Simpósio Brasileiro de Captação e M
Belo Horizonte,



Resultados



Atendimento



Fonte: SESAN / DEZ. 2006

6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva

Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007

P1MC: Construindo cidadania no semi-árido brasileiro



“Antigamente a gente pegava água suja no barreiro. Agora, a gente tá pegando água da cisterna. Com o tempo que me sobra, eu tô estudando.”

*Alisson Diego da Silva,
12 anos Lagoa Seca/PB*



*6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007*

Bomba d'Água Popular (BAP)

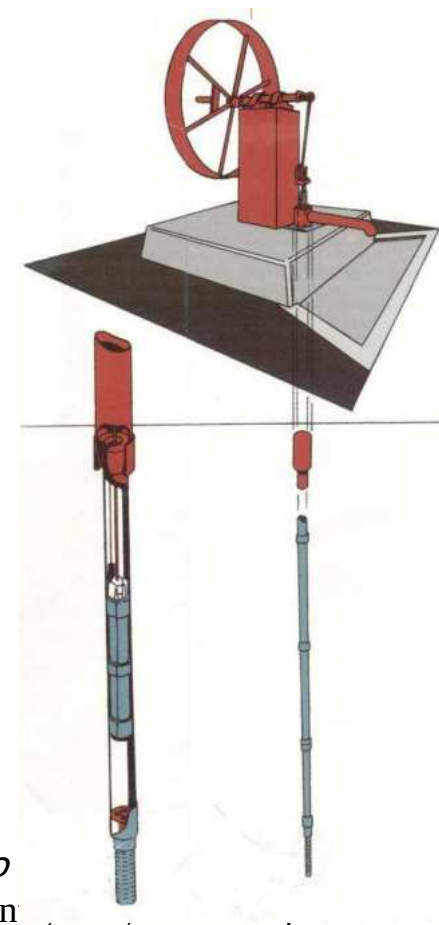
O Programa Bomba d'Água Popular (BAP) se propõe a contribuir com a segurança hídrica no semi-árido brasileiro, instalando a bomba d'água manual em mil comunidades de 150 municípios, localizados em 10 estados da região, até 2010.



Origem

Esta Bomba Manual foi inventada há, aproximadamente, 20 anos, pelo então voluntário holandês Gert Jan Bom, que trabalhou no país africano Burkina Faso. A Bomba pode ser construída livremente em qualquer parte do mundo, pois não é patenteada.

No Brasil, está sendo produzida por R\$5.083,00, quando encomendada em grande quantidade.



Instalação e uso

Esses equipamentos são colocados em poços já existentes, que estejam desativados, fornecendo água para a comunidade utilizar na agropecuária, uso doméstico ou para situações de emergência.



Sobradinho - Bahia

Área de instalação

A Bomba d'Água Popular é capaz de extrair água de uma profundidade de até 80 metros. Devido ao seu mecanismo de funcionamento, é apropriada para ser instalada nas regiões de subsolo cristalino. Apesar de não possuir um lençol freático contínuo, o subsolo cristalino apresenta muitas fendas, onde é possível encontrar água numa profundidade de 60 metros ou até menos que isso.

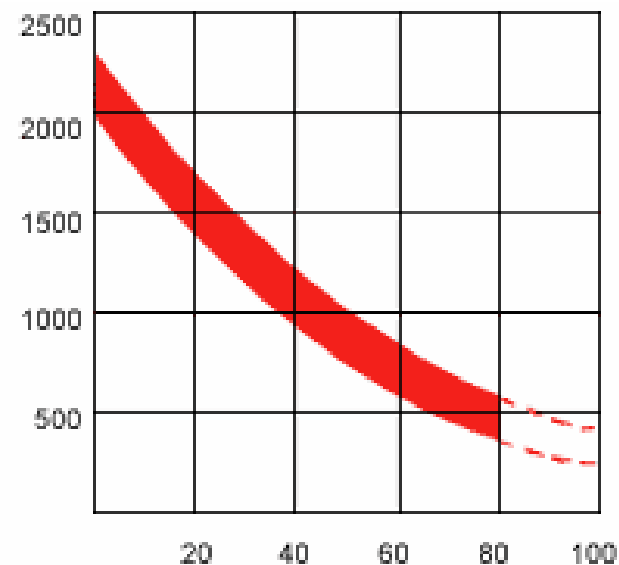


Capacidade de bombeamento

Em poços com profundidade de 40m, a capacidade de bombeamento é de 1.000 litros/hora.

Em 12 horas, 12.000 litros.

Significa 43 litros por pessoa/dia, para um povoado de 56 famílias ou 280 pessoas.



Custo x benefício

- 50.000 Bombas d'Água Populares podem abastecer até 12,5 milhões de pessoas a um custo per capita de aproximadamente **R\$ 20,00** (incluído o custo de instalação, assessoria e treinamentos), bombeando diariamente 600 milhões de litros de água.
- Comparando com o custo do carro-pipa, no ano de 2003 em São Raimundo Nonato – PI, um carro-pipa de 7 m³ de água custou R\$ 80,00, quer dizer 1 m³ de água saiu por **R\$ 11,40**.
- Se forem usadas durante um ano inteiro, as bombas ofertam 219.000.000.000 de litros de água, correspondendo a 31.285.714 carros-pipa.

Resultados

O projeto-piloto foi concluído e foram instaladas 329 bombas d'água em 56 comunidades dos Estados da Bahia, Ceará, Pernambuco, Paraíba e Piauí.

- Famílias beneficiadas: 9.870
- Pessoas beneficiadas: 49.350
- Famílias produzindo hortaliças: 4.100

Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2)

Fomentar as condições necessárias de construção de um projeto alternativo de acesso à terra e manejo sustentável de recursos hídricos. Ele busca assegurar as famílias do Semi-Árido Brasileiro uma terra para trabalhar e viver de maneira sustentável e dois tipos de água: uma para o consumo humano e outra para produção de alimentos (de origem animal e vegetal).



Perspectiva

Desencadear um processo de mapeamento, intercâmbio e sistematização das experiências de acesso à terra e manejo de recursos hídricos.

O projeto-piloto visa replicar quatro experiências, ou tecnologias, em 144 localidades.

Área de implementação

O projeto-piloto será desenvolvido em 144 localidades de 55 microrregiões, em 10 Estados brasileiros, a seguir: Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe.

P1+2 - tecnologias

- Barragem subterrânea;
- Tanque de pedra;
- Cisterna adaptada para roça;
- Barreiro ou caxio.

Barragem subterrânea



Barragem subterrânea: aproveita as águas das enxurradas e de pequenos riachos disponíveis na região. No tempo de seca, aquela área inundada mantém a umidade e pode ser plantada com todo tipo de fruteiras, verduras e culturas anuais, além de fornecer água através de um poço escavado.

Tanque de pedra

Tanque de pedra ou caldeirão: é uma caverna natural, escavada em lajedos (às vezes aumentada nos período de seca). Representa excelente reservatório para a água das chuvas para uso humano, animal e agrícola.



Cisterna adaptada para roça



Cisterna adaptada para a roça: com a água de uma cisterna de 16 mil litros (outra que não é a de consumo doméstico) é possível irrigar pequenas áreas como um "quintal produtivo" de 10m² de verduras, regar mudas ou ter água para galinhas e abelhas.

Barreiro ou caxio



Caxio ou barreiro trincheira: criado para armazenar água para os animais e para *irrigação de salvação*, para complementar o abastecimento de cultivos anuais.

6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva

Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**

BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

6º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**CONTRIBUIÇÃO NA
MESA REDONDA SOBRE CAPTAÇÃO DA CHUVA NAS CIDADES**

Jack M. Sickermann
3P Technik do Brasil Ltda.
jack@agua-de-chuva.com

Boa parte daquilo que eu poderia contribuir para o tema desta mesa-redonda eu já apresentei no meu papel para o último simpósio (050-sickermann_gerenciamento.pdf). E as obras mais destacadas realizadas nos últimos anos os colegas já apresentaram, o que me deixa muito contente, pois nada incrementa mais o interesse pela Água de Chuva do que projetos executados no País.

Então vou evitar ser repetitivo e apresentar algumas idéias a respeito do papel da nossa ABCMAC, especificamente no contexto das cidades, já que a atuação dela no semi-árido e no campo em geral parece bem assentada.

23 de maio de 2007 – um marco na história da humanidade e da sua maneira de se organizar: a ONU e cientistas (vide em <http://us.oneworld.net/article/view/149798/1/>) identificaram esta data como sendo o dia em que pela primeira vez na história a população urbana superou a rural. Outros dizem que este momento chegará no ano que vem, mas pouco importa a data certa.

Como sabemos do nosso País, este movimento pode ser ainda mais acentuado, passamos em 40 anos de 20 a quase 80% dos brasileiros vivendo em áreas urbanas.

O problema nisso, segundo a visão de Mike Davis, militante operário e hoje professor universitário, não reside no número crescente de pessoas nas cidades, mas no “como”, i. e. em que condições se dá esta convivência urbana.

Bem organizada e com regras aceitas pela maioria, uma cidade pode ser uma forma mais eficiente para prover trabalho, serviços e abastecimento para uma número enorme de pessoas, com uma infra-estrutura mais enxuta do que possível seria se as mesmas pessoas vivessem mais espalhadas no campo.

Porém, apesar de boas ideais e projetos arrojados que foram apresentados nos últimos anos, o que vemos na prática é um crescimento desordenado, uma aglomeração de gente que buscam na cidade o que esta no passado prometia mas não consegue prover hoje: emprego, educação, serviços diversos e entretenimento diversificados. O crescimento também deixou de ser de migração, hoje ele é “vegetativo”, nascem as crianças de quem já morava na cidade.

6º. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007

Parece que o crescimento das cidades segue basicamente aos ditames da onipresente globalização: trânsito livre para os carros, pouco investimento em transporte coletivo, shopping centers e condomínios fechados, poucas oportunidades de lazer para os jovens dos bairros populares.

No Rio de Janeiro a decepção com os preparativos para o PAN 2007 é enorme, porque a expectativa, baseado no que se fez em outras sedes de eventos desta magnitude, foi frustrada, fora alguns equipamentos para eventos esportivos, cuja privatização já está sendo discutida, muito pouco ou quase nada foi feito em termos de infra-estrutura urbana e transporte. E isto extrapolando os orçamentos, diz a imprensa, para além de qualquer linha razoável.

Um ponto de satisfação para nós é o fato que as instalações do PAN, inclusive o novo estádio “Engenhão”, contam com o aproveitamento da Água de Chuva. Os profissionais responsáveis por isso estão entre nós, são também os que fizeram o projeto do aproveitamento na “Cidade do Samba”.

Não me interessa fazer aqui divagações sociológicas e políticas do porquê desta situação, o que interessa, no meu entender, são as probabilidades, os cenários futuros para os quais o bom senso manda preparar-se, mesmo torcendo que não venha tanta desgraça.

Nosso assunto e a nossa co-responsabilidade são “ÁGUA”, na escassez e no excesso em forma de inundações.

A preocupação com o futuro cresce, e com razão, não são mais ameaças “para daqui a 50 anos”, as mudanças climáticas estão aqui, e o que fizermos agora vai na melhor das hipóteses poder torná-las menos catastróficas.

Crise significa em chinês também “chance”, e isto pode vir a ser o lado bom da atual situação. Temos a gratificante oportunidade de fazer algo que sem sombra de dúvida vai ser decisivo para uma convivência civilizada em cidades, países e continentes: o acesso de todos a um suprimento diário de água capaz de satisfazer as necessidades razoáveis, garantir a higiene e a alimentação.

E isto precisa ser feito, independentemente de quaisquer posições políticas, interesses corporativos ou outras considerações. Se não garantirmos o acesso sem ressalvas à água a qualquer pessoa, aos animais e à terra que nos alimentam, nada mais vai ter maior importância e tudo vai virar caos.

Este é o gargalo central na superação dos problemas atuais: garantir para todos o que cada um precisa de mais básico para poder viver: Água.

Não vou repetir aqui o que pode ser lido em todo lugar hoje, sobre poluição dos rios, invasão dos mananciais, desertificação e desperdício de água. Vou comentar somente um fato isolado: a SABESP pretende aumentar a produção de água em 50% no seu sistema do Alto Tietê e ela projeta que esta oferta adicional seja suficiente para os próximos 7 – SETE – anos, Hoje demanda e produção são iguais, e com a obra (de 300 milhões até

6º. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva
Belo Horizonte, MG, 09-12 de julho de 2007

2010, em regime de PPP) está prevista a elevação da oferta dos atuais 66 para 73 mil litros por segundo.

“Os empreendimentos previstos na PPP Alto Tietê representam um acréscimo de 50% na produção de água, permitindo um avanço no sistema de abastecimento integrado, com grandes melhorias para as demais regiões da Grande São Paulo, principalmente as situadas na zona oeste.

Atualmente, a produção média é de 66 mil litros de água por segundo. Com a PPP, a oferta passará para 73 mil litros de água por segundo. Segundo Marcelo Salles, diretor de Tecnologia, Empreendimentos e Meio Ambiente, "a empresa tem a obrigação de adotar novos modelos para evitar possíveis 'apagões' em seus serviços".

A PPP compreende um conjunto de empreendimentos para ampliar a produção de água do Sistema Alto Tietê para 15 mil litros de água por segundo. O projeto inclui a construção de 17,7 quilômetros de adutoras, 4 reservatórios com capacidade para armazenar 70 milhões de litros de água, instalação de unidades de bombeamento, manutenção e conservação de barragens e serviços complementares.”

Sete mil litros por segundo representam 220.752.000.000 litros por ano, ou simplificando 221 milhões de metros cúbicos por ano. Considerando que cerca 45% desta água servirá para fins não potáveis, chegamos ao número que nos interessa: 100 milhões de m³/ano.

Num primeiro momento diante desta enormidade a Água de Chuva parece significar muito pouco, mas vejamos:

Realmente, para se captar este volume em forma de chuva, seriam necessários 1 milhão de construções com 100 m² de cobertura cada, calculando-se de forma conservadora 1 m³/ano por m².

Não seria algo impossível, mas a ser atingido ao longo de décadas. E isso deve ser a tônica da nossa atuação: mostrar que podem complementar, ajudar, inclusive dar mais tempo aos projetos como este da SABESP.

Agora uma outra continha: Setenta milhões de litros em capacidade de armazenamento equivalem a 10 mil casas, edifícios e galpões com uma cisterna de 7 mil litros cada. A um custo unitário de R\$ 10 mil por sistema, o que é um exagero, isto custaria 100 milhões de reais.

Porém, quanto custariam os piscinões capazes de reter este volume? E se – como os especialistas prevêem – as chuvas aumentarem em intensidade, mas ficando mais espaçadas? Cadê o espaço físico para mais piscinões? Cadê a maior capacidade de armazenamento de água necessária neste cenário? Piscinão não serve para guardar a água durante meses.

Com estas pinceladas não quero encerrar a discussão, mas tão somente mostrar uma coisa: Os problemas de hoje e amanhã não os resolveremos somente com os métodos de ontem.

Não pode mais ser “uma coisa ou outra” ou uma restrita visão do custo – benefício, temos que fazer de tudo que estiver ao nosso alcance para mitigar as consequências dos problemas ambientais e que por isso mesmo também são sociais e políticos.

Se algo faz sentido nesta caminhada, precisa ser tornado viável, eis a tarefa da política, e sobretudo de todos nós.

Mas a ABCMAC?

Toda agremiação para desenvolver-se precisa dum propósito que vá além da defesa de interesses dum pequeno grupo, ainda que este seja justo e legítimo. Por que? Simples, se este propósito não consegue espelhar-se nos interesses vitais de muita gente, não há apoio, nem mídia e verbas que possam sustentar o trabalho de divulgação da agremiação.

A ABCMAC sempre preencheu estes critérios, faz um trabalho importante mas ainda assim está de certa forma na berlinda.

E isso claramente na contramão do bom conceito que a Água de Chuva adquiriu nos últimos anos, o que se traduz em mais sistemas instalados, mais apoio em forma de leis e recomendações por parte do poder público e de entidades de defesa do meio ambiente.

A norma ABNT sobre aproveitamento da Água de Chuva em áreas urbanas tende a reforçar esta tendência.

Então porque a nossa associação não se beneficia desta “onda”, não recebe mais apoio, inclusive financeiro?

Talvez seja como naquele comercial de biscoitos, que pergunta se o produto vende mais porque é fresquinho, ou se seria mais fresquinho porque vende mais. Quer dizer, a ABCMAC não tem dinheiro porque não divulga mais os seus propósitos, ou não divulga mais porque não tem dinheiro?

Ela começou no âmbito do semi-árido, promovendo com sucesso, junto com outras entidades populares, a disseminação da captação da Água de Chuva. Um trabalho importante não só agora, mas também no futuro diante das perspectivas dum semi-árida ainda mais castigado pela seca.

Participo dos simpósios desde a edição de 2001, em Campina Grande. Naquela época, a questão urbana ainda estava insipiente, a escassez de água nas cidades uma ameaça lá longe no horizonte ou sendo considerada simplesmente inexistente. Tentamos fazer uma norma ABNT e o projeto definhou. Enfim, muito pouca gente ligava.

Isto mudou e continua mudando rapidamente. E a nossa ABCMAC se esforça para acompanhar esta tendência, a escolha de Belo Horizonte é um sinal que a questão urbana entrou definitivamente entrou na pauta.

Ainda assim, persiste o problema. Ela acompanha, mas não é a ponta-de-lança do movimento para universalizar manejo sustentável e aproveitamento da Água de Chuva.

Imagino eu que lhe faltem sobretudo recursos adequados, para completar esta transição para um polo de atração para profissionais e empresas, sem prejuízo do seu compromisso com a situação especial do semi-árido.

Eu gostaria ver a ABCMAC congregar voluntários, entidades populares, profissionais como arquitetos, engenheiros, projetistas e especialistas em drenagem, defendendo na mídia e com publicações próprias a universalização da prática de reter e armazenar para uso da Água de Chuva, pressionando por incentivos fiscais para pesquisa e fabricação semelhantes aos da energia solar e cooperando com outras entidades na defesa da “água democrática”, a disposição para todos independentemente da sua renda.

Ainda mais, proponho que a ABCMAC alem da Água de Chuva promova o reúso das águas cinzas. Não somente porque associações - irmãs no mundo inteiro o façam, mas porque faz muito sentido combinar as duas técnicas para aumentar o volume da água localmente disponível, sobretudo aonde há períodos maiores de estiagem.

Finalmente, sugiro que seja criada uma “Comissão de Estratégia”, com a tarefa de propor medidas como a ABCMAC pode ser melhor aparelhada em termos de pessoal, instalações e recursos financeiros. As conclusões deveriam ser apresentadas a todos os associados ainda este ano para aprovação, para que possam ser postas em prática a partir de 2008.

Não é a toa que entidades como a ABAS e outras mantêm escritórios regionais. Claro que não temos como pensar nesta ordem de grandeza, mas o sistema de delegados deve ser incrementado e mais sinergias exploradas, como por exemplo com a turma dos Telhados Verdes, Ecovilas etc..

Certamente passos nesta direção já foram tomados pela diretoria, porém insisto que precisamos atacar com absoluta prioridade o gargalo principal: a falta de verbas que impedem que muito coisa boa seja feita com a ênfase que merece.



**“ÁGUA DE CHUVA:
PESQUISAS, POLÍTICAS E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL”**
BELO HORIZONTE – MG, DE 09 A 12 DE JULHO DE 2007

**MINI-CURSO 3: TRATAMIENTO ALTERNATIVO DE ÁGUA PARA CONSUMO
HUMANO.**

Ing. Marcelo Encalada:
Director Ejecutivo Fundacion SODIS para América Latina, Cochabamba, Bolivia
(www.fundacionsodis.org)
Coordinador de la Alianza Agua Segura + Hábitos Saludables para América Latina
(www.aguasegura.org)
Email: mencalada@fundacionsodis.org

Contenido:

Parte I: Tecnologías Del Tratamiento Del Agua En El Hogar

1. Tipos De Tecnologías
2. Ventajas Y Desventajas

Parte II: Metodología De Implementación Del Tratamiento Del Agua En El Hogar:

1. Introducción
2. Principios Del Enfoque
 - 1º Principio: La Demanda
 - 2º Principio: La Sostenibilidad
3. Enfoque Basado En La Comunidad
 - 3.1. Pasos Para La Generación De Demanda
 - 3.2. Implementación
4. Participación Comunitaria
5. Capacitación
 - 5.1. Enfoque Metodológico
6. Estrategia De Implementación De Proyectos De Desinfección Del Agua En El Hogar.
7. Técnicas Participativas A Utilizar
 - Diagnóstico De Fuentes Y Cuidados Del Agua
 - Tecnologías De Desinfección Del Agua
 - Planificación Participativa
 - Contaminación Del Agua
 - Contaminación E Higiene
 - Seguimiento Comunitario

Materiales A Entregar: A los Participantes se Entregara la Información en Cd, Formato Electrónico

Manual Desinfecção de Água (port.): www.sodis.ch/files/SODIS_Manual_portugese.pdf