

I-014 - ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS E CONSTRUTIVAS APLICÁVEIS A SISTEMAS SIMPLIFICADOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM ALDEIAS INDÍGENAS NA AMAZÔNIA

Rainier Pedraça de Azevedo⁽¹⁾

Engenheiro Civil graduado pela Universidade Federal do Amazonas - UFAM em 1987, Especialista em Engenharia de Saúde Pública pela Escola Nacional de Saúde Pública da FIOCRUZ em 1992 e Mestre em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia pelo Centro de Ciências do Ambiente da UFAM em 2005, servidor da FUNASA, Superintendência Estadual do Amazonas.

Endereço⁽¹⁾: Rua Oswaldo Cruz, 51 - Glória - Manaus - AM - CEP: 69027-000 - Brasil - Tel: (92) 3301-4134 - e-mail: rainier.pedraca@funasa.gov.br

RESUMO

Diversos fatores desafiam a implementação de sistemas de abastecimento de água em aldeias indígenas na Amazônia, destacando-se principalmente as dificuldades de acesso a essa região com dimensão continental e o isolamento das aldeias, o que implica numa complexa e onerosa logística de transporte de equipamentos, insumos e pessoal. Assim, cada vez mais têm se buscado alternativas técnicas e tecnológicas para realização dessas obras que agreguem não só facilidades construtivas, mas também simplicidade de operação e manutenção. Neste contexto, este estudo aborda as principais tecnologias alternativas empregadas para construção de sistemas simplificados de abastecimento de água já desenvolvidos e testados, que podem ser consideradas por ocasião da concepção e elaboração de projetos de saneamento aplicáveis as populações indígenas Amazônicas.

PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento de água, tecnologias alternativas, aldeias indígenas, Amazônia.

INTRODUÇÃO

A implantação de sistemas de abastecimento de água em aldeias indígenas na Amazônia tem se mostrado um desafio enorme a ser vencido, uma vez que o acesso a essa região com dimensão continental e o isolamento das aldeias, implica numa complexa e onerosa logística de transporte de equipamentos, insumos e profissionais qualificados, sendo que muitas vezes o acesso só é possível por via aérea a bordo de pequenos aviões ou helicópteros fretados.

Azevedo et al (2005), exemplificam que existem inúmeras comunidades extrativistas e de aldeias indígenas - carentes de serviço de saneamento espalhadas pela região, localizadas em áreas remotas e de difícil acesso, aonde para se chegar demanda vários dias de viagem fluvial navegando por rios e igarapés, alguns dos quais obstruídos por troncos das árvores que devido ao processo de erosão tombam e cruzam os seus leitos, sendo muitos desses cursos d'água acessíveis apenas nas épocas das cheias, incluindo algumas vezes em penosas caminhadas de várias horas ou até dias pela floresta para se chegar a muitas dessas comunidades.

O regime das águas dos rios (enchente e vazante), o índice pluviométrico, a umidade, doenças tropicais endêmicas como a malária, entre outros fatores ambientais, também são complicadores para a realização de obras na região.

Devido a esses obstáculos naturais e as peculiaridades inerentes à região, cada vez mais tem se buscado alternativas técnicas e tecnológicas para realização de obras de saneamento na Amazônia, em especial sistemas de abastecimento de água, que tendam agregar facilidades construtivas e também de operação e manutenção.

Assim sendo, este estudo aborda as principais alternativas técnicas usadas na construção de pequenos sistemas de abastecimento de água em aldeias indígenas na Amazônia.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia utilizada neste trabalho fundamentou-se na observação direta das diversas etapas de implantação de vários sistemas simplificados ou de soluções alternativas de abastecimento de água em aldeias indígenas na Amazônia, compreendendo as visitas técnicas às comunidades, avaliação e seleção dos dados coletados, concepção e elaboração de projetos técnicos, metodologia construtiva e especificação dos materiais empregados nas obras e serviços de engenharia e finalmente das atividades de operação e manutenção dos sistemas. O trabalho também foi enriquecido com pesquisas bibliográficas pertinentes ao tema, onde foram consultados documentos como: projetos técnicos, artigos técnicos, publicações em livros e revistas especializadas, dissertações e teses com conteúdos correlatos ao objeto deste estudo.

Os abastecimentos de água implantados nas aldeias indígenas, em sua maioria, são soluções alternativas, de concepção simplificada, consistindo principalmente de captação por poço tubular ou de poço tipo Amazonas, elevatória constituída de conjunto motor-bomba submersível acionado com energia proveniente de grupo gerador ou placas solares, reservatório elevado alimentando chafarizes ou abastecendo individualmente as moradias por meio da rede de distribuição e ligações domiciliares.

No estudo, são descritas as principais unidades componentes desses sistemas, com abordagem das tecnologias alternativas para sua construção.

RESULTADOS

As tecnologias alternativas para construção de sistemas simplificados de abastecimento de água em aldeias indígenas na Amazônia, aqui descritas, são frutos de trabalhos já desenvolvidos e testados na região.

CAPTAÇÃO E RECALQUE

Poço tubular: construção pela técnica do jato d'água

O uso da água subterrânea é bastante disseminado na Amazônia, entretanto, construir poços tubulares nos mais variados, distantes e isolados locais da região não é uma tarefa fácil de executar, principalmente em relação à logística empregada no transporte de materiais e equipamentos de sondagens, realizada através da intrincada a malha hidroviária que é a principal e às vezes única forma de acesso às localidades ribeirinhas amazônicas.

A FUNASA (2009) exemplifica bem a situação, ao expor os desafios de ordem técnica e de logística, face às imensas distâncias existentes na região, quer por via terrestre, aérea ou fluvial, onde alguns desses deslocamentos podem levar até dez dias de viagem com o transporte de máquinas e equipamentos para realização de obras em áreas de difícil acesso. Além disso, existe a dificuldade de trabalhar sob o rigor do regime de chuvas da região.

Para tentar contornar a dificuldade encontrada no transporte dos equipamentos de sondagem, foi aprimorada na região uma técnica de construção de poço tubular que dispensasse o uso de equipamentos pesados e volumosos, denominada de jato d'água. Essa técnica foi utilizada com bastante êxito, na construção de poços entre os anos de 1970 e 1990, muitos dos quais, ainda estão em funcionamento (AZEVEDO et al, 2005).

Segundo Azevedo et al (2005), trata-se de uma sondagem rotativa manual, que mistura técnicas de construção de poço raso escavado, com técnicas de sondagem rotativa e até alguns elementos da sondagem a percussão, sua aplicação é recomendada principalmente para poços de pouca profundidade em terrenos sedimentares. Têm destaque os seguintes aspectos:

- Vantagens: o equipamento de sondagem é bastante simples e pode ser montado artesanalmente a partir de materiais e equipamentos disponíveis nos mercados locais da região; baixo custo se comparado a um equipamento de sondagem rotativo; o conjunto pode ser transportado em pequenas embarcações praticamente para todos os locais da Amazônia; desde que bem construído e protegido pode atender as demandas dos sistemas públicos de água das comunidades dos mais variados portes na Amazônia.
- Desvantagens: O movimento manual giratório das hastes de perfuração, contínuo e prolongado pode lesionar os operários que trabalham nessa atividade; baixa profundidade de perfuração; não é eficiente

na perfuração de sedimentos duros ou consolidados e, a facilidade de operação pode levar a que pessoas sem qualificação executem poços sem o menor critério técnico.

A técnica de execução de poço tubular por jato d'água apresenta-se como mais uma opção de exploração do manancial subterrâneo e consequentemente facilitar o fornecimento de água as populações das pequenas comunidades localizadas em regiões de difícil acesso na Amazônia. Entretanto, exige um acompanhamento técnico de um profissional devidamente habilitado, pois em diversas localidades da região, essa técnica já vem sendo utilizada sem o menor critério, o que pode levar ao comprometimento da qualidade da água explorada por esses poços e à contaminação de aquíferos.

Poço tipo amazonas

O poço amazonas é um tipo de poço escavado manualmente e revestido com tijolos ou anéis de concreto. É conhecido também como poço raso ou freático, normalmente construídos com diâmetro mínimo de 90 centímetros, destina-se tanto ao abastecimento individual como coletivo. Esta solução permite o aproveitamento da água do lençol freático, atuando geralmente, entre 10 a 20 metros de profundidade, podendo ofertar vazões de dois a três mil litros de água por dia (FUNASA, 2006).

Segundo Azevedo (2007), o poço amazonas já foi muito utilizado em sistemas públicos de abastecimento de água de muitas cidades Amazônicas, principalmente nas décadas de 1940 e 1950, mas praticamente deixou de ser usado nesse tipo de projeto face, às novas técnicas de construção de poços, principalmente os poços tubulares. Entretanto na zona rural, esse tipo de poço ainda é uma alternativa empregada como fonte de captação.

A partir do ano de 1999, foi retomada a prática da construção do poço tipo amazonas em sistemas simplificados de abastecimento de água em aldeias indígenas da Amazônia pela Fundação Nacional de Saúde (FUNASA):

- No Amapá, foram elaborados projetos de sistemas simplificados de abastecimento de água para as aldeias indígenas Aramirã II e Pyraquenopã com as seguintes características: Captação: Poço raso tipo amazonas com diâmetro de 1,00m, totalmente revestido com 15m (quinze) metros de profundidade (BARRETO e PICANÇO, 2006);
- No estado do Acre, foram implantados em aldeias indígenas sistemas simplificados com captação por poço tipo Amazonas, devidamente cercado, coberto e revestido com manilha de concreto de 2,00 metros de diâmetro e profundidade média de 10,00 metros; sistema de bombeamento fotovoltaico; reservatório de polietileno 5.500 litros instalado sobre estrutura de madeira resistente retirada na própria região, rede de distribuição em tubo PVC de 60mm, ligações domiciliares (AZEVEDO e KOTAKA, 2008).

Os princípios construtivos do poço amazonas estão consagrados na literatura existente sobre o assunto, assim, pontuou-se os principais elementos a serem verificados por ocasião da construção desse tipo de poço:

- A construção do poço só será viável se houver indícios de água subterrânea na área pretendida e possibilidade de ser atingido o lençol. As referidas condições poderão ser determinadas por meio de métodos científicos e emprego de tecnologia apropriada. Na área rural, entretanto, e para o tipo de poço em questão, bons resultados serão obtidos por algumas indicações de ordem prática aliadas à experiência dos moradores da área. (BARROS et al, 1995);
- O tipo de revestimento (tijolos ou anéis de concreto) deve ser escolhido em função do tipo de terreno a ser escavado, do diâmetro do poço e da facilidade do transporte do revestimento ou dos materiais para sua confecção. Devido a dificuldade do transporte de manilhas de concreto, deve ser estudada possibilidade da confecção do revestimento no local da obra;
- Verificar se há poços escavados na área, sua profundidade, quantidade e características da água fornecida. Construir o poço em nível mais alto que os focos de contaminação e evitar os locais sujeitos a inundações. Como proteção, deve-se impermeabilizar a parede até a altura mínima de três metros, construir calçada de concreto com um metro de largura (em volta da boca do poço) e caixa de concreto ou alvenaria de tijolos com laje de concreto na parte superior da boca do poço com abertura para instalação de tampa destinada a inspeção e manutenção (FUNASA, 2006).

Assim sendo, e considerando-se as peculiaridades regionais, constata-se que a captação de água através do poço amazonas é uma boa alternativa de solução como fonte de abastecimento das populações das aldeias e pequenas comunidades da região.

Aproveitamento de água de chuva

Os ribeirinhos e indígenas da Amazônia, sofrem com a escassez de água com qualidade apropriada ao consumo humano. Seja pela ausência de sistema de abastecimento de água na maior parte de suas comunidades ou pela sazonalidade hídrica da região, agravada principalmente no período de vazante ou seca dos rios. Uma alternativa muito utilizada para minimizar a falta de água de mananciais de superfície é o uso da água de chuva, onde a precipitação média é de 2200 mm anuais.

O aproveitamento de água de chuva é um sistema descentralizado e alternativo de suprimento, visando entre outros a conservação dos recursos hídricos reduzindo a demanda e o consumo de água potável, atendendo ainda, ao princípio do saneamento ecológico, sendo na essência independente de um sistema centralizado, possibilitando não somente a conservação da água, mas também energia (PHILLIPI et al., 2006).

O CEPIS (2003), alerta que a captação de água de chuva para o consumo humano é recomendada somente para zonas rurais ou peri-urbanas onde os níveis de precipitação pluviométrica possibilitem o adequado abastecimento de água da população beneficiada e que o desenho de sistemas de captação considere a demanda de no mínimo de 4 (quatro) litros de água por pessoa/dia a ser destinada somente a bebida, preparação de alimentos e higiene bucal.

A captação da água de chuva, geralmente é efetuada por meio de cobertura ou telhado da edificação, onde os elementos mais comuns empregados em áreas rurais da Amazônia são: telhas metálicas de alumínio ou zinco, telhas de fibrocimento e palha. No entanto, segundo o CEPIS (2004), o emprego da palha como suporte para captação apresenta a desvantagem de liberar substâncias como à lignina e o tanino que muito embora não apresente maiores impactos à saúde quando em baixas concentrações, confere uma cor amarelada a água.

No Estado do Amazonas, foi implementado em 68 comunidades rurais, um programa denominado de PROCHUVA, com intuito de aproveitar de forma racional a riqueza pluviométrica da região. Esse programa previu a substituição das coberturas de palha por telhas de alumínio e a instalação em uma das laterais dos domicílios de um kit composto de calha de 6m, tubulação, reservatórios de 1000 litros sustentados em base de madeira de lei. Para as instalações de uso coletivo, como escola, previu-se a utilização de um reservatório de 5000 litros (GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS, 2006).

Ao tecerem considerações de projeto para o aproveitamento de água de chuva destinado ao consumo humano em comunidades rurais na Amazônia, Azevedo e Silva (2008), ratificam que esse aproveitamento em um sistema, individual ou coletivo, a qualidade da água de chuva deve ser considerada em todas as etapas, tal como: na precipitação atmosférica; após passagem da água pelo telhado e no armazenamento.

Um ponto muito importante a ser observado está relacionado a coleta das primeiras águas de chuva, pois o escoamento inicial dessas águas na área de captação são suficiente para carregar poeiras, fuligens, folhas, galhos entre outros detritos que se contituem uma possível fonte de contaminação. Assim sendo, é importante a instalação de um dispositivo de descarte dessas primeiras águas de modo a minimizar a contaminação da água a ser armazenada.

Andrade (2009), avaliou na comunidade Nossa Senhora de Fátima, município de Iranduba-Am, a qualidade físico-química e bacteriológica da água de chuva e a influência do tipo de área de captação na potabilidade. Os resultados obtidos demonstraram que todos os parâmetros físico-químicos atenderem os valores de referencia da Portaria n.º 518/04, entretanto, todos os exames bacteriológicos em todos os tipos de telhados (telha cerâmica ou de barro, fibrocimento e de alumínio) apresentaram presença de coliformes termo tolerante (*E. coli*) e coliformes totais, que tornam essa água de chuva imprópria para o consumo humano sem um prévio tratamento.

Esse estudo demonstrou que a água de chuva não deve ser utilizada diretamente para o consumo humano, necessitando de tratamento adequado a fim de garantir a potabilidade exigida na Portaria N.º. 518/04/MS. Uma

opção de tratamento é o uso de filtro domiciliar (carvão ativado) seguido de desinfecção por hipoclorito de sódio.

Energia fotovoltaica: substituição do grupo gerador no acionamento do recalque

Existem muitas dificuldades na operação e manutenção de sistemas de abastecimento de água em aldeias indígenas na Amazônia, mas, a principal delas é o suprimento de combustível para o seu funcionamento, pois o transporte desse inflamável na região é realizado predominantemente pelas vias fluviais que implica em altos custos e também potencializa o risco ambiental, representado pela possibilidade da ocorrência de acidentes e a contaminação dos cursos de água. Portanto, uma das formas de garantir o suprimento de energia elétrica nas comunidades indígenas para o bombeamento de água é a utilização de sistemas energéticos baseados em fontes alternativas. Dentre elas, a energia solar tem se apresentado como uma opção bastante factível para a região, podendo futuramente ser utilizada em larga escala na geração de eletricidade por meio de painéis fotovoltaicos (AZEVEDO et al, 2008).

Abundância de radiação solar que na Amazônia situa-se na média de 5,5 MWh/m², às dificuldades de transporte de combustível para a operação dos sistemas são os principais fatores ponderados para utilização de energia solar fotovoltaica como alternativa para acionamento dos equipamentos dos sistemas implantados.

O sistema testado é relativamente simples e consiste na captação de água de poço tubular por meio de uma bomba submersível, acionada por um gerador fotovoltaico composto por 6 painéis de 87 Watts de potência máxima cada um. A água captada passa em seguida por um processo de desinfecção, sendo posteriormente armazenada em reservatório elevado que por sua vez abastece por gravidade um chafariz.

O sistema de bombeamento é automatizado e foi projetado para um funcionamento diário mínimo de 4 horas sem acúmulo de energia em baterias. O acionamento é feito automaticamente por meio de nível de boia instalado no interior reservatório, mas desde que haja disponibilidade de radiação solar para geração de eletricidade e sempre que houver redução de um volume mínimo de 200 litros da água armazenada.

TRATAMENTO E DESINFECÇÃO DA ÁGUA

Filtro de areia: abastecimento manual e funcionamento intermitente

O tratamento da água para consumo humano tem por finalidade torná-la potável. Em síntese, procura-se tornar a água atrativa e segura para o consumo. Portanto, os principais objetivos do tratamento são de ordem sanitária (remoção e inativação de organismos patogênicos e substâncias químicas que representem riscos à saúde) e estética/organoléptica como por exemplo: remoção de turbidez, cor, gosto e odor (BRASIL, 2006).

A maioria das comunidades rurais Amazônicas não conta com sistema de abastecimento de água e fazem uso de água bruta provenientes principalmente de rios, lagos e igarapés. Nesse contexto, é pertinente que se considere e se estude a adoção de tecnologias alternativas para o tratamento da água compatível a cada realidade local.

Para as condições amazônicas e a depender das características da água bruta, o processo de tratamento por filtração lenta pode ser uma opção viável para torná-la potável. Segundo Di Bernardo et. al (1999), a filtração lenta convencional é um processo de tratamento, onde através da passagem da água por um meio granular, geralmente areia, possibilita a melhoria de suas características químicas, físicas e bacteriológicas, a ponto de torná-la adequada para consumo humano, após desinfecção final. Esse processo de tratamento de águas apresenta algumas vantagens sobre outras tecnologias: não necessita da utilização de produtos químicos, não exige equipamentos sofisticados, nem operadores altamente qualificados, além de ser de simples construção.

Tiss (2004) relata a implantação de filtros de areia abastecidos manualmente e com funcionamento intermitente, em aldeias da etnia Kulina no município de Eirunepé, no estado do Amazonas, justificando esse tipo de solução pelos seguintes motivos: 1) para não confundir a melhoria da qualidade da água com a facilidade de acesso à água; 2) para não introduzir muitas mudanças de uma vez (eles fazem o mesmo trabalho de carregar água de sempre, apenas para abastecer o filtro e não a própria casa) e 3) para a comunidade aprender a valorizar a água filtrada investindo no abastecimento do filtro - isto pode acontecer através do trabalho de carregar água para encher o filtro ou através do investimento em uma bomba.

Na realidade, não se trata apenas da simples construção de um filtro de areia, trata-se da adoção de uma metodologia onde o processo de tratamento da água depende da organização e participação ativa da comunidade indígena.

Segundo Tiss (2004), os materiais usados na construção do filtro são acessíveis na região e é indispensável para o uso intermitente que o filtro nunca seque. Por isto, a saída da água filtrada deve ser posicionada acima do nível de areia. Entre a areia e a saída do filtro, a água passa por quatro camadas de seixo peneirado (do mais fino até o mais grosso) para retenção da areia. Devido a limitação da velocidade, é exclusivamente a área que determina a quantidade da água filtrada por dia. O filtro é feito dentro de um tambor plástico de 200 litros (melhor 230 litros com diâmetro de 53 a 55 cm e altura de 98 a 105 cm). Como a filtração é lenta, é preciso ter recipientes para água bruta e a água filtrada, p.ex. caixas d'água de 310 ou 500 litros. A velocidade da filtração é regulada na saída do filtro através de um registro. Para o filtro nem parar, nem transbordar, o fluxo da água bruta para o filtro é igualmente regulada.

A filtração lenta na sua concepção original tem que funcionar de forma contínua para garantir a oxigenação do filtro biológico através do oxigênio contido na água e para evitar processos de putrefação.

Clorador simplificado: desinfecção por batelada

A desinfecção constitui a etapa do tratamento cuja função precípua consiste na destruição ou inativação de microorganismos patogênicos, realizada por intermédio da aplicação de um agente desinfetante, dentre os quais os mais empregados são: oxidantes químicos, como cloro, dióxido de cloro e ozônio, e radiação ultravioleta (BRASIL, 2006).

Muito embora a legislação brasileira que trata da qualidade da água para consumo humano estabeleça os procedimentos e responsabilidades do produtor e distribuidor da água fornecida para a população, bem como o seu padrão de potabilidade, muitas comunidades pequenas do país que possuem algum tipo de abastecimento coletivo não fazem nenhum tipo de tratamento e nem controle da qualidade da água produzida. Muitos fatores influenciam nessa carência de tratamento e controle da qualidade da água dessas comunidades, tais como: ausência do poder público, precariedade do sistema de água, cultura local - rejeição à desinfecção com produtos à base de cloro, tecnologia inapropriada usada no sistema, deficiência operacional por falta de qualificação de pessoal, custo elevado com materiais e produtos utilizados no processo de desinfecção entre outros aspectos (VALENTE, 2008).

A ausência de um sistema de desinfecção deixa a água distribuída à população suscetível de contaminação, podendo ser um potencial veículo de transmissão de doenças. Assim, foi desenvolvido o clorador simplificado, que é um dispositivo de desinfecção de baixo custo, de fácil operação e manutenção para ser aplicado principalmente em aldeias indígenas, comunidades quilombolas, ribeirinhas, extrativistas entre outras.

O clorador simplificado destina-se, principalmente, ao uso em comunidades que possuam soluções alternativas de abastecimento de água, onde consumo seja pequeno, de tal modo que se utilize a carga do reservatório para abastecer a comunidade pelo menos por um dia. Valente (2008) destaca os seguintes aspectos desse clorador:

- O princípio de funcionamento é semelhante ao de um clorador de pastilha. Porém, em vez de usar pastilhas de cloro, utiliza-se uma solução de hipoclorito de cálcio na concentração desejada;
- É recomendado para sistemas onde a distribuição seja realizada em regime de batelada, para que haja o tempo de contacto do cloro com a água no reservatório de distribuição;
- O material e ferramental usados na construção do clorador são bastante simples e este pode ser montado artesanalmente a partir de conexões hidráulicas de PVC facilmente disponível no mercado (tubo de PVC rígido classe 12, soldável, diâmetro de 85 mm; cap de PVC rígido classe 12, soldável, diâmetro de 85 mm; registro de esfera roscável, fecho rápido, de 25 mm 3/4"; tê de PVC roscável de 3/4"; nípel roscável de 3/4" e torneira plástica de 3/4").
- Vantagens: baixo custo; fácil manuseio; material disponível no mercado; não necessita mão-de-obra especializada para confecção; não há risco de superdosagem; suficiente tempo de contato cloro/água; não há necessidade da medição do cloro residual várias vezes ao dia como no caso de dosagem com outros equipamentos.
- Desvantagens: o cloro não deve ser dosado ao mesmo tempo em que a água é distribuída, por não haver tempo de contato cloro/água, suficiente para a desinfecção; a distribuição de água só deve ser

iniciada após o enchimento do reservatório; ocorrerá sempre intermitência na distribuição, mas por se tratar de soluções alternativas, pouco afeta a qualidade da água fornecida.

Valente (2010) avaliou a efetividade da utilização de clorador simplificado em aldeias indígenas no Estado do Amazonas e constatou que o teor de cloro residual livre variou entre 90% e 97%. Esse percentual demonstra boa efetividade do processo. O não atingimento de um percentual maior deveu-se, principalmente, a inexperiência de alguns Agentes Indígenas de Saneamento no monitoramento e ajuste da dosagem do produto químico e na variação do teor de cloro na água armazenada no reservatório às vezes por até uma semana o que contribui para a redução do teor de cloro residual. Entretanto, ficou demonstrado que o clorador simplificado, se operado corretamente produz resultados satisfatórios, atendendo plenamente da legislação que trata da qualidade da água.

O clorador simplificado, por si só, está longe de resolver os grandes problemas de desinfecção da água de muitos lugares do País, mas é uma importante dispositivo a ser utilizado, principalmente, em localidades de difícil acesso onde as modernas técnicas de desinfecção de água para consumo humano ainda vão a demorar chegar.

RESERVAÇÃO

Reservatório elevado: materiais e técnicas construtivas

É usual na região a utilização de reservatório de fibra de vidro para o armazenamento de água. Entretanto, para muitas localidades, o transporte desse tipo de reservatório com capacidade superior a 5 m³, torna-se inviável tendo em vista a dificuldade de acesso aos pequenos canais hídricos (cabeceira de rios e igarapés) onde só é possível navegar em canoas sem capacidade de carga (peso e volume) para transportar de forma integral esse tipo de reservatório.

Para contornar, essa situação, cita-se como exemplo a construção dos reservatórios das aldeias indígenas de Novo Remanso, São Bonifácio e Campo do Miriti, localizadas as margens do rio Miriti, afluente do rio Marau, na divisa entre o estado do Pará e Amazonas, onde a solução encontrada foi bastante simples. Inicialmente, dividiu-se cada um dos três reservatórios (dois com capacidade de 5 m³ e um com 10 m³) em quatro partes iguais partindo-os em cruz; em seguida, empilhou-se as quatro partes do reservatório na canoa e transportou-se até a aldeia destino, remontando-se posteriormente cada reservatório, utilizando-se manta de fibra de vidro - o mesmo material do reservatório, além de resina de poliéster e catalisador.

Estrutura do reservatório

Para sustentar o copo do reservatório, a estrutura de concreto é mais recomendável, entretanto, existe a dificuldade de transporte de cimento, ferro, agregado graúdo e miúdo, e madeira para formas. E, em muitos lugares, pela inexistência, principalmente dos agregados inviabiliza sua construção.

Para construção da torre de sustentação do reservatório, é comum o uso de peças de madeiras Amazônicas, principalmente a maçaranduba e acariquara, que são bem resistentes às intempéries da região. Entretanto, alguns cuidados devem ser tomados quanto à utilização de madeiras verdes (apresentando muita umidade), pois sob a ação dos raios solares, tendem a empenar e deformar, comprometendo toda a estrutura, principalmente o estrado de apoio do reservatório de fibra de vidro, que quando disposto em superfície saliente e irregular tende a romper a sua base.

Estruturas de perfis e chapas metálicas pré-fabricadas e cortadas em tamanho que possam ser transportadas em pequenas embarcações do tipo canoa e que sejam montadas com parafusos tem sido também outra boa opção para torre suporte de reservatórios.

CONCLUSÕES

As tecnologias alternativas para construção de sistemas simplificados de abastecimento de água em aldeias indígenas na Amazônia, aqui descritas, são frutos de trabalhos já desenvolvidos e testados na região, que podem ser consideradas como mais uma opção por ocasião da concepção e elaboração de projetos de saneamento,

principalmente para aldeias e/ou localidades situadas em áreas remotas, de difícil acesso e ainda, desprovidas de energia elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO, R. P.; ARAÚJO, M. S.; JOVINAPE FILHO, A. R. Construção de poço tubular utilizando o método de perfuração por jato d'água: uma opção para as localidades isoladas e de difícil acesso na Amazônia. In: XIV Encontro Nacional de Perfuradores de Poços e II Simpósio de Hidrogeologia do Sudeste, 2005, Ribeirão Preto - SP.
2. AZEVEDO, R. P.; SANTOS, A. B.; BATISTA, S. M. Utilização de geradores fotovoltaicos em sistemas de abastecimento de água em aldeias indígenas no estado do Amazonas. In: IV Seminário Internacional de Saúde Pública, 2008 (Artigo aprovado para IV Seminário Internacional de Saúde Pública da FUNASA - aguardando publicação).
3. AZEVEDO, R. P. Cronologia dos sistemas de abastecimento de água no estado do Amazonas. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 2007, Belo Horizonte, 2007.
4. AZEVEDO, R. P.; ARAÚJO, M. S.; SILVA, V. R. Sistemas de abastecimento de água: A experiência nas aldeias Sateré-Mawé do Rio Marau no município de Maués - Amazonas. In: III Seminário Internacional de Engenharia de Saúde Pública, 2006, Fortaleza - CE. Brasília - DF : FUNASA, 2006. v. I. p. 289-294.
5. AZEVEDO, R. P.; KOTAKA, F. O uso da energia solar em sistemas de abastecimento de água em aldeias indígenas na Amazônia brasileira: a contribuição da FUNASA na implementação dessa tecnologia. In: XXXI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2008. Anais. Santiago - Chile, 2008.
6. AZEVEDO, R. P.; SILVA, A. B. H. Considerations on project for the use of rain water for human consumption in rural communities in the Amazon. In: 3rd International Congress Environmental Planning and management, 2009. Anais. Seul - Coréia do Sul, 2009.
7. BARRETO, M. A. G.; PICANÇO, R. S. Sistemas simplificados de abastecimento de água e sua viabilidade econômica e sustentável em áreas remotas. In: III Seminário Internacional de Saúde Pública, 2006, Fortaleza. p. 231 - 236.
8. BARROS, R.T. V. et al. Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios. Vol. 2- Saneamento. Departamento de engenharia sanitária e Ambiental - UFMG. Belo Horizonte. 1995.
9. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde - Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 252 p.
10. CASTRO, H. T. Gestão diferenciada para obras de engenharia no DSEI Vale do Javari - AM. In: III Seminário Internacional de Saúde Pública, 2006, Fortaleza. p. 337 - 341.
11. CEPIS. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Especificaciones Técnicas: Captación de agua de lluvia para consumo humano. Lima: OPS/CEPIS, 2003.
12. Di BERNARDO, L; BRANDÃO, C. C. S; HELLER, L. Tratamento de Águas de Abastecimento por Filtração em Múltiplas Etapas. ABES/PROSAB. Rio de Janeiro, 1999.
13. FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento. 3. ed. rev. - Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 408 p.
14. FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Saneamento em áreas indígenas do Brasil: Histórico da atuação da Funasa e perspectivas, 2009.
15. GOVERNO DO ESTADO DO AMAZONAS. Programa de melhorias sanitárias domiciliares, aproveitamento e armazenamento de água de chuva - PROCHUVA, 2006.
16. PHILIPPI, Luís Sérgio; VACCARI, Karla Ponzio; PETERS, Madelon Rabelo; GONÇALVES, Ricardo Franci. Aproveitamento de água de chuva. In: GONÇALVES, Ricardo Francis (Coord.). Uso racional da água em edificações. Rio de Janeiro: ABES, 2006. p. 73 -152.
17. TISS, C. Filtração lenta à base de areia como alternativa de tratamento de água para consumo em comunidades Kulina - Amazonas - Brasil. In: II Seminário Internacional de Engenharia de Saúde Pública, 2004. Goiânia - GO. Brasília - DF: FUNASA, 2006.
18. VALENTE, M. S. Clorador simplificado para uso em soluções alternativas de abastecimento de água. In: IV Seminário Internacional de Saúde Pública, 2008 (Artigo aprovado para IV Seminário Internacional de Saúde Pública da FUNASA - aguardando publicação).
19. VALENTE, M. S. Avaliação da efetividade da utilização de clorador simplificado desenvolvido na coordenação regional do Amazonas, para uso em abastecimento de água de aldeias indígenas, para ser divulgado junto aos gestores envolvidos com a questão. Manaus: OPAS/FUNASA, 2010.