

COMPARAÇÃO DE TÉCNICA SIMPLES PARA MELHORIA DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA E PLUVIAL

Viviany Guimarães SARMENTO³
Domitila PASCOALOTO¹
Marcela Amazonas CAVALCANTI²

¹Orientadora IC INPA-CDAM-INPA; ²Colaboradora COTI/INPA;
³Bolsista IC INPA-PIBIC/CNPq

INTRODUÇÃO

O Brasil é considerado um país privilegiado por ser uma das nações com maior disponibilidade hídrica do mundo, no entanto seus recursos hídricos não estão igualmente distribuídos. Na região norte, onde se encontram os estados menos populosos do país (IBGE 2014), está localizada a maior bacia hidrográfica do mundo (ANA 2013). No estado do Amazonas a água servida é proveniente de rios ou de poços (Silva 2001; 2005). Em Manaus 75% da água servida é captada no rio Negro e 25% de poços. No entanto em alguns bairros o abastecimento de água é precário (ex: Em tempo datado de 05/09/2014) enquanto em algumas regiões ribeirinhas e/ou comunidades silvícolas não existem água servida. Nestas situações duas alternativas viáveis são: a utilização de água de poço e a de água de chuva.

Segundo dados da CPRM (Carvalho 2006), a contaminação dos aquíferos, “fonte” d’água dos poços, pode estar relacionada aos seguintes fatores: contaminação natural, contaminação antrópica, atividades mais impactantes urbanização densa, sistema de saneamento sem rede de esgoto, disposição inadequada de efluentes e resíduos sólidos, práticas agrícolas inadequada. As contaminações mais frequentes se dão por esgotos domésticos.

A utilização da água de chuva vem sendo cada vez mais difundida. Entre os aspectos positivos no uso dos sistemas de aproveitamento de água pluvial estão: preservação do meio ambiente; utilização de estruturas existentes na edificação (telhado, lajes e rampas); baixo impacto ambiental; água com qualidade aceitável para vários fins, com pouco ou nenhum tratamento; aumento da segurança hídrica para atender o crescimento populacional ou para atender áreas deficientes de abastecimento (May 2004; Simioni *et al.* 2004; Gonçalves 2006; Viola 2008).

São vários os métodos que podem ser utilizados para melhorar a qualidade da água. Entre os mais simples e econômicos estão o SODIS, que faz uso da energia solar para desinfecção de águas (Herrera 2003); a fervura, em tempo suficiente para inativar ou matar a maior parte dos microorganismos que nela possam existir (Chagas *et al.* 2009); a filtração, que remove pequenas partículas, sólidos dissolvidos e produtos químicos ou metais pesados prejudiciais se a cloração, que diminui significativamente a carga de micróbios (Rosa 2012).

Devido à preocupação com a preservação do meio ambiente, vem crescendo o interesse pela busca de materiais de baixo custo que possam ser utilizados como adsorventes para eliminação de contaminantes em efluentes aquosos. Dentre os materiais mais empregados destaca-se o carvão ativado, que apresenta excelentes características adsorventes, sendo usado em uma grande variedade de processos, tais como filtração, purificação, desodorização e separação (Haimour 2006).

O presente estudo teve por objetivo principal comparar a eficiência destas técnicas simples (filtração, fervura, cloração e desinfecção pela luz solar – SODIS) para melhoria da qualidade de água.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto como um todo foi realizado em três etapas. Inicialmente foi confeccionado o carvão vegetal de sementes de tucumã. A segunda etapa consistiu da montagem do sistema de filtração com carvão vegetal e a terceira etapa dos ensaios com as quatro tecnologias para melhoria da qualidade de água.

Carvão Vegetal

O tucumã foi oriundo do município de Manaquiri, onde há cooperativa de extração e beneficiamento de frutos de palmáceas do Amazonas. Não ocorreu coleta de matéria prima (sementes de tucumã), pois a mesma já estava estocado no laboratório. Os processos seguiram a sequência: seleção, carbonização, moagem e peneiração. Foram testadas duas granulaturas de carvão 10T e 35T, preparado na temperatura de 500°C. O critério de seleção foi o tamanho do caroço. Foram escolhidos os caroços maiores e secos, a carbonização foi realizada na retorta com tampa removível, a qual foi introduzida na mufla (forno elétrico) com controle automático de temperatura. Com extração de subprodutos (alcatrão e ácido pirolenhoso - cera de 3 litros). A temperatura máxima do processo dentro retorta variou numa faixa de 450°C à 500°C. A moagem foi feita no moinho, foi usado um peneirador com mechas 10T e 35T. Em seguida foi feita a lavagem com água destilada e o material foi secado na estufa à temperatura 105 °C.

Coleta de água de chuva

A água de chuva foi captada do telhado de um prédio localizado no INPA (*Campus 1*) em um garrafão de água mineral de 20L, com auxílio de um funil de plástico, após o telhado ter sido lavado pela água pluvial por aproximadamente 6 horas. Coletou-se 15 litros de água e o garrafão foi levado ao laboratório de bacteriologia (CDAM/INPA).

Coleta de água de poço

A água para os ensaios foi coletada após aguardar 15 minutos com a torneira aberta, a qual havia sido previamente esterilizada com álcool comercial. Inicialmente foram coletados 80 ml de água, que foram acondicionados em um frasco de vidro, esterilizado, para determinação de coliformes totais e fecais, mantido sob refrigeração e transportado para o laboratório de bacteriologia (CDAM/INPA), para verificar a presença de bactérias do grupo coliformes na amostra inicial.

Também foi coletada água para determinação das análises físico-químicas. A amostra foi coletada em garrafa de polietileno (volume 1 litro) com tampa plástica de rosca, previamente limpo (lavado com solução álcool ácida e enxaguado três vezes com água destilada). A amostragem foi feita em tréplica. Os frascos foram transportados para o Laboratório de Química Ambiental (LQA) da CDAM/ INPA.

Foram coletados, para a realização dos ensaios, 15 litros de água, que foram acondicionados em um garrafão de plástico com tampa de pressão, previamente lavado com água destilada, que foi transportado para o LQA. No laboratório a água foi dividida em recipientes de polietileno (capacidade 1 litro) com tampa de rosca (quimicamente lavados) para os tratamentos (filtração, cloração, fervura e/ou SODIS)

Filtração, cloração e fervura das amostras

Para os primeiros ensaios foi montado testado um sistema utilizando tubo de PVC para filtração, usando uma rosca vedada para não vazar a água, na parte superior do filtro foi utilizado a tela de inox, carvão 10T, fibra coco, tela de inox. Da mesma forma que ocorreu em um projeto anterior (Cunha *et al.* 2012), foi necessário testar várias opções para vedar parcialmente o sistema, de forma que o carvão não descesse para a água filtrada. No final decidiu-se por uma vedação utilizando fibra de coco (desenvolvido por um estagiário do Laboratório de Celulose e Papel/Carvão Vegetal). Esse sistema foi utilizado na filtração das amostras da água da chuva captada no telhado. Por questões logísticas só foi possível montar um sistema de filtração.

Tendo em vista que o sistema de filtração não deu o resultado esperado para a água de chuva, foi feito um teste com a água de poço utilizando-se apenas o carvão, que foi acondicionado em funis próprios para filtração. Foram

colocados 50 gramas de carvão na granulatura 10T em três funis de Büchman. Em cada ensaio (funil) foram passados inicialmente 3 litros de água destilada e em seguida o mesmo volume de água do poço.

No último ensaio foram tomadas medidas preventivas para se tentar eliminar as possíveis fontes de contaminação (identificadas nos testes anteriores) do sistema de filtração. Foram confeccionados 4 filtros utilizando o cano de PVC, mas sem a bucha de fibra de coco do teste anterior. O carvão foi pesado e separado em grupos de 100g 35T e 10T, que foram acondicionados em sacos apropriados para resistirem a altas temperaturas, os quais foram esterilizados já envolvidos com as telas, na autoclave, o cano PVC foi fervido durante 10 minutos em uma panela grande de alumínio. Em seguida foram montados quatro filtros utilizando a metodologia descrita anteriormente, os quais foram acondicionados em sacos individuais até o dia da filtração.

Três dias após a montagem, foi feita a coleta da água da chuva e poço. As amostras de água foram filtradas no LQA, retirando-se 80 ml de cada amostra filtrada (que foram acondicionados em frascos de vidro esterilizados) para a análise de coliformes (totais e fecais) no laboratório de bacteriologia (CDAM/INPA).

A cloração das amostras foi feita em Becker de vidro (volume 1000 mL) e em seguida, foram adicionadas duas gotas de água sanitária, agitando-se bem a amostra. As análises foram feitas 30 minutos depois.

A fervura das águas do poço e chuva foi feita por 5 minutos, em panela de alumínio. Após a água ter esfriado, ela foi arejada transferindo-se a amostra da panela para um Becker de vidro (volume 1000 mL).

Todos os experimentos foram feitos em triplicata.

Em todos os tratamentos foram incluídas também três amostras de água destilada.

Análise Microbiológica da Água

O método selecionado para determinação da presença de coliformes totais e fecais foi o do número mais provável (também conhecido como “tubos múltiplos”) (CETESB, 1993; APHA *et al.* 2005). O ensaio presuntivo consiste em inoculação de amostras em meio caldo lactose que são incubados a $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$, durante 24-48 horas, ocorrendo enriquecimento de organismos fermentadores da lactose, com ou sem produção de gás, decorrente da fermentação da lactose de meio de cultura empregado nesse ensaio, é prova presuntiva positiva para a presença de bactérias do grupo coliforme. O ensaio confirmativo é realizado quando consiste na transferência de cada resultado presuntivo positivo. No Laboratório de Química Ambiental são utilizados dois meios de cultura, Verde Bile Brilhante (BB) para determinação de coliformes totais e o meio EC. para coliformes fecais ou termotolerantes. A densidade de coliformes é expressa como Número Mais Provável (NMP) de coliformes por 100 mL, o qual é obtido através de uma tabela estatística. Os resultados são expressos como: NMP/100 mL de coliformes totais e NMP/100 mL de coliformes fecais. Os meios foram preparados com 96 horas (teste presuntivo) a 24 horas (teste confirmativo) de antecedência ao início das análises. Antes de se proceder à coleta de água também foi esterilizado, em autoclave, todo o material que seria utilizado nas análises microbiológicas (tubos de ensaio, tubos de Durham, frascos de vidro, bastão de vidro). Depois de coletada cada amostra, com a mesma natural e/ou filtrada, foi dado prosseguimento ao método, segundo a metodologia descrita abaixo.

Teste presuntivo

Tomar uma bateria contendo 15 tubos de ensaio distribuídos de 5 em 5, Nos primeiros 5 tubos, (os que contêm caldo lactosado de concentração dupla), inocular com pipeta esterilizada, 10 ml da amostra de água a ser examinada, em cada tubo. (Diluição 1:1). Nos 10 tubos restantes (os que contêm caldo lactosado de concentração simples), inocular nos 5 primeiros, 1 ml da amostra (Diluição 1:10) e nos 5 últimos tubos, inocular 0,1 ml da amostra, em cada tubo. (Diluição 1:100). Misturar, incubar a $35 \pm 0,5$. Com a alça de platina, previamente flambada e fria, retirar de cada tubo positivo uma porção de amostra e inocular no tubo correspondente contendo

o meio verde brilhante. Este procedimento chama-se repicagem, identificar os tubos, incubar durante 24/48 horas a $35 \pm 0,5$.

Teste confirmativo

Consiste na transferência de cada cultura com resultado presuntivo positivo (produção de ácido com ou sem gás em C.L.T. ou C.L. com púrpura de bromocresol após 24 ou 48 horas a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) para C.L.V.B.B , sendo a incubação efetuada também a $35(\pm) 0,5^{\circ}\text{C}$, durante 48 horas. A produção de gás a partir da fermentação da lactose neste meio é prova confirmativa positiva para a presença de bactérias do grupo coliforme. Esta etapa do exame reduz a possibilidade de ocorrência de resultados falsos positivos, decorrentes da atividade de bactérias esporuladas e de bactérias Gram-positivas fermentadoras de lactose. Através do ensaio presuntivo e confirmativo, realizar a estimativa de concentração dos coliformes totais e termotolerantes presentes na amostra de água coletada. Material utilizado: Autoclave, estufa bacteriológica, estufa de esterilização e secagem, balança, destilador, banho-maria, alça de platina com cabo, lamparina a álcool ou bico de Bunsen, tubo de Durham, tubo de ensaio, algodão em rama, meios de cultura, pipetas graduadas, papel alumínio, estante para tubos de ensaio, frascos de coleta. Diluição da amostra: homogeneizar a amostra no mínimo 25 vezes, inclinando o frasco, formando um ângulo de 45° entre o braço e o antebraço, utilizar um frasco de vidro graduado contendo 90 ml de água de diluição esterilizada, adicionar 10 ml da amostra de água a ser examinada (amostra direta), obtendo-se assim a primeira diluição decimal (10^{-1}), onde 1 ml da mesma corresponde a 0,1 ml da amostra, homogeneizar o frasco contendo a primeira diluição e transferir, com uma nova pipeta esterilizada, 10 ml para um frasco contendo 90 ml de água de diluição, obtendo-se assim a segunda diluição decimal (10^{-2}), onde 1 ml da mesma corresponde a 0,01 ml da amostra.

Análises físico-químicas

Em cada amostra foram analisadas as variáveis pH, condutividade elétrica e turbidez. O pH foi medido em pHmetro- Ph-2000 ; a condutividade elétrica foi medida com auxílio de condutivímetro S230, a turbidez foi medida com turbidímetro AFATEC E 001628. Os ensaios foram realizados em tréplica e foi calculada a média aritmética dos dados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análises físico-químicas

Os resultados obtidos da água do poço e chuva encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Resultado das amostras água do poço e chuva.

Amostras e Análises Químicas	Bruto		Filtrada		Clorado		Fervido		Sodis	
	poço	chuva	poço	Chuva	poço	chuva	poço	chuva	poço	chuva
Condutividade Elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	22.06	6.63	44.66	24.37	40.6	11.75	23.1	2,81	26.6	14,90
Turbidez (NTU)	0.34	26.0	5.7	20.28	0.26	0.26	0.52	0.6	0.78	2,34
pH	5.63	6.10	5.31	6.85	6.03	6.49	7.29	6.44	5.26	6,54

Análises microbiológicas

Foi verificada ausência de coliformes totais e/ou fecais nas amostras e tratamentos da água destilada e nas águas naturais. Por uma questão logística, não foi possível realizar os ensaios com o método Sodis, mas não foram

registrados coliformes totais ou fecais nas amostras de água de chuva submetidas aos tratamentos de filtração, cloração ou fervura.

Foram observados bacilos de coliformes totais nas amostras naturais da água de poço (750 NMP), após a filtração foram registrados 430 NMP de coliformes totais; não foram encontrados coliformes totais nas amostras submetidas aos tratamentos de cloração e fervura.

Em uma segunda análise para realizar a técnica de Sodis da água de poço houve ausência de coliformes total e/ou fecal para a água bruta.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam que os processos de fervura e cloração foram os mais eficazes para a eliminação dos coliformes totais, porém a Legislação Conama 357 (Brasil, 2005), atualmente em vigor, não inclui esse parâmetro. Desta forma, o único parâmetro não ficou dentro dos limites estabelecidos pela legislação vigente (para as quatro classes de uso da água) foi o pH da amostra bruta da água de poço e das amostras de água poço submetidas aos tratamentos de filtração e Sodis.

REFERÊNCIAS

- Agência Nacional das Águas - ANA. 2013. *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013*. ANA, Brasília, Distrito Federal. Recursos Hídricos Brasil/ANA_Conjuntura_Recursos_Hidricos_Brasil_2013_Final.pdf). Acessado em 05/02/2014.
- APHA; AWWA; WEF. 2005. *Standard Methods for the Examination of and Wastewater*, 21st ed. American Public Health association, Washington, D.C.
- Brasil. 2005. Ministério do Meio Ambiente. Resolução No 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), 17 de março de 2005. *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento*. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Distrito Federal, 18 de março de 2005.
- Carvalho, F.P. 2006. *Avaliação dos Riscos de Contaminação das Águas Subterrâneas nas Cidades do Amazonas: o caso de Manaus*. Março 2006. CPRM, Brasília. 35 p.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. 1993. *Norma L5.262. Coliformes totais e fecais: determinação pela técnica dos tubos múltiplos*. CETEB, São Paulo, São Paulo. 39p.
- Chagas, R.L; Freitas, C.I. ; Amaral, S.C. 2009. *Saneamento Básico integrado as Comunidades Rurais e Populações Tradicionais*. p.65.
- Cunha, T.N.; Pascoaloto, D.; Pirangy, S.R. 2012. *Comparação de duas técnicas de análise microbiológica da água para avaliação da eficiência de um sistema de filtragem a base de resíduos agroflorestais da Amazônia*. In: *Anais da XXI Jornada de Iniciação Científica PIBIC CNPq/FAPEAM/INPA*. Manaus-AM. No prelo. Em tempo. 2014.
- Falta de água atinge vários bairros da Zona Norte de Manaus. *Em tempo* – portal online, Manaus, 05/09/2014. (www.emtempo.com.br/falta-de-agua-atinge-varios-bairros-da-zona-norte-de-manaus/). Acessado em 05/02/2014.
- Gonçalves, R.F (Coord.). 2006. *Uso Racional da Água em Edificações*. 1 ed. Vitória, ES: Abes.
- Herrera, A.G. 2003. *Desinfección Solar Del Agua*, IMTA – Instituto Mexicano de Tecnologia del agua, Mexico.
- Haimour, N.M.; Emeish, S. 2006. Utilization of date stones for production of activated carbon using phosphoric acid. *Waste Management*, 26: 651.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), 2014. *Estimativas da população dos municípios brasileiros com data de referência em 1º de julho de 2014*. (http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/pdf/analise_estimativas_2014.pdf). Acessado em 30/05/2015.

- May, S. 2004. *Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações*. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Construção Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. 189p.
- Rosa, A.H. 2012. Meio Ambiente e Sustentabilidade. *Artmed*, pp.331.
- Simoniet, W.I.; Ghisi, E.; Gómez, L.A. 2004. Potencial de Economia de Água Tratada Através do Aproveitamento de Águas Pluviais em Postos de Combustíveis: Estudos de Caso. Clacs' 04 - I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e ENTAC 04, 10º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo - SP, Anais. CD ROM.
- Silva, M.L. 2001. Características das águas subterrâneas numa faixa norte-sul na cidade de Manaus (AM). *Rev. Esc. Minas* [online], 54(2): 115-120. Disponível em (www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672001000200007&lng=en&nrm=iso). Acessado em 05/02/2015.
- Silva, M.L. 2005. *Estudo hidroquímico e dos isótopos de urânio nas águas subterrâneas em cidades do estado do Amazonas (AM)*. Tese (Doutorado). UNESP, Rio Claro, São Paulo, 178p.
- Viola, H. 2008. *Gestão de águas pluviais em áreas urbanas: o estudo de caso da cidade do Samba*. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 384p.