

APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DE FILTRAÇÃO EM MARGENS PARA REDUÇÃO OU ELIMINAÇÃO DE CONTAMINANTES FÍSICO-QUÍMICOS NA REGIÃO SEMI-ÁRIDA DE PERNAMBUCO

Laércio L. Santos¹; Timóteo H. S. Barros²; Jaime J. S. P. Cabral³; Roberto T. Melo⁴

RESUMO – A conscientização da importância dos recursos hídricos na qualidade de vida da população vem originando demandas crescentes de informações. Com o aumento da população ao longo dos anos, a gama de usos de água cresceu juntamente com as restrições relativas à sua qualidade. Os usos da água evoluíram ao longo do tempo, envolvendo a alimentação e higiene pessoal, agricultura, navegação, produção industrial, resfriamento de termoeletricas e usinas nucleares e atividades recreativas. Com isso, novos compostos orgânicos e inorgânicos tem sido produzidos e que chegam aos corpos hídricos que são utilizados para o abastecimento impedindo ou inutilizando o seu uso. Neste sentido, torna-se necessário o desenvolvimento de sistemas alternativos de tratamento de água, que sejam eficazes, de baixo custo e que possam contribuir com a qualidade ambiental e de vida das populações. É com essa intenção que a Técnica de Filtração em Margem (FM) está sendo utilizada como uma tecnologia de tratamento da água utilizada para o abastecimento público em um reservatório que se encontra Eutrofizado no semi-árido pernambucano, na cidade de Garanhuns-PE. Os resultados obtidos até o momento mostram-se promissores, uma vez que, a FM reduziu as concentrações de quase todos os parâmetros físico-químicos analisados.

ABSTRACT – The awareness of the importance of water resources in quality of life is leading to increasing demands for information. With the increase in population over the years, the range of water uses has grown along with restrictions on its quality. Water uses have evolved over time, involving food and personal hygiene, agriculture, navigation, manufacturing, thermoelectric cooling and nuclear power plants and recreational activities. Therefore, new organic and inorganic compounds that have been produced and reach the water bodies that are used to supply preventing or disabling its use. In this sense, it becomes necessary to develop alternative systems of water treatment that are effective, inexpensive and can contribute to environmental quality and people's lives. It is with this intention that the filtration technique Margin (FM) is being used as a treatment technology of water used for public supply in a eutrophic reservoir that is in semi-arid region of Pernambuco, in the town of Garanhuns-PE. The results obtained so far are promising, since the FM reduced the concentrations of almost all physical and chemical parameters analyzed.

Palavras-Chave – Filtração em Margem, Abastecimento, Semi-Árido.

1) Doutorando em Engenharia Civil - Área de Concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, (DECIV/CTG/UFPE), Av Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife/PE. Caixa Postal 7800. CEP: 50741 - 530. Tel: (81) 2126 - 7216 / (83) 8812 - 7312. E-mail: laercioeng@yahoo.com.br

2) Aluno de PIBIC. Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE – Garanhuns-PE. thymoteo_herculino_3@hotmail.com

3) Professor Titular (DECIV/CTG/UFPE), Av Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife/PE. Caixa Postal 7800. CEP: 50741 - 530. Tel: (81) 2126 - 7216 / (83) 8812 - 7312. E-mail: jcabral@ufpe.br

4) Mestrando em Engenharia Civil - Área de Concentração: Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, (DECIV/CTG/UFPE), Av Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife/PE. Caixa Postal 7800. CEP: 50741 - 530. Tel: (81) 2126 - 7216 / (83) 8812 - 7312. E-mail: theoioz@ig.com.br

1.0 - INTRODUÇÃO

A disponibilidade de água em quantidade e qualidade para os diversos usos, em especial, água para abastecimento humano, é uma preocupação da humanidade e tem sido debatido em diversas regiões, principalmente as semi-áridas.

Em 2006, cerca de 1,1 bilhão de pessoas não tinham acesso a água potável e 2,6 bilhões careciam de soluções racionais para disposição de seus dejetos (UNDP, 2006). Entre os objetivos do milênio, a Organização das Nações Unidas (ONU, 2005) incluiu como meta a redução, até 2015, dos índices de falta de água potável a metade dos que eram observados em 2000.

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei 9433/97, estabelece entre seus objetivos “*assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos*”. Em 2006, o índice de cobertura com abastecimento de água era de 93,1% e o de esgotamento sanitário de 48,3%, dos quais, 32,2% com tratamento (BRASIL, 2007). Importantes modificações no regime de precipitações na escala global se encontram em curso, causando impacto direto nos recursos hídricos disponíveis.

Desde o início da humanidade a água tem sido utilizada como meio de disposição, depuração, dispersão e transporte de águas residuárias (domésticas e industriais, águas de drenagem de minas, de drenagem urbana, águas de retorno da irrigação, por exemplo) (Gastaudini, 2003). Além dos diversos usos diretos, várias atividades humanas tem efeitos indiretos e indesejáveis sobre os ambientes aquáticos, a saber: desmatamento e urbanização, liberação acidental de substâncias químicas e de águas residuárias, lixiviação de resíduos sólidos e excessivo uso de fertilizantes e agrotóxicos (Santos et al. 2011).

Derivado das atividades humanas citadas acima, um dos principais problemas ambientais dos ecossistemas aquáticos é o processo de eutrofização (enriquecimento de nutrientes), que causa grandes e negativos impactos ecológicos, econômicos e de saúde, mediante a deterioração da água.

No semi-árido nordestino, a eutrofização de reservatórios é ainda mais alarmante pelo fato de, naturalmente, os corpos d’água apresentar tendência a esse processo. Isso porque a concentração de nutrientes tende a aumentar devido à afluência de água aos reservatórios ocorrer apenas durante a estação chuvosa (cerca de quatro meses no ano) e possuir uma alta taxa de evaporação.

Alguns dos reservatórios com fins de abastecimento humano no Estado de Pernambuco encontram-se em avançado processo de eutrofização. A Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA) consegue ainda tratar e fornecer a água desses reservatórios em condições satisfatórias para população, aumentando para isso, o custo com o tratamento e, muitas vezes, optando por construir ou adotar outro reservatório.

A maioria dos corpos hídricos utilizados para o abastecimento público nas regiões semi-áridas possui água de baixa qualidade. Em quase todos os casos, esse fator negativo é atribuído ao alto índice de eutrofização do meio aquático e aos efluentes originados das atividades humanas como esgoto urbano, atividades agropastoris e industriais que enriquecem as águas com nutrientes principalmente o nitrogênio e o fósforo, que são considerados a principal causa da ocorrência de florações de cianobactérias. De acordo com Tundisi (2003), o aumento da concentração de nitrogênio e fósforo desempenha um papel importante na formação das florações porque são elementos que compõem diversos componentes celulares (proteínas, ácidos nucleicos, membranas fosfolipídicas, etc.), todavia, naturalmente, suas concentrações são baixas nos ecossistemas aquáticos. Além disso, o pH neutro a alcalino e temperaturas acima de 20°C, também favorecerem a ocorrência de florações nos ecossistemas aquáticos (Chorus e Bartram 1999).

Apesar de grandes avanços no desenvolvimento de tecnologias para o tratamento das águas para abastecimento público nos últimos 100 anos, ainda existem muitas dificuldades na busca por soluções seguras para garantir a produção de água potável a partir de mananciais superficiais. Essa busca torna-se incessante, uma vez que, a cada dia, novos compostos naturais e industriais são produzidos e até mesmo gerados durante o próprio tratamento de água que pode manifestar-se em concentrações potencialmente perigosas para a saúde humana.

Neste sentido, torna-se necessário o desenvolvimento de sistemas alternativos de tratamento de água utilizada para o abastecimento, seja um reservatório ou um rio, que sejam eficazes, de baixo custo e que possam contribuir com a qualidade ambiental e de vida das populações.

É com essa finalidade que a tecnologia de Filtração em Margens está sendo aplicada nas margens do reservatório de abastecimento público de Mundaú, no município de Garanhuns, semi-árido pernambucano. Esse reservatório é responsável por 30% do abastecimento do município e encontra-se em avançado processo de eutrofização e recebe parte dos efluentes da cidade.

A tecnologia de FM consiste basicamente na captação da água no subsolo por um poço localizado a margem de um manancial. Desta forma, ocorre o rebaixamento do lençol freático adjacente ao manancial por bombeamento, formando um cone de depressão que favorece a infiltração induzida do corpo d'água superficial no solo/subsolo. Na passagem da água da superfície para o poço ocorrem diversos fenômenos físicos, químicos e biológicos que promovem uma melhora na qualidade da água onde muitas vezes uma simples desinfecção já permite utilizá-la para o abastecimento.

2.0 - CONTAMINAÇÕES DOS RECURSOS HÍDRICOS

A contaminação dos recursos hídricos e dos mananciais de abastecimento público por efluentes hídricos oriundos das atividades humanas tem sido um dos maiores fatores de risco para a saúde humana, especialmente em regiões com condições inadequadas de saneamento e suprimento de água.

Os recursos hídricos tem sido amplamente contaminado pelos efluentes hídricos produzidos nas áreas urbanas (esgotos domésticos e industriais) e também pelos efluentes originados nos grandes projetos agrícolas, onde através do escoamento superficial, muitos compostos de agrotóxicos e fertilizantes são transportados para os corpos hídricos impedindo assim o seu uso.

Um das conseqüências dos impactos antrópicos nos ecossistemas aquáticos é a ocorrência de acelerados processos de eutrofização, causando um enriquecimento artificial desses ecossistemas pelo aumento das concentrações de nutrientes na água, principalmente de compostos nitrogenados e fosfatados, que resulta no aumento dos processos naturais da produção biológica em rios, lagos e reservatórios (Thomann e Mueller, 1987). Esta eutrofização artificial produz mudanças na qualidade da água tais como redução da concentração de oxigênio dissolvido, perda das qualidades cênicas, ou seja, das características estéticas do ambiente e seu potencial para lazer, a morte extensiva de peixes e o aumento da incidência de florações de microalgas e cianobactérias, com conseqüências negativas sobre a eficiência e custo de tratamento da água, quando se trata de manancial de abastecimento público (Azevedo, 1994).

A necessidade crescente por água potável e o interesse por técnicas de tratamento natural da água, como Filtração em Margem, tem aumentado. A Filtração em Margem tem sido utilizada no fornecimento de água para abastecimento público por mais de um século, reconhecido como um eficiente processo natural de atenuação da poluição, assegurando sustentabilidade no fornecimento de água potável (Stuyfzand, 1989; Kruhm-Pimpl, 1993; Grischek et al., 1997; Verstraeten et al., 1999). A FM tem se mostrado uma alternativa de tratamento bastante viável, simples e econômica, utilizada com a finalidade de remover materiais em suspensão, micro-organismos e diferentes contaminantes físico-químicos utilizando o próprio solo adjacente à fonte de água como meio filtrante.

3.0 – FILTRAÇÃO EM MARGEM (FM)

A primeira utilização reconhecida da técnica de Filtração em Margem com o propósito de abastecimento de água ocorreu no Reino Unido, pela Companhia de Água “Glasgow Waterworks”,

que construiu um poço coletor paralelo ao rio Clyde, em 1810 para extração de água. Outras localidades como, Nottingham, Perth, Derby, Newark, no Reino Unido também passaram a empregar a FM e, na metade do século XIX, a técnica foi oficialmente adotada pela Europa no tratamento de água para abastecimento público (Ray et al., 2002).

Atualmente a tecnologia é vastamente utilizada em vários países europeus. Por exemplo, 16% da população da Alemanha o que corresponde a uma população de 3,4 milhões de habitantes na cidade de Berlim são abastecidos com água proveniente de FM (Fritz et al. 2002, Dash et al. 2008) também destacam-se, 40% da Hungria, 50% da França e 80% da Suíça já utilizam em seus domicílios água tratada pela técnica de filtração em margem (Tufenkji, 2002).

A FM é um processo simples e que pode ser empregado como um pré-tratamento ou como único tratamento antes da desinfecção na produção de água potável dependendo das condições da água a ser tratada (Mondardo, 2009).

Também conhecida como BankFiltration (BF), a FM utiliza os materiais sedimentares das margens e do fundo de um manancial superficial como meio filtrante. Para isso, são construídos poços de captação em suas margens, realizando-se um bombeamento contínuo, criando artificialmente, uma diferença de nível entre o manancial e o lençol freático, induzindo o escoamento da água em direção ao poço, com o objetivo de filtrar a água realizando a eliminação ou minimização dos contaminantes presentes na água superficial através da passagem da água pelo solo.

A água que chega ao poço é, na maioria das vezes, uma mistura entre as águas infiltradas recentemente através das margens e a do lençol freático. A proporção dessa mistura dependerá principalmente da distância do poço até a margem e de suas características como: vazão bombeada, condições hidrogeológicas locais, etc..

No Brasil, a FM não é geralmente aplicada para o abastecimento público, porém há casos em que é utilizada inconscientemente como, por exemplo, no Alto-Vale do Itajaí, no Estado de Santa Catarina, onde o abastecimento é realizado com água de boa qualidade, construindo-se poços, normalmente de 1,2 a 1,5 m de diâmetro, ao longo dos rios Itajaí do Sul, Itajaí do Oeste, Itajaí do Norte, todos afluentes do rio Itajaí Açu (Sens, et al. (2006).

De acordo com Mondardo (2009) outro fator importante é o modo pelo qual a água se move no solo. Esse movimento depende de três forças que agem sobre ela, a saber:

- **Adsorção:** responsável por reter uma fina película de água em volta das partículas do solo, por atração molecular;

- **Capilaridade:** esse movimento retém ou move a água em pequenas aberturas, como resultado da tensão superficial;
- **Gravidade:** a gravidade move a água através dos poros maiores, por diferença de carga ou quando existe um gradiente hidráulico. A resultante dessas forças depende, em parte, da quantidade de umidade presente em relação ao espaço livre do material poroso.

Os fenômenos e princípios envolvidos na filtração da água pelo solo não são completamente conhecidos. Sabe-se que o processo da percolação remove muitos contaminantes e poluentes e evita que alcancem o reservatório de água subterrânea ou o poço de FM. Os principais processos envolvidos na FM são: filtração (coagem), biodegradação, sedimentação, adsorção, dispersão e mistura com águas subterrâneas (diluição). A Figura 1 apresenta o funcionamento da filtração em margem através de um poço, do qual se extrai uma vazão Q , localizado próximo de um manancial superficial.

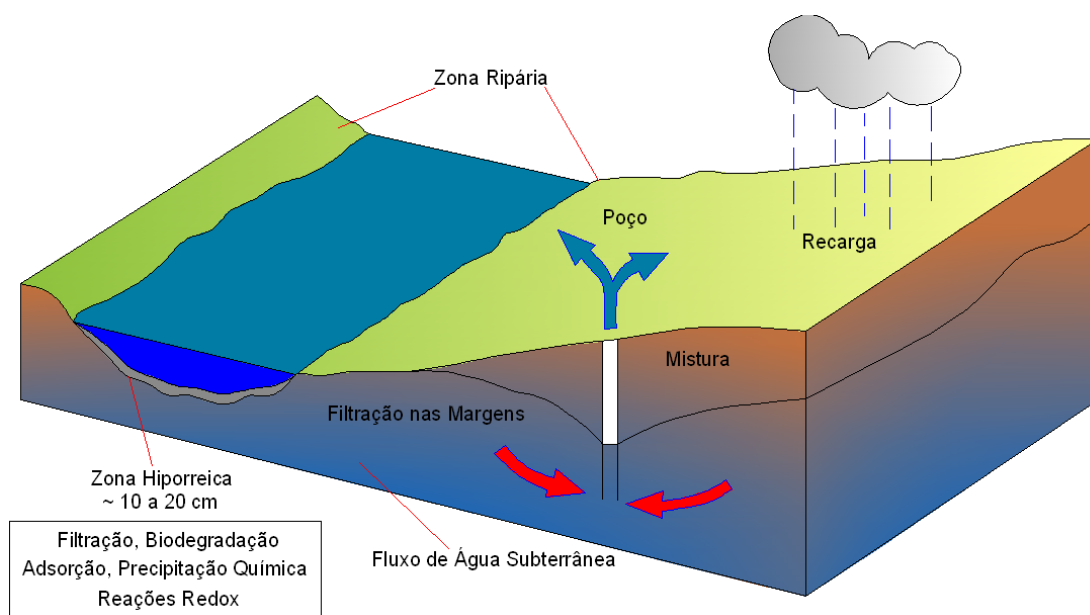


Figura 1 - Diagrama esquemático dos processos que afetam a qualidade da água durante a filtração em margens.

3.1 - Contaminantes Físicos

A temperatura pode variar nas estações com fontes de águas superficiais, porém permanece relativamente constante nas águas subterrâneas. A variação da temperatura pode variar em função do bombeamento, locação do ponto de monitoramento, distância do poço ao rio, construção do

poço, ou fatores hidrogeológicos (Paiva, 2009). Variações na temperatura podem influenciar a performance do tratamento d'água. É um parâmetro que deve ser observado, porém no Brasil, mais especificamente nas regiões norte e nordeste, não ocorre uma variação de temperatura tão grande nas fontes d'água tanto superficial quanto subterrânea.

A turbidez diz respeito aos rios que atravessam formações ricas em argila. Dados de monitoramento no rio Ohio próximo a Louisville, Kentucky/EUA, mostraram uma variação de 2 uT (julho/99) a 1500 uT (março/97) durante um período de 5 anos (97-02); todavia os poços coletores tiveram turbidez em torno de 0,1uT, o que é significativamente abaixo do padrão americano de 0,5 uT.

3.2 - Contaminantes Químicos

De acordo com Paiva (2009) podem ser divididos em quatro grupos principais: inorgânicos; orgânicos sintéticos (pesticidas e orgânicos voláteis/semi-voláteis); matéria orgânica natural; farmacêuticos e outros químicos emergentes.

- **Inorgânicos:** a dureza da água é um importante parâmetro para a remoção em estações de tratamento. A dureza pode ser reduzida durante os picos de cheia, quando a contribuição de água subterrânea é baixa. As concentrações observadas variam pelas condições locais. Altas concentrações de bromato pode indicar formação do brometo (que é cancerígeno) durante a ozonação. Nitrogênio e outras formas de fertilizantes também são importantes. Rios que passam por regiões agrícolas, podem receber uma grande quantidade de contaminantes por escoamento superficial ou por descarga de drenos.
- **Orgânicos Sintéticos e Pesticidas:** são os mais preocupantes para o tratamento de águas superficiais. Os picos de concentração normalmente coincidem com os picos de cheias, carreando águas poluídas da agricultura. Rios navegáveis também estão sujeitos a derramamento de produtos de petróleo e outros químicos industriais, tais como compostos clorados.
- **Matéria Orgânica (MO):** na água superficial é importante, principalmente em estações onde se usa cloreto como desinfetante. O cloreto combinado com a matéria orgânica forma um subproduto, tal como o trihalometano (TAM) e ácidos haloacéticos (HAA), os quais são potencialmente cancerígenos. As concentrações de matéria orgânica variam de acordo com a estação, características da bacia, e fluxo do rio. Parâmetros mais usuais que indicam a

qualidade da água com relação a MO: Carbono Orgânico Total; Carbono Orgânico Dissolvido; DBO; absorção ultravioleta de água em 254 nanômetros; carbono orgânico assimilativo.

- **Produtos farmacêuticos e produtos de higiene pessoal:** são micropoluentes de recente interesse, pois são encontrados em esgotos domésticos e muitos são químicos rompedores de endócrina. Por muitos desses compostos serem encontrados em concentração extremamente baixa, uma determinação analítica é difícil e requer instrumentação complexa.
- **Contaminantes Biológicos:** Contaminantes biológicos na água superficial incluem protozoários, bactérias e vírus. Giárdia e *Cryptosporidium* são os protozoários principais. Coliformes totais e fecais são as bactérias monitoradas pelos órgãos ambientais e de vigilância sanitária.

3.3 - Vantagens e Desvantagens da FM

Como todo tratamento de água, a filtração em margens tem vantagens e desvantagens. Esta filtração permite a remoção de partículas, bactérias, algas, vírus, parasitas, compostos facilmente biodegradáveis, contaminantes orgânicos persistentes e altas concentrações de metais pesados.

Segundo Schubert (2006) a filtração em margem é capaz de remover matéria orgânica natural e, conseqüentemente, capaz de remover precursores da formação de trihalometanos (TAM). A redução da atividade mutagênica nos microrganismos através da redução de agentes físicos, químicos ou biológicos e a compensação na variação de carga no manancial superficial também são vantagens apontadas pelo pesquisador. Além disso, a filtração em margem funciona como pré-tratamento, onde utiliza processos naturais para assegurar a sustentabilidade da água bruta e permite a otimização no processo de tratamento.

Dentre os benefícios imediatos da FM, está a redução no uso de produtos químicos nas diferentes etapas de tratamento, bem como o custo de operação dos sistemas de tratamento (Ray et al., 2002; Sens et al., 2006).

Segundo Ray et al. (2002) o sistema de FM pode ajudar as companhias de abastecimento de várias formas. Os vários serviços de água potável de alta qualidade têm valores não mensuráveis. Como por exemplo, a melhora da qualidade da água fornecida, com garantias contra contaminações de eventos extremos, pois há tempo hábil para tomada de decisões e principalmente a manutenção de um meio ambiente sustentável.

A FM reduz o efeito de picos de concentração de poluentes numa captação superficial devido às variações sazonais. Há alguns compostos orgânicos persistentes, como os pesticidas e farmacêuticos, que não são removidos após a passagem pelo meio filtrante natural e apenas se misturam a água subterrânea não sendo suficiente apenas a FM como forma de tratamento (Kuehn e Muller, 2000).

Dentre as desvantagens da utilização dessa tecnologia inclui a dificuldade no processo de monitoramento. Segundo Stuyfzand et al., (2006), a FM possui as desvantagens de impedir a infiltração de água no solo quando tem-se água bruta de qualidade não desejável, a ocorrência de reações químicas durante o processo de infiltração quando há depósitos de lodo no leito, podem aumentar a concentração de Fe^{2+} , Mn^{2+} , As, NH_4^+ , CH_4^+ , Ca^{2+} e HCO_3^- e o risco de colmatação do fundo do manancial.

Hiscock e Grischek (2002), afirmam ainda que esta técnica tenha pouca eficiência se utilizada como único tratamento de água com muita cor, dureza elevada e grande número de produtos orgânicos sintéticos. Assim, de acordo com a qualidade da água, a filtração em margem não deve ser utilizada como única forma de tratamento, e sim, como pré-tratamento de água.

4.0 – MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho está sendo realizado a jusante da barragem do Mundaú (aproximadamente a 100 metros da barragem) no município de Garanhuns – PE, cujas coordenadas geográficas são: $08^{\circ}56'47,4''$ S e $36^{\circ}29'30,42''$ O. Com uma altitude media no experimento de 697m, distando 240 km da capital Recife. A barragem do Mundaú é uma das responsáveis pelo fornecimento de água daquele município e foi escolhida para este estudo por apresentar florações freqüentes de cianobactérias e receber efluentes hídricos do município. A Figura 2 apresenta o local definido para construção do poço.



Figura 2 – Local para implantação do projeto piloto

4.1 - Construção do Poço Piloto

Com a definição do local para a construção do poço de filtração em margem (FM), foi realizada uma capina no perímetro designado para o trabalho (Figura 3).



Figura 3. Área destinada para instalação do poço de Filtração em Margem (a). Após a capina construiu-se um dreno para remover o excesso de água (b) para permitir o trabalho das máquinas.

Logo após a preparação da área. Com o auxílio de um trado, foi feita uma coleta de solo em três pontos, com o intuito de identificar camadas de rocha que poderiam impedir a construção do poço. O poço de FM foi construído com 1 metro de diâmetro, e uma profundidade de 3 metros. Foram colocadas 6 manilhas de concreto armado de 1 m de diâmetro e 0,5 m de altura uma sobre a outra, até atingir a altura desejada, como mostra a Figura 4. Nas laterais esquerda e direita do poço foram construídas valas de 1,5 m de profundidade e 2 m de largura e comprimento de 10 m.



Figura 4. processo de construção e montagem do poço de FM

Além dos espaços que existem entre uma manilha e outra, foram realizadas perfurações de 1,5 a 2,0 cm de diâmetro nas laterais das quatro primeiras manilhas, a fim de aumentar o fluxo de água do meio externo para dentro do poço (Figura 5).



Figura 5 - Orifício feito para aumentar a infiltração de água no poço

Após a construção do poço, fez-se a instalação do sistema de captação de água do poço, direcionando-a até um tanque à 50 m do local. Construiu-se um abrigo ao lado do poço onde foi colocado um motobomba monofásico marca Eletroplas, modelo ICS-50 com potência de $\frac{1}{2}$ cv. Após montagem do sistema hidráulico, foi instalado junto à motobomba, uma válvula de nível de marca Rayma de 15A, que garante que o motobomba ligue automaticamente após o nível de água aumentar no poço e, assim, forçando que o fluxo de água no poço seja sempre renovado.

5.0 – RESULTADOS OBTIDOS

A. Temperatura

A temperatura da água não é um parâmetro controlado pela legislação, no entanto, temperaturas mais elevadas juntamente com maior umidade do ar podem favorecer o crescimento de microrganismos na superfície dos telhados. A Figura 6 apresenta os resultados obtidos.

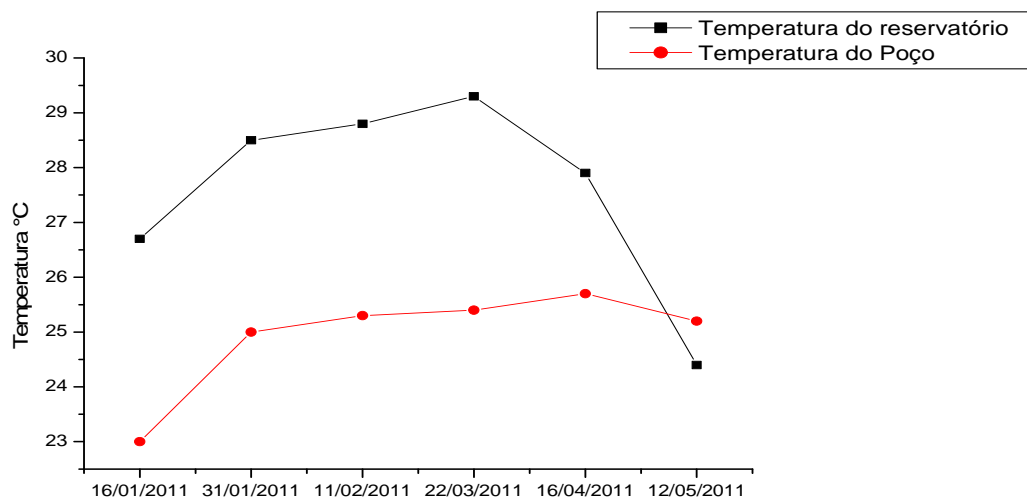


Figura 6. Análise de temperatura no experimento de FM em Garanhuns -PE.

A Figura 6 mostra que a temperatura no reservatório apresenta-se na maior parte do tempo inferior ao do reservatório este fato esta relacionado com a interação da lamina de água que esta exposta ao ambiente recebendo assim radiação solar direta deixando a temperatura do reservatório maior. Em um ponto que a temperatura do reservatório estava menor devido ao horário da coleta, que foi realizada na parte final da tarde, onde a temperatura do ambiente estava baixa, juntamente com precipitações ocorrente naquele dia. Foi observada relação direta entre temperatura e densidade de cianobactérias. Segundo (Chorus e Bartram, 1999) afirmam que as cianobactérias apresentam altas taxas de crescimento em temperaturas superiores a 25 °C, situação encontrada no reservatório de Mundaú.

B. Oxigênio Dissolvido

A partir dos resultados desse monitoramento, observa-se o comprometimento da qualidade da água, devido ao lançamento de esgoto de origem doméstica, apresentando valores de oxigênio dissolvido (OD) baixos, porém se enquadram na Resolução do CONAMA 357/05 onde o nível de OD deve ser ≥ 2 mg/L. Os resultados obtidos encontram-se na Figura 7.

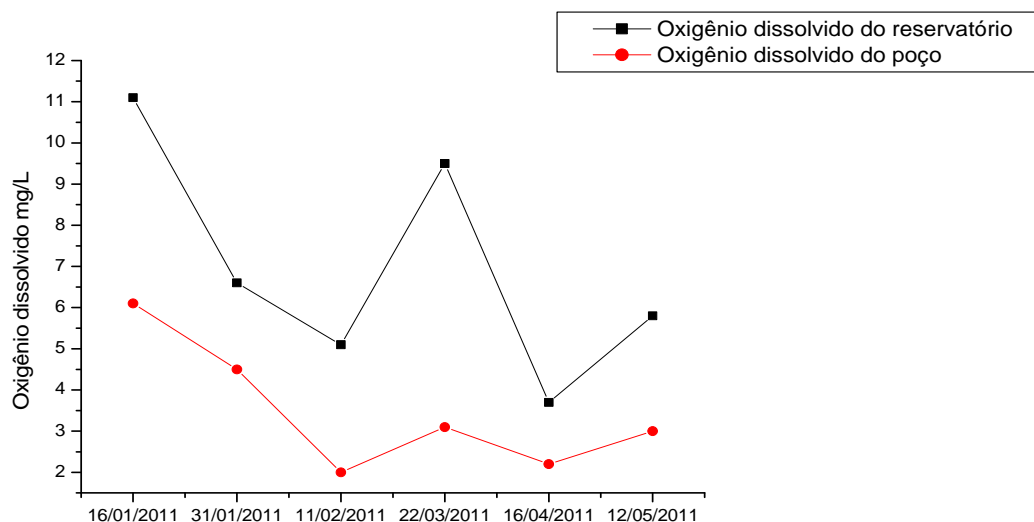


Figura 7. Análise do Oxigênio Dissolvido no experimento de FM em Garanhuns -PE.

A concentração de oxigênio dissolvido na água do poço foi menor quando comparada a do reservatório. Este resultado é esperado, uma vez que no subsolo não há atividade de micro-organismos fotossintetizantes, os quais liberam O_2 para água, e pela presença de micro-organismos decompositores aeróbicos, que utilizam aquele elemento na oxidação da matéria orgânica.

C. pH

Sabe-se que as águas ácidas são corrosivas, ao passo que as alcalinas são incrustantes, por isso o interesse no controle do pH para que os carbonatos presentes estejam equilibrados e não ocorra nenhum dos dois efeitos indesejados (CETESB, 2010). Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5 estabelecido pela portaria nº 518 do MS. Os resultados obtidos encontram-se na Figura 8.

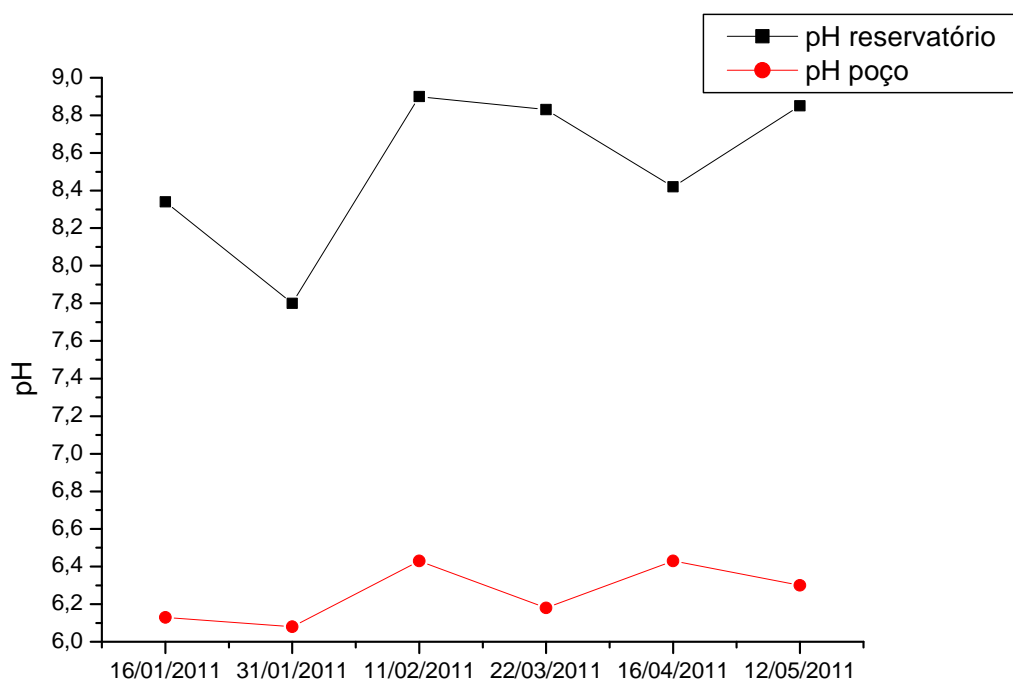


Figura 8. Análise do pH no experimento de FM em Garanhuns -PE.

O pH da água do poço variou entre 6,08 e 6,43 enquanto o pH do reservatório sempre foi alcalino (7,8 a 8,9). A leve acidificação da água do poço pode ter sido em função da dissolução de ácidos húmicos e fúlvicos, geralmente encontrados em solos ricos em matéria orgânica. Em todas as coletas observou-se uma fina camada com aspecto oleoso na superfície da água do poço, que na verdade, pode ser matéria orgânica em suspensão, devido a presença de óxidos de ferro.

D. Condutividade Elétrica

O comportamento da condutividade elétrica, nas análises realizadas para a água do reservatório e água do poço de produção estão relacionadas na Figura 9.

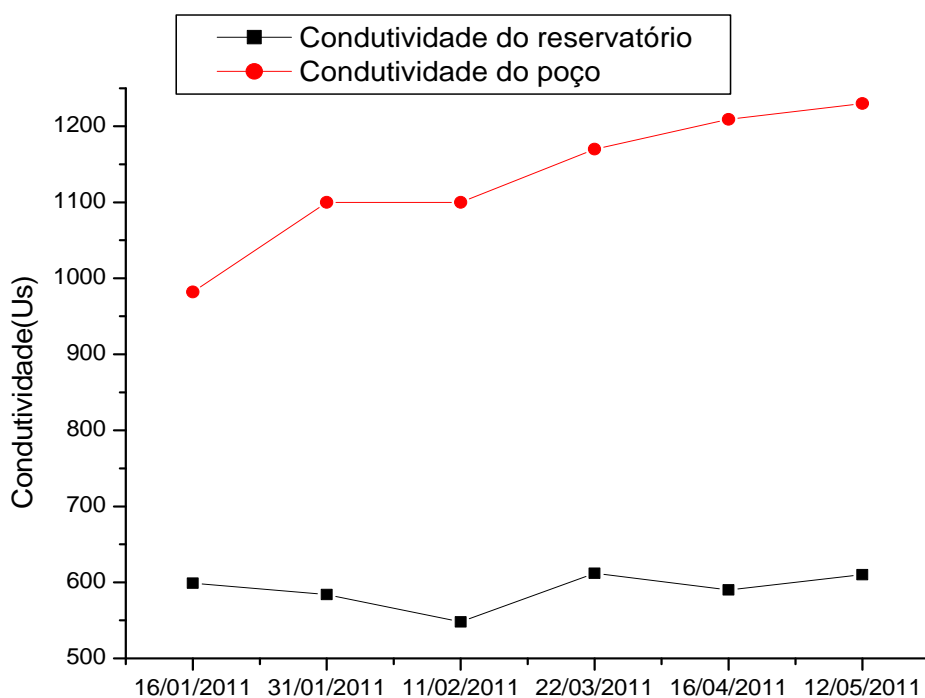


Figura 9. Análise da condutividade elétrica no experimento de FM em Garanhuns -PE.

O gráfico do comportamento da condutividade elétrica do poço apresentou valores aproximadamente duas vezes maiores que a do reservatório. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons e cátions adsorvidos no solo e dissolvidos na água, ou seja, quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água. Possivelmente, o gradiente hídrico forçou o deslocamento da água pelo solo, fazendo com que o contato da água com aquele tenha sido mais intenso, propiciando a dissolução de íons na água. Segundo Cabral et al. (2008), aquíferos profundos apresentam uma condutividade elétrica mais baixa, entretanto o poço de filtração em margem do experimento apresenta uma profundidade pequena, tendo assim uma baixa interação com o aquífero.

E. TURBIDEZ

Corresponde, geralmente, a partículas sólidas em suspensão, podendo ser de tamanhos variados. Estas partículas podem carrear micro-organismos, provocam a dispersão e absorção da luz, podem diminuir a eficiência da cloração e gerar sabor e odor na água (CETESB, 2010). A

turbidez pode ser definida como uma medida do grau de interferência à passagem da luz através do líquido. O padrão de aceitação de turbidez para consumo humano de acordo com a Portaria do Ministério da Saúde 518/2004 tem o valor máximo permitido (VMP) de 5 uT (unidade de turbidez). Esses valores restritos tem relevância direta como um fator de proteção para evitar microorganismos causadores de doenças e processos de desinfecção, diminuindo ao máximo a utilização de desinfetantes (Ministério da Saúde, 2006).

A turbidez foi analisada no controle da qualidade da água do reservatório de mundaú e do poço de produção. A Figura 10 mostra os níveis de turbidez durante o monitoramento qualitativo.

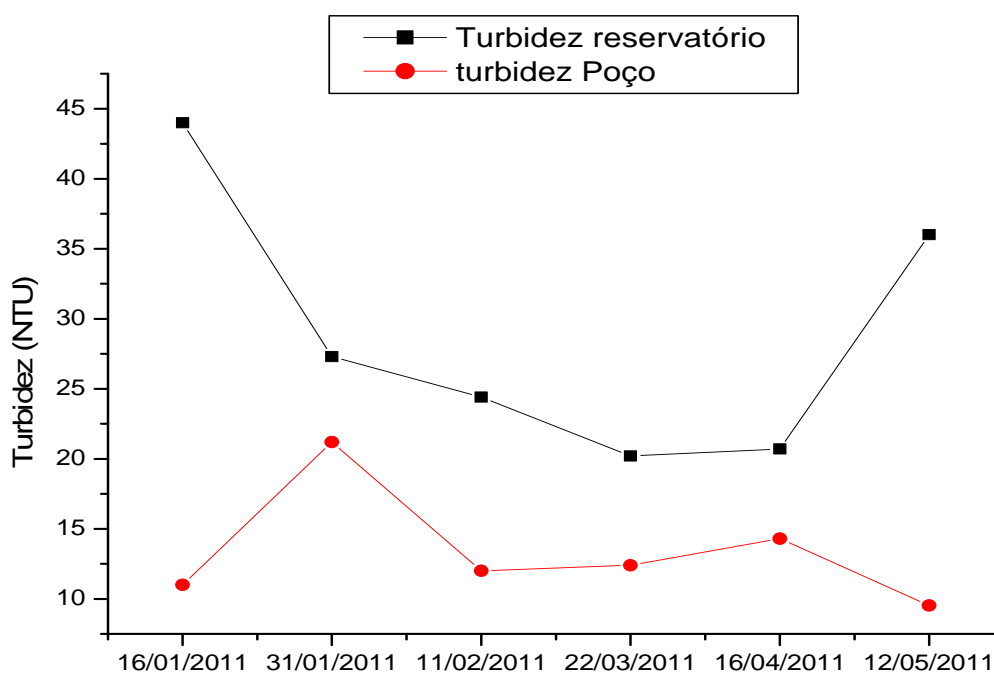


Figura 10. Análise da Turbidez no experimento de FM em Garanhuns -PE.

Os resultados de turbidez indicam que os valores observados no poço foram até quatro vezes menores que os observados no reservatório o que mostra que a matéria em suspensão na água, possivelmente argila, silte, substâncias orgânicas finamente divididas, organismos microscópicos e outras partículas foram removidas. Vale salientar que no dia 31 de janeiro o gráfico mostra um aumento, isso se deve há dois dias antes ter sido realizado uma limpeza na parte interna do poço. Observa-se no gráfico uma redução considerável nos níveis de turbidez da água do poço de FM para a água do reservatório. Sendo clara a eficiência de remoção de altos níveis de turbidez pela técnica de FM.

F. ALCALINIDADE

Foi analisado a alcalinidade total em CaCO_3 . A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde não fazer restrições à alcalinidade, no entanto a alcalinidade esta intimamente relacionada com a capacidade da água de neutralizar os ácidos, ou seja, serve com auxilio para a condição de resistir a mudanças do pH. Os resultados obtidos encontra-se na Figura 11.

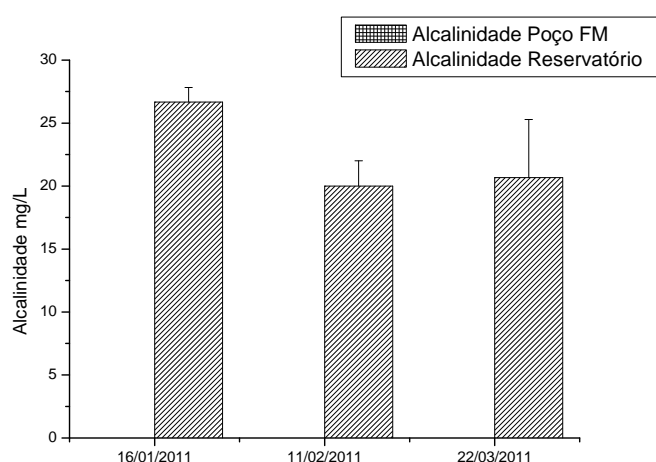


Figura 11. Análise da Alcalinidade no experimento de FM em Garanhuns -PE.

Observa-se na Figura 11 que a água do reservatório apresenta alcalinidade, porém a água do poço não foi detectado. Valores altos de alcalinidade esta relacionado com a decomposição da matéria orgânica presente no ambiente que apresente extremamente rico em matéria orgânica e sólidos em suspensão, isso devido a entrada de efluentes do rio mundaú, devido as suas nascente, e dos esgotos do município que são despejados no rio enriquecido acintosamente o percentual de matéria orgânica no reservatório.

G. DUREZA

Um dos motivos da dureza na água é a relação intrínseca com os cátions mais frequentes sendo eles cálcio e magnésio (Ca^{2+} , Mg^{2+}) esses geralmente em maior escala, porem existem uma relação da dureza com outros elementos, porem uma escala relativamente pequena de, ferro (Fe^{2+}), manganês (Mn^{2+}), estrôncio (Sr^{2+}) e alumínio (Al^{3+}). Segundo a portaria nº 518 do Ministério da Saúde permite até 500 mg/L de dureza em água potável (BRASIL, 2004). A Figura 12 apresenta os resultados obtidos.

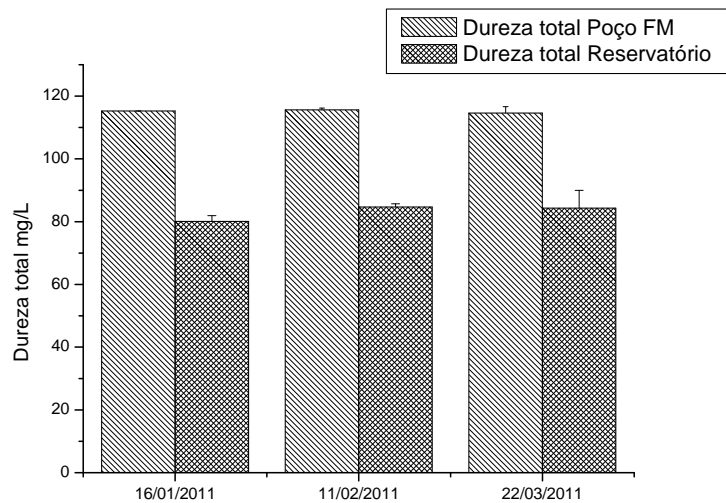


Figura 12. Análise da Dureza no experimento de FM em Garanhuns -PE.

Através do gráfico pode-se observar que a dureza do poço mantém valores constantes, em todas as análises, a dureza do reservatório apresenta comportamento similar, entretanto a dureza do poço foi superior a dureza do reservatório em todas as amostras, isso pode ser explicado, pela interação das águas subterrâneas que podem estar incorporando CaCO_3 que esta no solo e sendo carregado pela dinâmica do fluxo de água no solo, onde será carregada para região do poço tornado assim a água com uma dureza mais elevado do que em seu estado natural no reservatório.

6.0 – CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos pode-se concluir o que o Sistema Piloto de FM no reservatório de Mundaú foi capaz de reduzir significativamente os parâmetros de turbidez, oxigênio dissolvido e pH. Além disso, quase todos os parâmetros físico-químicos analisados esteve em concentrações menores na água do poço do que no reservatório evidenciando a capacidade da FM na redução desses contaminantes.

Apenas a condutividade elétrica foi maior no poço do que no reservatório, indicando que o sistema de FM não reduz a salinidade da água durante a passagem no solo, onde pelo contrário, absorve os íons presentes no solo durante a sua passagem e por isso a sua concentração foi bem maior.

Fica evidenciado que a tecnologia de FM é promissora na produção de água potável para abastecimento público e em comunidades rurais.

BIBLIOGRAFIA

CABRAL, J. J. S. P.; FARIAS, V. P.; SOBRAL, M. C.; PAIVA, A. L. R. DE ; SANTOS, R. B. Groundwater Management in Recife. *Water International*, v. 33, p. 86-99, 2008.

CHORUS, I.; BARTRAM, J. 1999. Toxic Cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. E & FN Spon, London. 416p.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução N° 357, de 17 de Março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

DASH, R. R.; MEHROTRA, I.; KUMAR, P.; GRISCHEK, T. Lake bank filtration at deep well injection and river bank filtration in the Netherlands. In: Dillon P (ed) Management of aquifer recharge for sustainability. Swets and Zeitlinger, Lisse, pp 125

DONALD, D.; GRYGASKI, T. Development of a Sustainable Potable Water Supply e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano, Capítulo 5. PROSAB, ABES. Rio de Janeiro. 2006.

HEBERER, T.; MECHLINSKI, A.; FANCK, B.; KNAPPE, A.; MASSMANN, G.; PEKDEGER, A.; FRITZ, B. Field Studies on the Fate and Transport of Pharmaceutical Residues in Bank Filtration. *Ground Water Monitoring & Remediation*. V.24 , n.2 . 2004

HUNT, H.; SCHUBERT, J.; RAY, C. Riverbank Filtration – Improving Source-Water Quality. Chapter Conceptual Design of Riverbank Filtration Systems. Kluwer Academic Kluwer Academic Publishers: Norwell, MA, in press, 2002.

MEDEMA GJ, STUYFZAND PJ Removal of micro-organisms upon basin recharge, MIETTINEN, I.T.; MARTIKAINEN, P.J.; VARTIAINEN, T. Humus transformation at the bank filtration water plant. *Water Science Technology* 30(10):179–187, 1994. 149 p. 2009. And control. Harper collins publishers, 1987.

SANTOS, L. L. Aplicação da Técnica de Filtração em Margens em um Reservatório Eutrofizado no Semi-Árido Nordeste. XIV World Water Congress. Congresso Internacional de Recursos Hídricos. Porto de Galinhas-PE, 2011.

CARMICHAEL ww. The toxins of cyanobacteria. *sci am*. 1994 jan; 270(1):78-86. CETESB, 2010