

II-112 - RECARGA DE AQUÍFEROS COM ÁGUA DE REÚSO: ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE NATAL-RN

Ana Cláudia de Araújo Fernandes⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Uso Sustentável de Recursos Naturais pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN). Professora Substituta da Universidade Federal Rural do Semi-Árido do Rio Grande do Norte (UFERSA).

Jean Leite Tavares⁽²⁾

Engenheiro Civil e Mestre Engenharia Sanitária/Recursos Hídricos pela Universidade Federal da Paraíba Campina Grande (UFPB-CG). Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor efetivo da Diretoria Acadêmica de Recursos Naturais do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN).

Endereço⁽¹⁾: Av. Universitária Leto Fernandes, S/N – Zona Rural – Caraúbas/RN - CEP: 597800-000 - Brasil
- Tel: (84) 3317-8505 - e-mail: anaclaudia.fernandes@ufersa.edu.br

RESUMO

O reúso de água residuária para fins não potáveis é uma alternativa ambiental sustentável capaz de preservar água potável para atendimento de necessidades que exigem a sua potabilidade. O artigo apresenta um estudo realizado na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Dom Nivaldo Monte, localizada em Natal-RN, operada pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e consiste em avaliar o potencial de reúso de efluentes tratados para recarga artificial de aquíferos. A metodologia é dividida em revisão da literatura; caracterização da área de estudo; levantamento de dados para caracterização do efluente tratado; definição de critérios de reúso com base nas legislações vigentes; análise e proposição do sistema de reúso de efluente tratado para recarga de aquíferos e análise da viabilidade técnica e ambiental do sistema proposto para a recarga de aquíferos com água de reúso. Os resultados apontaram valores satisfatórios para parâmetros como pH e Nitrato. Todavia, as concentrações das análises de Coliformes Termotolerantes foram superiores à exigida na Environmental Protection Agency (EPA), sendo recomendado um pós-tratamento para readequação da qualidade do efluente. Entretanto, por meio da técnica do Tratamento Solo-Aquífero (TSA), o solo possui capacidade para remover organismos patogênicos e, portanto, contribui consideravelmente para a redução da concentração desse parâmetro. No que se refere ao cloro residual e à turbidez, não foram realizadas análises até o momento. No entanto, a ETE opera conforme a recomendação da EPA, que exige tratamento secundário com filtração e desinfecção. Quanto aos aspectos quantitativos, há uma demanda elevada para recarga de aquíferos na cidade do Natal. Nesse sentido, a vazão efluente da ETE Dom Nivaldo Monte possibilita recarregar, em média, 27% da recarga realizada por infiltração de sumidouros, contribuindo para o aumento da disponibilidade hídrica no município.

PALAVRAS-CHAVE: Recarga de aquíferos, Estação de Tratamento de Esgoto, Reúso de água residuária.

INTRODUÇÃO

A problemática do aumento na demanda por água associada à crise hídrica é alarmante, sobretudo em países em desenvolvimento, em que o número de pessoas que não possuem saneamento básico adequado chega a 2,4 bilhões em 756 milhões de cidades (WHO, 2016). Sendo assim, a escassez e a má distribuição da água, associados à poluição ambiental, tornam-se fatores limitantes ao processo de desenvolvimento (PHILIPPI JR., 2003) e exigem soluções adequadas capazes de integralizar os resíduos líquidos gerados nos centros urbanos (TINOCO, 2003).

Uma das alternativas sustentáveis para o controle de perdas e desperdícios da água é reusar os efluentes tratados para complementar o abastecimento urbano (PAES et al., 2010). Dessa forma, o reúso direto planejado de água apresenta-se como um importante instrumento de gestão ambiental (HESPANHOL, 2015) e sua principal vantagem está pautada no fato da utilização da água de reúso preservar água potável para fins que exigem a sua potabilidade (MOTA; MANZANARES; SILVA, 2006).

A recarga artificial de aquíferos com efluentes domésticos adequadamente tratados vem sendo empregado com sucesso em diversos países, com destaque para Israel, Estados Unidos, Holanda, Polônia e Japão. Na Tunísia prevê-se uma recarga para os próximos anos de 30 milhões de m³ de efluentes tratados (JASIM et al., 2016). Na Arábia Saudita a recarga de aquífero com efluentes tratados foi indicada como uma solução viável econômica e ambientalmente para o problema do abastecimento de água rural e a redução das perdas econômicas causadas pela poluição marinha (MISSIMER et al., 2014). Essa prática é capaz de introduzir uma nova disposição para os resíduos líquidos, elevar a disponibilidade de água, proteger os aquíferos costeiros contra a salinização e proporcionar a sustentação dos níveis de aquíferos freáticos com demanda inadequada (HESPAHOL, 2002).

A técnica mais amplamente empregada para recarga de aquífero com efluente tratado é o Tratamento Solo-Aquífero (TSA), através de bacias de infiltração em que a recarga é efetuada em instalações superficiais (HESPAHOL, 2002). Nesse sentido, o TSA com tratamento prévio adequado dos esgotos indica um potencial satisfatório para produzir efluentes com qualidade aceitável para reúso não potável ou reúso potável indireto (EPA, 2012), haja vista que o TSA promove remoção satisfatória de contaminantes incluindo sólidos suspensos, patogênicos, matéria orgânica biodegradável, nutrientes e micropoluentes orgânicos (HESPAHOL, 2003; SHARMA, KENNEDY, 2016). Vale salientar ainda que as características geológicas locais, sobretudo no que diz respeito à permeabilidade do solo, devem ser consideradas, ao passo em que deve ser realizado um contínuo monitoramento do sistema (SHARMA; KENNEDY, 2016).

O Brasil ainda não dispõe de legislação específica para o reúso de águas residuárias, uma vez que se trata de uma prática desenvolvida em diferentes locais, de diferentes formas, não podendo ser, contudo, extrapolado para todos os casos (MARQUES, 2017). A Resolução nº 121, de 2010, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal. A Resolução CONAMA nº 430, de 2011, estabelece condições de padrões de lançamento de efluentes, porém, não contempla o reúso da água. A Lei nº 9.433, de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) a qual apresenta fundamentação legal para a racionalização do uso da água e requisitos jurídicos para o reúso de água, como alternativa viável na preservação e conservação ambiental. Entretanto, não estabelece parâmetros de qualidade das águas residuárias a serem reutilizadas.

Nesse contexto, o reúso não potável do efluente tratado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Dom Nivaldo Monte, localizada na cidade de Natal-RN, Brasil, gerida pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), representa um potencial a ser explorado, uma vez que a vazão do esgoto tratado é expressiva (450 L.s⁻¹) e a ETE opera em nível terciário (FERRAZ, 2014). Além disso, o estuário do Rio Potengi, corpo hídrico receptor, possui a capacidade de receber cargas de nutrientes comprometida, visto que os níveis de eutrofização variam de mesotrófico a eutrófico de acordo com o índice TRIX, com agravante da situação no período chuvoso (TAVARES; ARAÚJO; FONTES, 2014). Deve-se considerar, também, que na cidade do Natal estão sendo construídas duas novas ETE com vazões superiores a da ETE Dom Nivaldo Monte e que até o momento, lançarão os efluentes tratados no estuário do Rio Potengi.

Outro aspecto a ser considerado diz respeito à implantação da rede coletora de esgotos em toda a cidade do Natal. Com isso, a recarga indireta no aquífero, que, atualmente, ocorre por meio de infiltração de efluentes oriundos do sistema individualizado (tanques sépticos e sumidouros), sofrerá uma redução significativa com a desativação do sistema.

Nesse sentido, o reúso de efluentes tratados para recarga de aquíferos é apontado como uma alternativa sustentável para minimizar o impacto ambiental causado no estuário do Rio Potengi, bem como elevar a disponibilidade hídrica. Assim, o presente trabalho objetiva avaliar o potencial de reúso de águas residuárias da ETE do Baldo para a recarga artificial do aquífero em Natal.

METODOLOGIA

Para atender aos objetivos propostos neste trabalho, a pesquisa foi desenvolvida nas seguintes etapas: Revisão da literatura; caracterização da área de estudo; levantamento de dados para caracterização do efluente tratado; definição de critérios de reúso com base nas legislações vigentes; análise e proposição do sistema de reúso de

efluente tratado para recarga de aquíferos e análise da viabilidade técnica e ambiental do sistema proposto para a recarga de aquíferos com água de reúso.

A ETE Dom Nivaldo Monte, mais conhecida por ETE do Baldo, situa-se no bairro Alecrim, na Rua Governador Rafael Fernandes, entre a Rua Capitão Silveira Barreto e a Av. Monsenhor Walfredo Gurgel, zona leste da cidade de Natal, no Estado do Rio Grande do Norte, sendo operada pela CAERN e trata águas residuárias domésticas oriundas de 21 bairros do município. A ETE foi projetada para tratar uma vazão média de esgotos domésticos de 2430 m³/h, dividida em três módulos, cada um com capacidade de 810 m³/h (FERRAZ, 2014). Atualmente, a ETE possui capacidade para tratar 1620 m³/h de esgoto, composta por tratamento preliminar, secundário e terciário dos resíduos líquidos, além de também dispor de tratamento para as fases sólida e gasosa.

O tratamento preliminar consiste em gradeamento grosseiro mecanizado, constituído por barras verticais de limpeza mecânica; gradeamento fino, realizado por peneiras finas mecanizadas com barras de placas paralelas e desarenação, através de caixas de areia de fluxo horizontal e limpeza mecanizada.

O tratamento secundário é constituído por processos físico-químicos e biológicos que ocorrem nas unidades de reatores anaeróbios de manta de lodo (UASB), câmaras anóxicas, tanques de aeração e decantadores secundários. Após passar pelo tratamento preliminar, 75% do esgoto segue para os reatores UASB com fluxo ascendente – cada linha de tratamento possui 4 (quatro) reatores operando em paralelo –, enquanto 25% é destinado para as câmaras anóxicas com a função de complementar a necessidade de carbono durante o processo de desnitrificação.

O efluente dos reatores UASB são reunidos e destinados para as câmaras anóxicas que, por sua vez, também recebem as vazões de recirculação dos tanques de aeração e a recirculação do lodo dos decantadores secundários. A ETE dispõe de 2 (duas) câmaras anóxicas com volume individual de 1298 m³, equipadas com 2 (dois) misturadores do tipo submersível para homogeneizar o conteúdo dos tanques e evitar pontos mortos e curtos circuitos hidráulicos.

O sistema dispõe de 2 (dois) tanques de aeração (TA), cada um com 16 (dezesesseis) biodiscos que possuem eletrodutos corrugados como material suporte, e 6 (seis) sopradores para introdução de bolhas finas e grossas. Parte do efluente dos TAs segue para os 2 (dois) decantadores secundários com raspador mecânico de lodo e espuma, enquanto a outra parcela é recirculada até as câmaras anóxicas através de bombeamento. O lodo removido no fundo dos decantadores secundários retorna para os reatores UASB para o processo de digestão ao passo que o efluente líquido segue para a desinfecção, etapa de tratamento a nível terciário, constituída por um sistema de emissão de raios ultravioletas, composto por 90 lâmpadas. Na Figura 1 é ilustrado o processo de tratamento da ETE do Baldo.

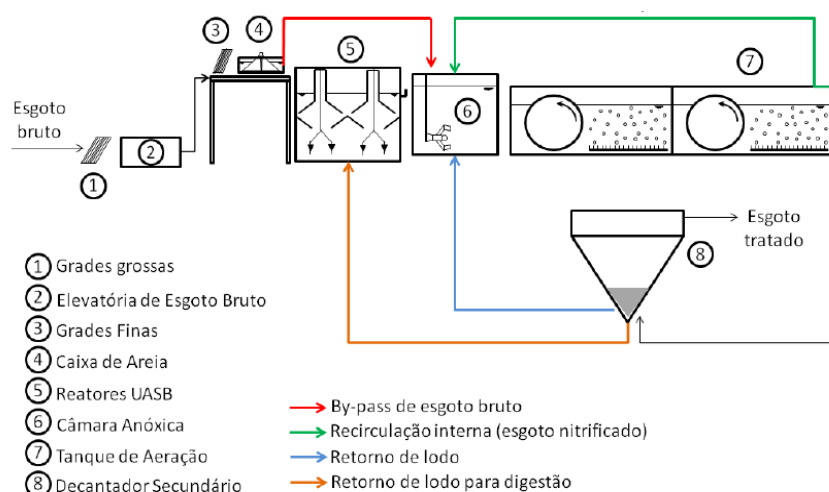


Figura 1 – Fluxograma de tratamento da ETE do Baldo. Fonte: Ferraz (2014).

O levantamento de dados qualitativos e quantitativos para a caracterização do efluente tratado foi realizado junto à CAERN, companhia responsável pela operação e monitoramento da ETE do Baldo. A caracterização qualitativa quanto aos parâmetros de Coliformes Termotolerantes, pH e Temperatura foi realizada com base em dados secundários obtidos a partir das análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas pela Unidade do Laboratório Central de Monitoramento de Efluentes (ULCE) da CAERN no período de 2016 a 2017. No que se refere às concentrações de Nitrato, foram analisadas com base em amostras coletadas na saída dos decantadores das duas linhas de tratamento no período de janeiro e fevereiro de 2018. Os resultados das análises foram disponibilizados pela CAERN. Quanto aos dados de vazão, a medição foi realizada no período de julho de 2016 a novembro de 2017.

Os padrões e critérios de reúso de águas residuárias foram avaliados com base nas diretrizes estabelecidas pela EPA, uma vez que as legislações brasileiras existentes, tanto estaduais quanto municipais não regulamentam critérios para recarga artificial de aquíferos com efluentes tratados.

Na etapa seguinte realizou-se um quantitativo dos poços freáticos perfurados pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (SEMARH), bem como a vazão total dos poços operados pela CAERN em Natal. A Agência Nacional de Águas (ANA) disponibilizou dados de vazão de recarga artificial de aquíferos por infiltração de sumidouros e, a partir disso, foi realizado um comparativo da vazão efluente da ETE com a demanda para a recarga artificial de aquíferos no município. Foram analisados, também, a delimitação da área para recarga do aquífero, bem como as implicações dessa prática para a cidade do Natal.

Por fim, foi realizada uma análise da viabilidade técnica e ambiental do sistema proposto para recarga de aquíferos com água de reúso, destacando aspectos como a abrangência do sistema, assim como melhorias e/ou readequações necessárias para possibilitar a prática do reúso para essa finalidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vazão da ETE do Baldo apresentou uma média de 1325 m³/h, o que indica um valor muito representativo, e desvio padrão de 286,76 m³/h. Os parâmetros qualitativos do efluente tratado da ETE do Baldo obtidos a partir de dados secundários fornecidos pela CAERN, está apresentada na Tabela 1. Os resultados das análises de amostras de Nitrato, também foram disponibilizados pela CAERN, apresentam-se na Tabela 2.

Tabela 1: Caracterização qualitativa do efluente tratado da ETE do Baldo nos anos de 2016 a 2017

Parâmetros	pH	Temp. °C	Coliformes Termotolerantes UFC/100mL
Nº de dados amostrais	20	19	20
Mínimo	6,38	28,00	4,90E+02
Máximo	8,12	31,00	1,60E+06
Média	7,19	29,89	2,40E+05
Mediana	7,15	30,00	9,20E+04
Desvio padrão	0,29	0,69	2,72E+05

Fonte: CAERN (2018)

Tabela 2: Análise de Nitrato (mg.L⁻¹) nos decantadores da ETE do Baldo em janeiro e fevereiro de 2018

Amostras de Nitrato (mg.L ⁻¹)	
Nº de dados amostrais	13
Mínimo	0,13
Máximo	4,47
Média	1,61
Mediana	1,26
Desvio padrão	1,04

Fonte: CAERN (2018)

De acordo com a EPA (2012), o efluente tratado para recarga de aquíferos exige um tratamento secundário com filtração e desinfecção, de forma a garantir uma água com qualidade que não apresente coliformes termotolerantes, contenha no mínimo 1mg.L^{-1} de cloro residual, pH entre 6,5 e 8,5 e turbidez máxima de 2 UNT. Para infiltração de água, a concentração de Nitrato deve ser inferior a 15mg.L^{-1} .

No que se refere ao cloro residual e à turbidez, não foram realizadas análises até o momento e, portanto, não é possível afirmar com precisão se esses parâmetros são atendidos, embora a ETE opere conforme a exigência da EPA. Para o pH, a média corresponde a 7,19 e o valor máximo obtido foi de 8,12. Isso indica que em 100% das amostras analisadas, o intervalo exigido pela EPA foi respeitado. Quanto às amostras de nitrato, verificou-se que em 100% delas os valores foram inferiores ao máximo regulamentado pela EPA e para a temperatura, o valor obtido foi próximo à temperatura ambiente, não indicando qualquer limitação nesse aspecto.

Quanto aos resultados obtidos para coliformes termotolerantes, observou-se que apesar da ETE apresentar desinfecção por raios ultravioletas, o efluente possui uma concentração elevada para esse parâmetro. Isso indica que deve ser realizado um tratamento adicional no processo de desinfecção e realizadas novas análises para averiguar as concentrações desse parâmetro. Entretanto, uma vez que o solo possui uma capacidade de remover organismos patogênicos, a filtração natural pela técnica TSA contribui consideravelmente para essa redução. Vale salientar, também, que o efluente da ETE é tratado a nível terciário, com requisitos de qualidade consideravelmente superior aos dos efluentes dos sumidouros, que atualmente representa uma parcela da recarga do aquífero no município de Natal.

A SEMARH já perfurou 296 poços apenas em Natal, totalizando uma vazão de $41.284.251\text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$. Os poços freáticos operados pela CAERN em Natal captam $65.296.675\text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$ e anualmente o aquífero recebe uma recarga de $42.296.985\text{ m}^3$ por infiltração de sumidouros (ANA, 2012). No entanto, com a implantação da rede coletora de esgotos que está sendo implantada em toda a cidade, a recarga indireta do aquífero, que, atualmente, ocorre por meio de infiltração de efluentes oriundos do sistema individualizado, será afetada, reduzindo significativamente e impactando diretamente o aquífero.

A vazão da ETE do Baldo corresponde a $11.448.000\text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$, o que possibilita recarregar, em média, 27% da recarga atual, contribuindo para o aumento da disponibilidade hídrica. Assim, o sistema de reutilização de efluentes tratados para recarga de aquíferos contribui consideravelmente para suprimento da demanda, levando-se em consideração a segurança sanitária e ambiental e a viabilidade técnica de implantação e monitoramento do sistema.

Para a recarga artificial de aquíferos, os principais aspectos a serem considerados estão relacionados à delimitação da área de recarga e à questão econômica. A recarga pode se dar por injeção de efluentes em poços ou por infiltração em lagoa, desde que as condições pré-urbanização sejam mantidas, sem implicar em alterações significativas.

O aquífero de Natal é livre e a água subterrânea possui um nível dinâmico alto, sendo ainda mais elevado no Cordão de Dunas, no qual se encontra a região compreendida por San Vale, Parque das Colinas, Lagoinha, Capim Macio, Morro do Careca e Cidade Nova. Todavia, essa é uma área de preservação permanente, e, portanto, o licenciamento ambiental para recarga do aquífero é dificultado. Outra opção é a injeção na borda do aquífero, como é realizado em Israel, para criar uma barreira hidráulica capaz de conter a cunha salina, aumentando, assim, a disponibilidade hídrica (GUIMARÃES JÚNIOR, 2018).

Quanto ao aspecto econômico, o custo energético de injeção é expressivamente superior ao de perfuração, pois são necessárias pressões elevadas para a realização do procedimento (GUIMARÃES JÚNIOR, 2018). Nesse raciocínio, o maior questionamento refere-se à determinação do comprador. Uma possibilidade seria atribuir à população e ao poder público o custo do investimento de implantação e operação do sistema, uma vez que eles serão os usuários indiretos dessa água.

CONCLUSÕES

Devido à ausência de legislação específica para a regulamentação do reúso de água no Brasil e pela divergência dos padrões de qualidade das legislações referentes ao tema, fez-se necessário adequar alguns parâmetros de controle de qualidade do efluente com o objetivo de aplicá-lo à recarga de aquíferos. Nesse sentido, sugere-se a criação de uma proposta de lei para o estado do Rio Grande do Norte, estabelecendo normas gerais sobre a reutilização de efluentes tratados de estações de tratamento de esgotos para fins não potáveis que inclua a recarga artificial de aquíferos.

Verificou-se, assim, que a vazão da ETE possibilita recarregar, em média, 27% da recarga atual, contribuindo para o aumento da disponibilidade hídrica, uma vez que os sumidouros serão desativados após a implantação da rede coletora de esgotos na cidade do Natal. Nesse sentido, o sistema de reúso da água residuária da ETE do Baldo para recarga de aquíferos, respeitando as adequações e melhorias necessárias quanto à qualidade do efluente tratado, apresenta-se como uma alternativa viável do ponto de vista ambiental, sanitário e técnico. As adequações se mostram necessárias, uma vez que deve ser priorizada a segurança sanitária da população.

Recomenda-se a realização de um estudo da hidrogeologia local, contemplando aspectos como o tipo do solo (características químicas, físicas, permeabilidade) e o nível da água subterrânea. Nesse sentido, é imperativa uma modelagem hidrogeológica quanto à influência da recarga do aquífero no nível do lençol freático da cidade do Natal. É imprescindível, também, a realização de uma avaliação econômica, considerando custos de implantação e operação com o objetivo de analisar o retorno do investimento e, consequentemente, a viabilidade econômico-financeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA (Agência Nacional de Águas). *Estudos hidrogeológicos para a orientação do manejo das águas subterrâneas da região metropolitana de Natal (RMN)*. Brasília: ANA, v. 2, 2012.
2. CAERN (Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte). *Dados de vazão e qualidade dos efluentes tratados na Estação de Tratamento de Efluentes Dom Nivaldo Monte (ETE do Baldo)*. Natal: CAERN, 2018.
3. EPA (Environmental Protection Agency). *Guidelines for water reuse*. EPA/600-R-12-618. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency, 2012, 643 p.
4. GUIMARÃES JÚNIOR, J. A. *Entrevista concedida a Ana Cláudia Araújo Fernandes*. Natal, 20 fev. 2018.
5. HESPANHOL, I. Gestão das Águas. Potencial de reúso de água no Brasil. In *5ª Conferência Latino americana sobre o Meio Ambiente - ECOLATINA*. Belo Horizonte, MG. 2002. Anais online.
6. HESPANHOL, I. A inexorabilidade do reúso potável direto. *Revista DAE*, v. 198, jan./abr. 2015, p. 63-82.
7. JASIM, S. Y.; SATHTHASIVAM, J.; LOGANATHAN, K.; OGUNBIYI, O. O.; SARP, S. Reuse of treated sewage effluent (TSE) in Qatar. *Journal of water process engineering*, v. 11, 2016, p. 174-182.
8. MARQUES, M. V. A. *Dinâmica e distribuição dos nutrientes do efluente do tratamento preliminar de esgoto doméstico no solo quando aplicado em sulcos na fertirrigação de capim-elefante*. 2017. 97 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.
9. MISSIMER, T. M.; MALIVA, R. G.; GHAFFOR N; LEIKNESS, T.; AMY, G. L. Managed aquifer recharge (MAR) economics for wastewater reuse in low population wadicommunities, kingdom of Saudi Arabia, *Water* 2014, v. 6, p. 2322–2338. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.3390/w6082322>>. Acesso em: 07 mar. 2018.
10. MOTA, M. B. R.; MANZANARES, M. D.; SILVA, R. A. L. Viabilidade de reutilização de água para vasos sanitários. *Rev. Ciências do Ambiente Online*, v.2, n.2, p.24-29, 2006.
11. PAES, R. P. De; SILVA, G. C. O. e; PRIANTE, J. C. Da R.; LIMA, E. B. N. R.; PRIANTE FILHO, N. Aplicação de tecnologias de conservação do uso da água através do reuso - Estudo de Caso Cuiaba, MT. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 15, n. 3, jul./set. 2010, p. 97-107.
12. PHILIPPI JR., A. Reúso de água: uma tendência que se firma. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F (Edit.). *Reúso de água*. 1. ed. São Paulo: Manole, 2003.

13. SEMARH (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos). *Dados de poços perfurados pela SEMARH em Natal e região*. Natal: SEMARH, 2018.
14. SHARMA, S. K.; KENNEDY, M. D. Soil aquifer treatment for wastewater treatment and reuse. *International Biodeterioration & Biodegradation*, v. 119, out. 2016, p. 671-677.
15. TAVARES, J. L.; ARAÚJO, A. L. C.; FONTES, R. F.C. Estudos iniciais para uso do índice TRIX para análise do nível de eutrofização no estuário do rio Potengi – Natal – RN – Brasil. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, México, v. 7, n. 3, dez. 2014, p. 297-308.
16. TINÔCO, J. D. *Caracterização do efluente da estação de tratamento de esgoto ponta negra, visando sua reutilização em irrigação de canteiros públicos na cidade de Natal – RN*. 2003. 110 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2003.
17. WHO. *Global report on urban health: equitable, healthier cities for sustainable development*, Geneva, 2016. Disponível em: <http://icuh2016.org/wp-content/uploads/2016/04/WHO-Habitat-Global-Rept-Urban-Health-Full-Report-LowRes1.pdf>. Acesso: 19 jul. 2017.