

**I-226 – CONFORMIDADE DE INDICADORES SENTINELAS NO PRINCIPAL  
RESERVATÓRIO DE DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA DE CAMPINA GRANDE/PB**

**Rennan Andrade Tavares<sup>(1)</sup>**

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

**Flávio Santos de Oliveira**

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

**Rafael de Sousa Camelo**

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

**Rui de Oliveira**

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade Estadual do Maranhão, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba e PhD em Engenharia Civil - Leeds University. Professor aposentado da Unidade Acadêmica de Engenharia Civil da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professor Doutor C do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

**Celeide Maria Belmont Sabino Meira**

Graduada em Engenharia Civil pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Graduada em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Mestrado em Engenharia Civil na área de Recursos Hídricos pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB) e Doutorado em Recursos Naturais na área de Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Professor Doutor D da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Prudente de Moraes, 283 – Estação Velha – Campina Grande – PB - CEP: 58410-040 - Brasil - Tel: (83) 3321-6083 - e-mail: [rennanatavares@gmail.com](mailto:rennanatavares@gmail.com)

## **RESUMO**

No Brasil, a operação de sistemas de abastecimento de água ainda atende a uma abordagem predominantemente empírica requerendo a introdução de conceitos e instrumentos científicos. A gestão da qualidade da água tratada requer a construção de modelos capazes de prever sua degradação em diferentes cenários caracterizados por fatores diversos, entre os quais capacidade, constituição e idade das tubulações, bem como a qualidade da operação e manutenção do sistema. Esta pesquisa baseia-se no levantamento de dados de indicadores sentinelas para a avaliação das alterações da qualidade da água num sistema de adução de água tratada de porte médio. O sistema de adução investigado faz parte do sistema de abastecimento de Campina Grande (PB), formado por três linhas adutoras de 20,12 km de extensão, implantadas em diferentes épocas, com respectivamente 500 mm, 700 mm e 800 mm, sendo a primeira em ferro fundido e a segunda e a terceira em aço, se constitui num verdadeiro laboratório para a pesquisa da degradação endógena da qualidade da água. Também serão estudados pontos de amostragem representativos da rede de distribuição, bem como do principal reservatório do sistema. Os resultados obtidos representarão uma significativa contribuição para a compreensão desse processo e posteriores estudos no âmbito da gestão da qualidade da água em sistemas de abastecimento urbanos de porte médio.

**PALAVRAS-CHAVE:** Principal reservatório, Indicadores sentinelas, Qualidade da água.

## **INTRODUÇÃO**

A disponibilidade de água tratada é uma das preocupações do sistema de abastecimento de água no mundo inteiro. O aspecto da qualidade da água tem em vista os riscos à população pela presença de poluentes e contaminantes advindos das atividades antropogênicas. O aumento da contaminação deve-se em sua maioria às excretas humanas e as de animais que introduzem microrganismos patogênicos na água, um veículo de transmissão de doenças.

Para controle de doenças de veiculação hídrica é necessário melhorias no saneamento ambiental, pois proporcionam oportunidade de higiene, conforto e bem-estar para todas as classes sociais.

Cabe ao sistema de abastecimento de água se responsabilizar em levar água com qualidade adequada ao consumidor e que atenda ao forte papel de exigência dos padrões de qualidade da água estabelecida pela Portaria 2.914/11, do Ministério da Saúde. Porém, para que isso ocorra é necessário que as empresas responsáveis pelo serviço realizem de maneira eficiente a captação, o tratamento, transporte, reservação e distribuição da água. Bem como a desinfecção, etapa mais relevante do processo.

O cloro é o agente desinfetante mais utilizado nas estações de tratamento de água por ser mais vantajoso e eficiente servindo como barreira em uma eventual contaminação por ruptura da tubulação, por exemplo. Mas, o cloro por tratar-se de uma substância não conservativa e de elevado potencial reativo é facilmente consumido na presença de matéria orgânica contidas na água e nos materiais das diversas tubulações da rede de distribuição. O problema agrava-se ainda mais com o distanciamento entre as unidades operacionais e os centros de consumo.

Alguns operadores do sistema, sem conhecimento sobre o comportamento do cloro na rede, aplicam altas dosagens de cloro nas estações de tratamento, visando manter o residual de cloro em toda a rede. Entretanto, pode ocasionar diversos problemas como a possibilidade de produzir gosto, odor e produtos carcinogênicos (trihalometanos) (AZEVEDO NETTO & RICHTER, 1998). A Portaria 2.914/11, portanto, estabelece as concentrações mínimas e máximas permitidas a serem seguidas pela empresas prestadoras do serviço de abastecimento de água, a fim de garantir qualidade e segurança.

Os indicadores são variáveis que permitem demonstrar alterações do estado de algo. Quando utilizados no monitoramento de sistemas de abastecimento permitem aprimorar o gerenciamento e a implementação de políticas de qualidade da água (LEAL, 2012).

A escolha do indicador depende do objetivo do levantamento e das características da área de estudo (HELLER & PÁDUA, 2006). Assim, ao avaliar a qualidade da água para consumo humano devem ser considerados os principais indicadores (microbiológicos, físicos, químicos e radioativos) contidos no padrão de potabilidade estabelecido na Portaria MS 2.914/11.

Dentre os principais indicadores utilizados em sistema de abastecimento estão os indicadores sentinelas (cloro residual livre e turbidez) e os indicadores auxiliares (pH, temperatura, cloro residual combinado, cor e bactérias heterotróficas). O uso destes indicadores auxilia o monitoramento e manutenção da qualidade da água nos sistemas de transporte e distribuição, vale ressaltar a grande importância que é a presença de um residual de cloro, onde este garante a proteção da água contra a presença de microrganismos prejudiciais à saúde humana.

O termo sentinela, utilizado para os indicadores sanitários, analogamente, pretende conferi a esses indicadores a condição de instrumentos de identificação precoce de situações de riscos em relação à água consumida pela população que podem resultar em doenças de transmissão hídrica, passíveis de prevenção e controle com medidas de saneamento básico (BRASIL, 2006).

De acordo com a Diretriz Nacional do Plano de Amostragem da Vigilância Ambiental em Saúde relacionada à qualidade da água para consumo humano, todos os municípios devem implantar os indicadores sentinelas (cloro residual livre e turbidez), independentemente de seu porte.

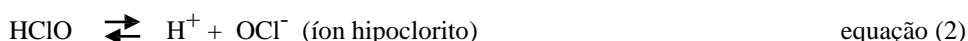
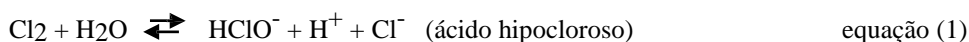
A desinfecção constitui uma etapa de natureza corretiva e preventiva do tratamento da água, cujo objetivo principal é a destruição ou inativação de organismos patogênicos e substâncias indesejáveis, realizada mediante ação de agentes físicos e/ou químicos.

A desinfecção no tratamento de água é considerada como barreira final, quando não a única, contra a entrada de microrganismos patogênicos no sistema de distribuição (PIEREZAN 2009).

A escolha do desinfetante para ser utilizado nas estações de tratamento de água (ETAs) deve estar baseada no atendimento de alguns requisitos como: capacidade de destruir grande número de organismos patogênicos em tempo razoável; não apresentar cor, odor e efeito tóxico para o ser humano e animais domésticos em concentrações usuais; concentração determinada por técnica simples, rápida e confiável; produzir residual na água que favoreça seu monitoramento e assegure a qualidade contra possíveis contaminações; possuir custo acessível e apresentar condições seguras de transporte, armazenagem e aplicação (HELLER & PÁDUA, 2006). Porém, na prática não há um agente desinfetante que atenda a todos os requisitos.

O cloro é bastante utilizado na pré e/ou pós-desinfecção para manter um residual na rede de distribuição devido às vantagens que ele proporciona tais como a facilidade de operação, baixo custo e eficiência no controle estético, na manutenção da qualidade bacteriológica e na desinfecção dos reservatórios e adutoras (PIEREZAN, 2009).

Na água, o cloro é rapidamente hidrolisado formando o ácido hipocloroso (HOCl) e íon hipoclorito (OCl<sup>-</sup>) de acordo com as seguintes equações:



A soma das frações de ácido hipocloroso e íon hipoclorito determinam o cloro residual livre (CRL) e constitui um importante indicador de controle da qualidade de água de abastecimento (SILVA & OLIVEIRA, 2001).

O consumo de cloro residual nos sistemas de abastecimento está relacionado à velocidade do escoamento, ao tempo de residência da água, ao diâmetro da tubulação, às reações no volume do escoamento e com o material da tubulação (CLARKE, 2005).

O cloro residual livre presente na tubulação reage com as substâncias presentes no volume do escoamento (SPD), como também reage com o material da tubulação (ROSSMAN, 2000). O ácido hipocloroso é um agente oxidante mais eficiente que o íon hipoclorito (LIBÂNIO, 2008).

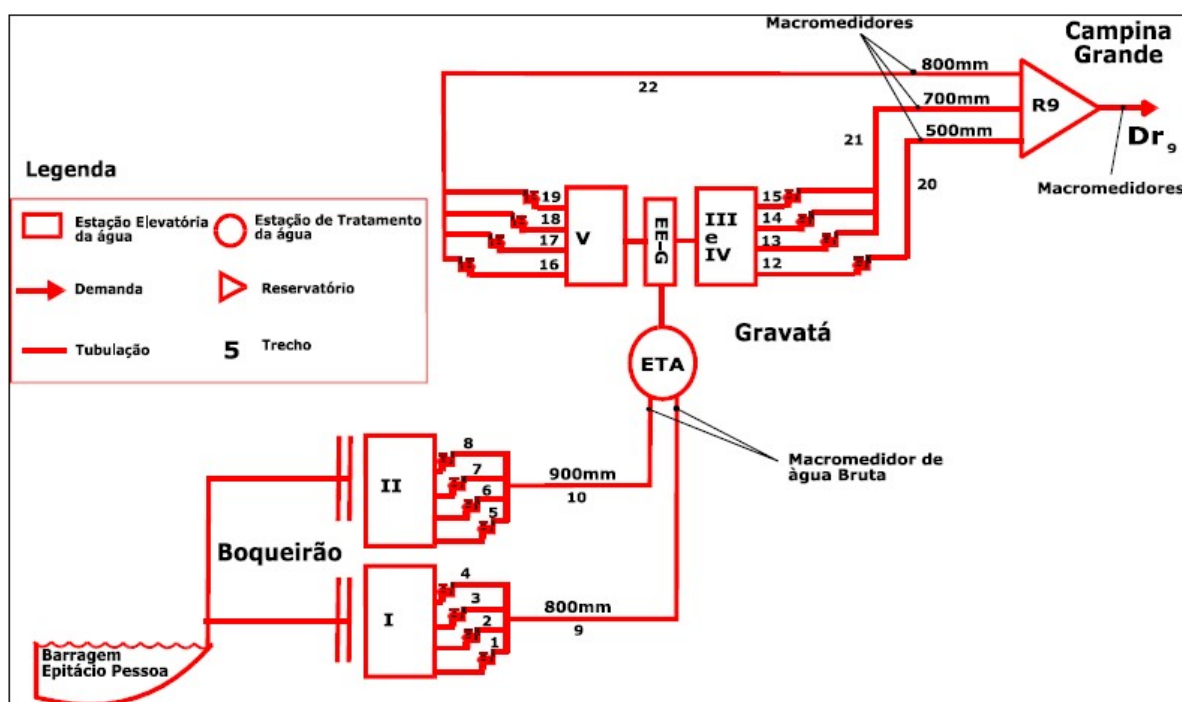
A Portaria Nº 2.914/2011 recomenda que, após a desinfecção, a água deve conter um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L, sendo obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L e um máximo de 2,0 mg/L em qualquer ponto da rede de distribuição, recomendando-se que a cloração seja realizada em pH inferior a 8,0 e tempo de contato mínimo de 30 minutos.

O outro indicador sentinela é a turbidez, esta corresponde à principal característica física da água, sendo a expressão da propriedade ótica que causa dispersão e absorção da luz, ao invés de sua transmissão em linha reta através da água (SILVA; OLIVEIRA, 2001).

A turbidez é um indicador sentinela estabelecido pela legislação brasileira. Quando esta está elevada na água tratada indica que alguma operação do processo de tratamento não está sendo eficiente. No entanto, este indicador não representa risco direto à saúde. A Portaria 2.914/2011 preconiza que o valor máximo permissível (VMP), para ETAs que possuam o tratamento completo e filtração rápida o VMP deve ser de 0,5 unidade de turbidez (uT) na saída da Estação de Tratamento de Água (ETA), e 5 uT no ponto mais desfavorável da rede de distribuição.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As atividades de coleta e análise de amostras foram realizadas no sistema de abastecimento de água de Campina Grande/PB, ilustrada esquematicamente, na Figura 01, Particularmente na adução, reservação e distribuição.



**Figura 01. Representação esquemática do sistema de abastecimento de água de Campina Grande - PB.**

A metodologia utilizada foi baseada na recomendada para o monitoramento da vigilância da qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2011).

- Cloro Residual Livre

A determinação da concentração de cloro residual livre seguiu o método DPD-SFA, nas versões titulométrica e fotométrica.

- Turbidez

Foi determinada pelo método nefelométrico com a utilização de turbidímetro portátil provido de fonte de luz de filamento de tungstênio, sendo a distância atravessada pela luz incidente não maior que 10 cm.

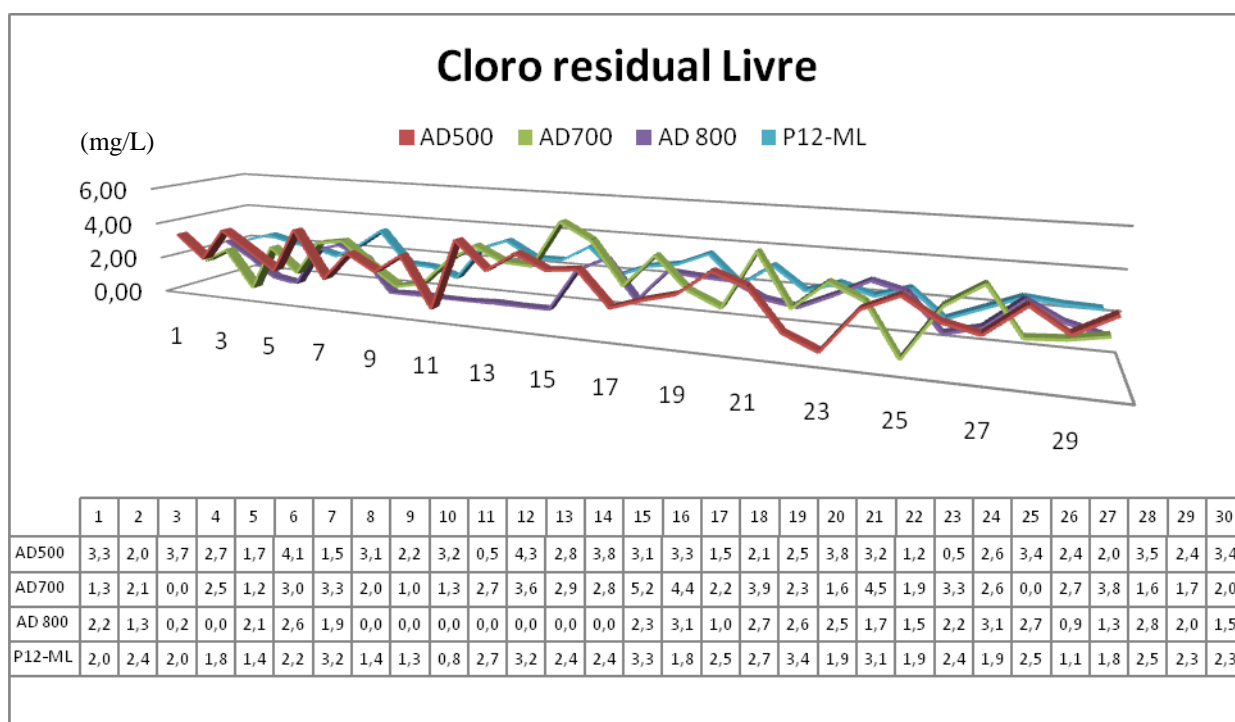
Os pontos de controle foram:

- AD500
- AD700
- AD800)
- P12-ML

Os pontos AD500, AD700 e AD800 são adutoras que chegam ao reservatório R9 de coordenadas (Latitude: 7°14'3.10"S e Longitude: 35°54'4.95"O), e o ponto P12-ML é o Grupo Escolar Melo Leitão de coordenadas (Latitude: 7°13'52.3"S e Longitude: 35°53'57"O), ponto de saída do reservatório R9.

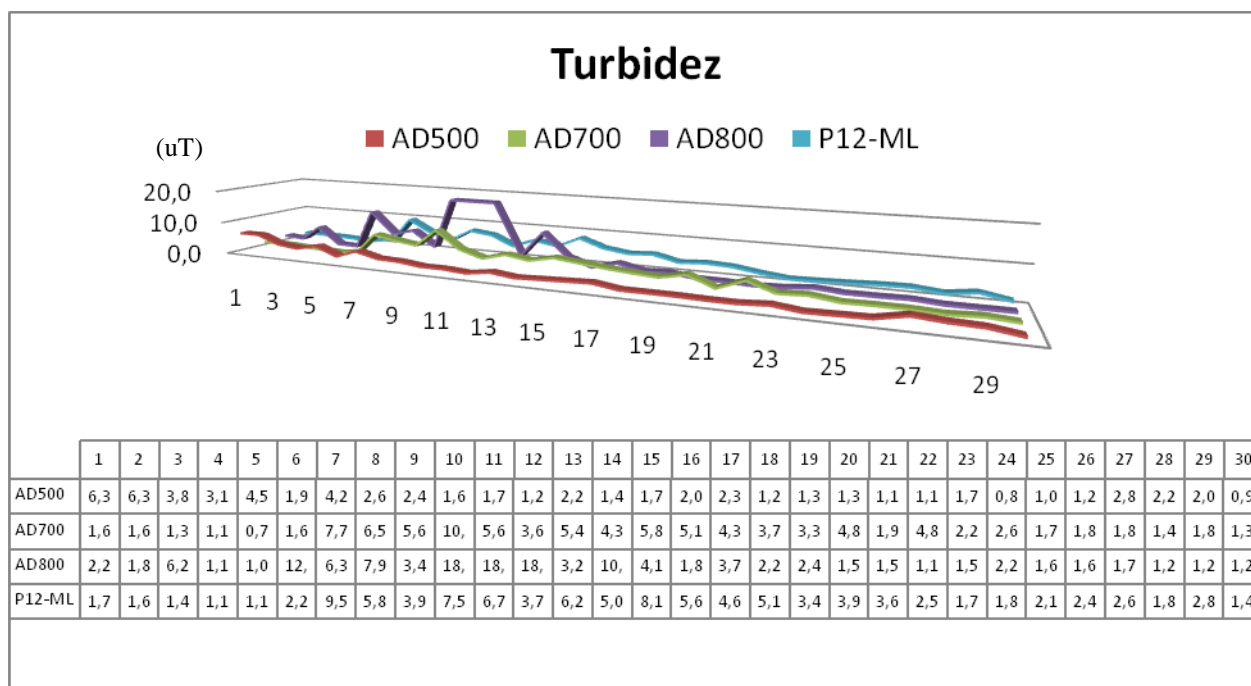
## RESULTADOS E DISCURSSÕES

Os resultados finais obtidos para os pontos de controle são ilustrados nas Figuras 02 e 03.



**Figura 02: Resultado final da variação do indicador cloro residual livre nos quatro pontos de monitoração.**

As concentrações de Cloro Residual Livre, representadas na Figura 02, na maioria dos pontos de monitoração atingiram resultados acima dos recomendados, e alguns poucos destes valores maiores que o valor máximo permitido (VMP) conforme estabelecidos pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Tal cenário pode estar ocorrendo possivelmente por se tratar de uma estratégia da companhia responsável pelo abastecimento público de água do município de Campina Grande-PB para garantir que a água que chegue ao ponto mais desfavorável da rede esteja com os padrões de potabilidade.



**Figura 03: Resultado do indicador turbidez nos quatro pontos de monitoramento.**



A Figura 03 ilustra o comportamento dos valores da turbidez. Estes em alguns casos se apresentaram acima do permitido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. O maior valor analisado foi de 18,57 uT, podendo isto ser atribuído principalmente à ausência da manutenção do sistema.

## CONCLUSÕES

Analisando o conjunto dos 30 (trinta) dados coletados, foi observado que as concentrações de Cloro Residual Livre, representadas na Figura 02, na maioria dos pontos de monitoração atingiram resultados acima dos recomendados, e alguns poucos destes valores maiores que o valor máximo permitido (VMP) conforme estabelecidos pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde. Tal cenário pode estar ocorrendo possivelmente por se tratar de uma estratégia da companhia responsável pelo abastecimento público de água do município de Campina Grande-PB para garantir que a água que chegue ao ponto mais desfavorável da rede esteja com os padrões de potabilidade.

Já os índices de turbidez na água ilustrados na Figura 03 apresentaram-se em alguns casos acima do permitido pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde, fato este provocado pela degradação da qualidade da água após o seu bombeamento na estação de tratamento passando pelos aproximadamente 20 Km de adutoras, o efeito da reservação da água e da descompressão que ocorre no reservatório, que pode provocar o aumento da turbidez da água.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AZEVEDO NETTO, J.M., FERNANDEZ Y FERNANDEZ, Y., ARAUJO, R., ITO, A.E. Manual de hidráulica. 8 ed. São Paulo: Edgar Blücher LTDA, 1998.
2. BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria 2914. Disponível na Internet: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html) Acesso em 25/07/2012.
3. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Diretriz nacional do plano de amostragem da vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano, Brasília : Ministério da Saúde, 2006a; 60 p
4. CLARKE, R., KING, J. Atlas da Água. O mapeamento completo do recurso mais precioso do planeta. Publifolha. 2005
5. HELLER, L.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2006. 859p.
6. LEAL, E. DOS S. Modelagem da degradação de cloro residual livre em sistemas de adução de água de abastecimento de porte médio. 2012. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande. 2012.
7. LIBÂNIO, M. Fundamentos de Qualidade e Tratamento de Água. 2 ed. Campinas: Editora Átomo, 2008.
8. PIEREZAN, M.L. Monitoramento contínuo do residual do Cloro em sistema de distribuição de água para abastecimento. UFMS. 150p. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.
9. SILVA; S. A.; OLIVEIRA, R, Manual de análise físico-químicas de águas de abastecimento e residuárias. Campina Grande: O Autor, 2001. 266p.
10. ROSSMAN, L.A. (2000), EPANET 2 users manual. U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio. Set. 2000. Disponível em: <<http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/dw/epanet/EN2manual.PDF>> Acesso em 10 de junho de 2011.