

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

SIMULAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITARIO DE PONTA NEGRA- NATAL: MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS E ESTRATÉGIA DE MANUTENÇÃO PREDITIVA

Fabiana Pereira de Lima Melo¹; Lúcio Flávio Ferreira Moreira² & Antônio Marozzi Righetto³

RESUMO - O bairro de Ponta Negra, Natal/RN, tem apresentado nas últimas décadas um aumento populacional, fixo e sazonal, maior do que a expectativa inicial de crescimento. O sistema de esgotamento sanitário, formado por seis estações elevatórias, tendo em vista o aumento da demanda, tem sido objeto de frequentes problemas operacionais. O objetivo deste trabalho consiste em analisar a operação do sistema mediante simulação em ambiente computacional. O objetivo é analisar o seu funcionamento nas condições atuais bem como em cenário futuro num intervalo de oito anos, com base na estimativa de adensamento da ocupação e consequente aumento da vazão de esgotos. Os resultados obtidos permitiram prever a operação do sistema no cenário futuro, antecipando os problemas operacionais associados ao comprometimento da capacidade instalada dos grupos motor-bomba. Além disso, verificou-se a necessidade de implantação de uma política de manutenção preditiva como resposta aos problemas analisados. Os problemas operacionais do sistema tem provocado prejuízos financeiros a Concessionária bem como danos ambientais e turísticos associados ao mal funcionamento do sistema.

ABSTRACT– The neighborhood of Ponta Negra, Natal/RN, has presented in recent decades a population increase, both fixed and seasonal, which has been much larger than the planned growth estimation. The sewage system, composed of six pumping stations, has presented operational problems with a high frequency, probably due to the demand increase. This work is aimed at analyzing system operation by computational simulation. The aim is analyzing its functioning both in ongoing and future scenarios at a eight-year interval, based on population density estimation and the resulting sewage flow demand. Obtained results allowed to analyze system operation in future scenarios, previewing functioning situations directly related with the installed pumping capacity. Furthermore, it was shown the need of implementing a predictive maintenance policy in order to face the mentioned problems. System operational problems have caused financial losses to the Company as well as environmental and touristic damage as a result of sewage system malfunction.

Palavras-Chave – Esgotamento sanitário; simulação; manutenção preditiva.

¹ Mestranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Sanitária UFRN, E-mail: faby.pl@gmail.com

² Professor Associado do PPgES/UFRN, E-mail: lucio@ct.ufrn.br

³ Professor Titular do PPgES/UFRN, E-mail: righetto@ct.ufrn.br

INTRODUÇÃO

Situado na zona costeira de Natal, o bairro de Ponta Negra, historicamente habitado por pescadores e rendeiras, tem experimentado grandes mudanças nas últimas décadas. A sua vocação turística e consequente valorização imobiliária está associada a construção de hotéis, pousadas e restaurantes para uma clientela diversificada.

Esse cenário de uso e ocupação do solo tem produzido sérios problemas relacionados com o aumento da densidade demográfica e as demandas na infraestrutura de esgotamento sanitário. Isso tem se refletido no Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) de Ponta Negra nos últimos anos, com o surgimento de problemas na operação e manutenção do sistema.

A Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) tem enfrentado o desafio de gerenciar o sistema de esgotamento sanitário na região de forma eficiente. O sistema na sua condição atual está sujeito a uma série de limitações operacionais decorrentes da precariedade da manutenção. Essas limitações ensejam a ocorrência de problemas, tais como: (a) extravasamento de efluentes na via pública; (b) entrada de água pluvial na rede coletora. Os problemas na operação e funcionamento do sistema têm comprometido a credibilidade da empresa junto à sociedade. No cenário atual observa-se que a operação do sistema tem comprometido a eficiência, podendo causar prejuízos consideráveis para a Companhia. A estratégia de manutenção corretiva atualmente utilizada, normalmente exige um investimento imediato para a reparação dos danos nas tubulações ou sistema de elevatórias, como tentativa de minimizar os transtornos à população.

Este trabalho pretende analisar o funcionamento do sistema de esgotamento sanitário de Ponta Negra-Natal a partir da simulação numérica do seu funcionamento em cenários futuros de ocupação. O objetivo é aperfeiçoar a operação do sistema utilizando uma estratégia de manutenção preditiva. Espera-se que o uso dessa ferramenta resulte no aperfeiçoamento da operação do sistema, além de reduzir os riscos ambientais atualmente existentes.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O crescimento populacional nas zonas litorâneas vem aumentando consideravelmente nas últimas décadas, e esse crescimento tem causado alguns transtornos relacionados à demanda de serviços públicos, como abastecimento de água, coleta de esgotos, coleta de resíduos sólidos, bem como pavimentação e iluminação pública.

De acordo com Vasconcelos (1999), o crescimento das regiões metropolitanas no Brasil tem ocorrido nas zonas costeiras, o que tem causado impactos importantes ao patrimônio ambiental devido a forte perturbação de origem antrópica. Nessas regiões, campos de dunas são ocupados, vegetação nativa é suprimida, áreas de proteção ambiental são ocupadas.

Assim como em várias cidades costeiras, o crescimento populacional litorâneo em Natal também tem causado aumento das demandas dos serviços de saneamento, notadamente nos bairros da zona sul. Nesse sentido, o bairro de Ponta Negra que vem se destacando nos últimos anos quanto ao seu crescimento populacional.

O Serviço de Esgotamento Sanitário (SES) de Ponta Negra, objeto deste estudo, tem apresentado alguns problemas pontuais como resultado do aumento da demanda. De fato, a infraestrutura disponível não tem acompanhado esse aumento. As falhas de operação no SES tem ensejado denúncias junto ao Ministério Público e órgãos ambientais como forma de evitar os transtornos causados a sociedade. As causas mais comuns desses problemas estão associadas ao aumento da vazão de projeto, seja por crescimento populacional ou por ligações ilegais da rede pluvial a rede coletora de esgotos. Como resultado disso, observa-se a necessidade de planejamento operacional como forma de prever situações futuras de falhas do sistema.

Essa preocupação com a qualidade dos serviços prestados, bem como, com as dificuldades atuais e futuras de operação e manutenção dos sistemas de esgotamento, é rotineira em diversas empresas de saneamento ao redor do Mundo. A perspectiva dessas empresas é encontrar soluções sustentáveis que evitem problemas operacionais. O estudo realizado por FENNER (2001) apresenta abordagens para a manutenção de sistemas de esgotamento sanitários, de acordo com ele, o aumento dos clientes e da pressão política, juntamente com mais rigorosas normas ambientais, contribuem para a exigência de que a manutenção destes sistemas seja gerenciado de forma mais sustentável e abrangente. Esse estudo, apresenta os principais passivos de um SES, incluindo o cuidado com a manutenção do sistema já existente, uma vez que esses se desgastam a cada ano; Fenner salienta que inevitavelmente, as tubulações no solo continuam envelhecendo, com isso, a preocupação continua crescendo sobre o seu desempenho contínuo e os riscos de fracasso futuro.

Desenvolver metodologias de gerenciamento dos sistemas de esgotamento sanitários, tem sido prioridade para as Companhias de Saneamento, por esse motivo, Agudello (2007) desenvolveu um quadro com os principais critérios a serem analisado no gerenciamento de um SES, a fim de criar diretrizes para tal gerenciamento. Segundo ele, os principais objetivos de um SES são: (a) melhoria da saúde e higiene, (b) economia de recursos humanos, (c) preservação dos recursos naturais, (d) economia de recursos financeiros; (e) alto grau de comprometimento funcional e flexibilidade, já que o mesmo deve se adaptar às condições locais, (f) fácil compreensão e (g) incentivo do uso consciente por parte dos usuários (Agudello, 2007).

Além, dos estudos voltados para o gerenciamento de SES, empresas Reguladoras de Saneamento da Europa, conhecidas também como Office of Water Service (OFWAT), tem desenvolvido indicadores de desempenho nos serviços de saneamento, que tem como categorias: (a) as obras de tratamento sem consentimento da população, (b) balneabilidade não conformes; (c) emissários submarinos insatisfatório; (d) incidentes de poluição (categorias 1 e 2) e (e) processos bem sucedidos.

O OFWAT, descreve em seus relatórios situações parecidas com as ocorridas no Bairro de Ponta Negra em dias chuvosos, que é o retorno de efluentes para as residências devido ao aumento de vazão acima da capacidade de bombeamento dos sistemas elevatórios. Esse tipo de problema é quantificado por esse órgão e serve de padrão para determinar a eficiência do SES. No relatório divulgado em 2000, sobre o Diretório Geral (DG) 5, referente a esgotamento sanitário, aponta como diretriz de desempenho a quantidade de imóveis com risco de inundação dos esgotos (uma ou duas vezes em 10 anos) seja devido a sobrecarga de esgoto, pelo aumento populacional, ou outras causas. As informações contidas nesses relatórios apenas comprovam o controle e monitoramento eficazes desses sistemas.

Além das questões de monitoramento e gerenciamento, a experiência das equipes que coordenam os serviços operacionais de um sistema sanitário, é de extrema importância para mitigação de problemas determinantes para o pleno funcionamento dos equipamentos. Pesquisas realizadas em estações elevatórias de esgotos comprovam que desde a execução do projeto até a operação do sistema pequenas falhas podem comprometer toda a estrutura do sistema elevatório.

O Núcleo Sudeste de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental (NUCASE), desenvolveu um Guia de Treinamento para Manutenção e Operação de EEE, o qual orienta que uma boa instalação é fundamental para proporcionar o pleno funcionamento do sistema, quando a mesma não é executado corretamente, as consequências são: transtornos na operação, desgastes prematuros e danos irreparáveis (NUCASE).

O projeto de uma elevatória também deve ser bastante criterioso na execução do poço de sucção, pois de acordo com TSUTIYA (2004), até mesmo as dimensões e formato desse poço, podem formar vórtices que podem trazer consequências prejudiciais às bombas, aumentando o desgaste do equipamento.

Outro estudo, realizado nas EEE de Toribaté, detectou que o problema mais sério que tem ocorrido nas elevatórias é que frequentemente as bombas tem sido danificadas por causa do travamento ou desgaste dos rotores causados, respectivamente, por resíduos sólidos ou areia provenientes das redes coletoras (SILVA, 2004). Para evitar o desgaste pela poder abrasivo da areia Carneiro (2006), recomenda a aplicação dos revestimentos anticorrosivo e antifricção, aumentando

assim, o rendimento do sistema e, consequentemente reduzindo o consumo de energia elétrica e aumentando a vida útil da bomba.

Objetivando a melhoria na qualidade dos serviços prestados pela CAERN, e considerando a urgência na iniciativa de um monitoramento intenso nas áreas de estudo, pretende-se simular o comportamento hidráulico do funcionamento do SES de Ponta Negra.

Tal simulação numérica permite analisar o comportamento do sistema frente ao aumento das vazões ao longo do tempo, permitindo analisar sua performance num cenário futuro. Os resultados obtidos vão permitir ações de planejamento e de manutenção preventiva. Além disso, o modelo utilizado possibilita simular diferentes cenários de ocupação. A modelagem do sistema vai permitir responder algumas perguntas, tais como: quando e onde serão necessárias intervenções preventivas no SES? quais serão as vazões em cenários futuros? que pontos críticos do SES necessitam intervenção imediata? Este estudo apresenta os resultados obtidos com a simulação do sistema num cenário que compreende oito anos (2012-2020) em função do adensamento populacional na área de estudo.

O tempo de bombeamento é um parâmetro importante a ser observado no monitoramento de uma EEE; Borges (2003) analisou a operação de sistemas elevatórios levando em conta o tempo de funcionamento das bombas, onde ele observou que os sistemas elevatórios estavam subdimensionados, uma vez que o tempo de parada das bombas no período de máxima demanda era menor que 10 minutos, valor convencionado para intervalo de paradas das bombas. Para ele, esse tipo de problema estava associado ao crescimento populacional acima das expectativas de projeto.

Este trabalho apresenta os resultados obtidos com a simulação operacional do sistema nos cenários atual e futuro. O objetivo é identificar os problemas e apresentar soluções que possibilitam melhorar o seu funcionamento.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

O SES de Ponta Negra utiliza seis estações elevatórias de esgotos (EE): Ponta Negra 1, 2, 3 e 4, Via Costeira e Praia Shopping, conforme esquema apresentado na Figura 1. A EE Ponta Negra 3 recebe as contribuições de todo o sistema e dispõe de um sistema elevatório que transfere os efluentes para a Estação de Tratamento de Esgotos de Ponta Negra (lagoas de estabilização e maturação). A EE Via Costeira serve ao parque hoteleiro.



Figura 1 – Esquema do SES do bairro de Ponta Negra e localização das estações elevatórias.

Sistema Elevatório Ponta Negra 1

A área de cobertura da EE Ponta Negra 1 abrange a zona costeira de Ponta Negra. Os principais problemas na operação da EE Ponta Negra 1 decorrem de falhas na manutenção preventiva do sistema, com troca de peças em caráter emergencial. Além disso, observa-se um aumento expressivo da vazão de efluentes nos dias chuvosos, o que demonstra a ocorrência de conexão ilegal da rede pluvial ao SES. O extravasamento dos efluentes em direção à praia gera impactos importantes, afetando a balneabilidade da praia numa zona turística.

Sistema Elevatório Ponta Negra 2

A EEE II, localiza-se na vila de Ponta Negra. Essa elevatória localiza-se na lateral da lagoa de captação de água pluviais da Vila de Ponta Negra. Os problemas de extravasamento de esgotos no local ocorrem geralmente pela quebra de equipamentos e também ligações clandestinas de água de chuva na rede de esgoto. Esses extravasamentos ocorrem geralmente para a lagoa de águas pluviais, o que também configura crime ambiental, devido à disposição inadequação de efluentes no solo. Nesses casos a CAERN é autuada por esse tipo de crime e tem como punição realizar serviços de raspagem e disposição adequada do solo contaminado no fundo da lagoa.

Sistema Elevatório Ponta Negra 4

A área de cobertura do Sistema Elevatório Ponta Negra 4 abrange parte da zona costeira. As características do local relacionadas com a topografia condicionaram o projeto do sistema

elevatório. Localizadas numa cota abaixo do nível da rua, o sistema apresenta dificuldade na sua operação devido ao ambiente com limitada ventilação natural (Figura 2 e 3).



Figura 2 – Acesso ao edifício da EE4



Figura 3 – poço de sucção EE4

Sistema Elevatório Via Costeira 4

A EEE Via Costeira foi projetada para receber os efluentes dos hotéis da Via Costeira, localiza-se nas imediações do Hotel Ocean Palace, região de adensamento populacional baixo, com hotéis de alto padrão.

Essas elevatória também apresentam problemas de manutenção relacionados à quebra de rotor, falta de energia, e outros. A questão da falta de energia é um grave problema naquela localidade, uma vez que, são bastante frequentes. Embora essas elevatórias sejam providas de geradores, algumas vezes eles não funcionam como deveriam, ocasionado extravasamentos de esgotos para a praia.

Sistema Elevatório Praia Shopping

A EE Praia Shopping foi projetada para receber os efluentes gerados pelo Praia Shopping e um condomínio residencial. Entretanto, nos últimos anos tem servido adicionalmente a alguns restaurantes situados nas imediações, o que tem acarretado sérios problemas. Vale citar que, nessa elevatória os efluentes apresentam alto teor de gordura, dificultando a operação da elevatória em razão de problemas de funcionamento das boias de nível automáticas, que são obstruídas pela gordura. Como resultado disso, falham no acionamento automático do conjunto motor-bomba, gerando transbordamento de esgotos para a via pública.

Sistema Elevatório Ponta Negra 3

A EE 3 foi projetada para receber os efluentes de todo o SES e transferir para a Estação de Tratamento de Esgotos de Ponta Negra.

Variáveis físicas e operacionais do SES

Os sistemas elevatórios de esgotos dispõem de um dispositivo de retenção de sólidos formado por uma grade e caixa de areia, um reservatório (poço de sucção) e conjunto motor-bomba centrífuga acoplada as tubulações de sucção e de recalque. O projeto de uma EE deve prever o uso de dispositivos de retenção de resíduos sólidos, além de um reservatório destinado ao armazenamento temporário do efluente.

O SES opera com dispositivos de acionamento automático, que servem para acionar e desligar o conjunto motor-bomba em função de níveis d'água pré-estabelecidos no poço de sucção. Assim, a operação do sistema aciona o conjunto motor-bomba quando o nível d'água no poço alcança um valor máximo, ao mesmo tempo em que desliga a bomba quando o nível d'água atinge um valor mínimo. O ciclo contínuo de esvaziamento-enchimento do poço ocorre na condição de que a vazão efluente da rede seja menor que a vazão bombeada.

A operação da EE Ponta Negra 4, entretanto, é diferente das demais EE do sistema. O conjunto motor-bomba instalado na EE4 funciona 24 horas e dispõe de um dispositivo que regula a rotação do motor em função do nível d'água no poço. Ou seja, a vazão bombeada se ajusta automaticamente ao valor da vazão efluente. Nessa condição, o nível do poço permanece aproximadamente constante.

O monitoramento das vazões de operação do SES de Ponta Negra exigiu o levantamento em campo da estrutura física disponível em cada EE: a) volume útil de poço de sucção; b) altura geométrica; c) altura de sucção; d) variáveis físicas das tubulações; e) dados dos conjuntos motor-bomba.

Por inexistência de relatórios de projeto, houve a necessidade de levantamento da profundidade útil (distância vertical entre os níveis d'água máximo e mínimo no poço de sucção) realizada com a participação de funcionários da Empresa Concessionária, uma vez que esse tipo de levantamento normalmente exige o esvaziamento do poço.

A determinação da vazão bombeada em cada EE obedeceu as seguintes etapas:

a) determinação da vazão efluente da rede pela aplicação do balanço hídrico do poço de sucção durante o período de enchimento. O levantamento foi feito durante o horário considerado de máxima demanda do SES, conforme a expressão,

$$Q_{rede} = \frac{A_{poço} \cdot (NA_{máx} - NA_{mín})}{T_{enchimento}} \quad (1)$$

onde $A_{poço}$ é a área em planta do poço de sucção (m^2), $NA_{máx}$ e $NA_{mín}$ são as cotas dos níveis máximo e mínimo respectivamente (m), $T_{enchimento}$ é o tempo necessário para o enchimento do reservatório (s), que corresponde ao tempo entre a parada e o acionamento da bomba.

b) determinação da vazão de bombeamento da EE. Uma vez determinado Q_{rede} (m^3/s), o cálculo da vazão de bombeamento, Q_{bomb} (m^3/s), foi realizado com a aplicação do balanço hídrico do poço de sucção durante o período de esvaziamento, conforme a expressão,

$$Q_{bomb} = \frac{A_{poço} \cdot (NA_{máx} - NA_{mín})}{T_{bomb}} - Q_{rede} \quad (2)$$

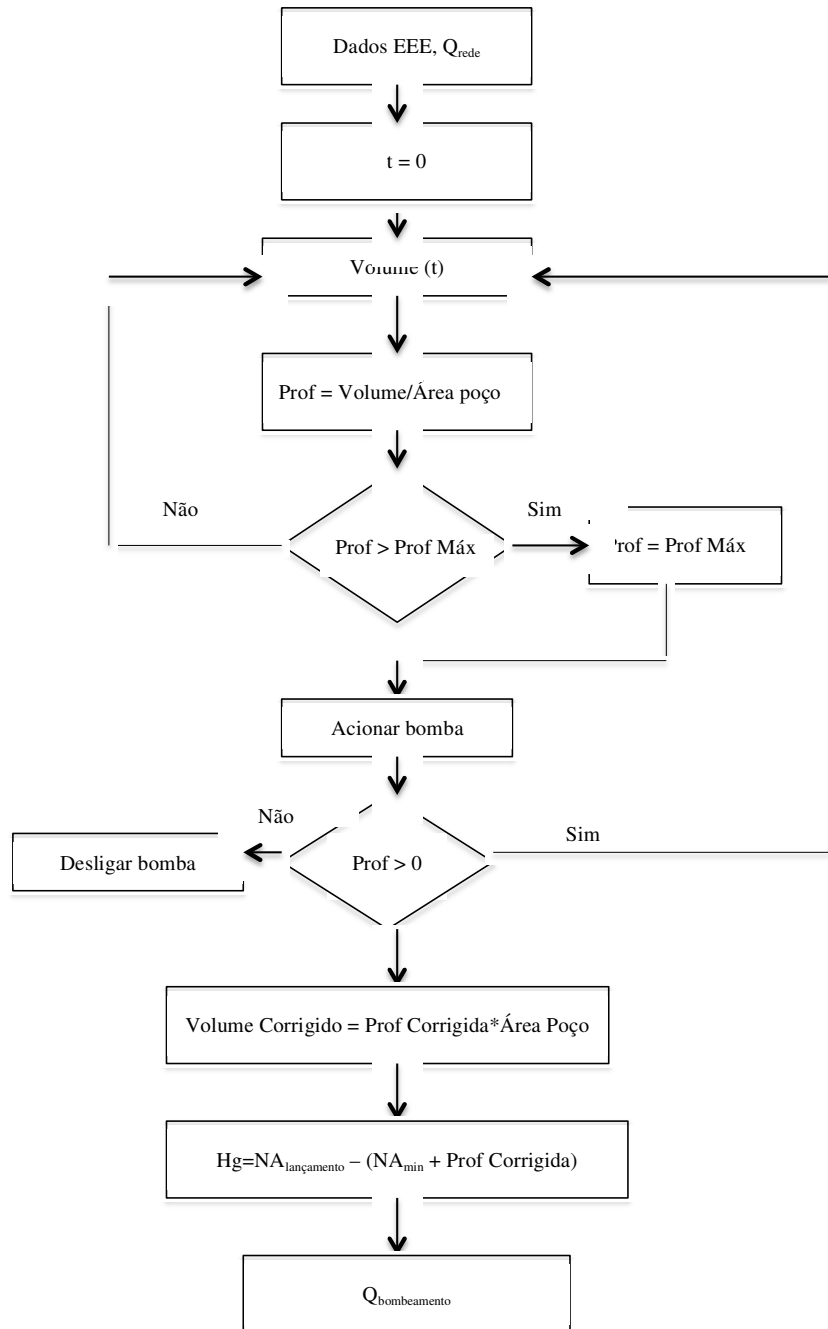
onde T_{bomb} é o tempo de bombeamento necessário para a secagem do poço (s).

Simulação das Condições Operacionais do Sistema

A determinação das variáveis operacionais de cada EE (Q_{rede} , Q_{bomb} , $T_{enchimento}$, T_{bomb}) representam as condições de funcionamento do SES para o cenário atual de uso e ocupação do solo nas bacias contribuintes de esgotos.

Uma vez caracterizada a operação do SES, foi desenvolvido um algoritmo em planilha eletrônica MS Excel capaz de simular o comportamento hidráulico de cada sistema elevatório trabalhando de forma integrada, conforme apresentado no fluxograma da Figura 4. No desenvolvimento do algoritmo, adotou-se a hipótese de que os problemas operacionais do SES estão diretamente associados aos problemas de funcionamento das EE. O objetivo da simulação é analisar o comportamento do SES em função do aumento da demanda, refletida no valor da vazão efluente da rede (Q_{rede}) ao longo do tempo.

Figura 4 – Metodologia aplicada na simulação



A simulação do funcionamento de cada EE individual foi feito considerando as seguintes condições: a) tempo total de simulação igual a 6 h; b) incremento de tempo Δt igual a 30 s; c) condição inicial ($t=0$) considerou poço vazio; d) vazão efluente da rede considerada constante no tempo; e) durante o intervalo de esvaziamento do poço, o aumento da altura geométrica do sistema de recalque (H_g) produz como resultado uma redução da vazão bombeada.

Estimativa do aumento da vazão da rede (Q_{rede})

O aumento da vazão da rede foi estimado com base nos dados de crescimento demográfico do bairro publicados no Anuário da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo de Natal (2010). Assim, foram usados os dados de densidade demográfica entre 1991 e 2009 com o objetivo de estimar o aumento da densidade na área de estudo entre os anos 2013 e 2020. Paralelamente a isso, foram utilizadas imagens do Google Earth com o objetivo de determinar a área de cobertura relativa a cada estação elevatória. Assim, uma vez estimado o aumento da densidade populacional nas respectivas áreas de cobertura para cenário futuro, a projeção da vazão efluente da rede foi obtida de acordo com a seguinte expressão,

$$Q_{rede} = CP \left(\frac{L}{hab.dia} \right) \cdot Pop(hab) \quad (3)$$

onde CP é o consumo per-capita em cada área de cobertura.

Com informações de área de cobertura em hectares e com a densidade demográfica do bairro, ser possível determinar a população residente em cada área em 2009 (Equação 4),

$$Pop = A \times D \quad (4)$$

Por fim, com essas informações foi possível projetar a população futura, que irá contribuir com cada uma das elevatórias em estudo, com a utilização da fórmula 6, para progressão aritmética, a qual de acordo com Von Sperling, é calculada à uma taxa constante e é a mais indicada para estimativas de menor prazo, que é o nosso caso. Salienta-se que a EEE praia shopping e Via Costeira IV utilizou-se a vazão máxima de projeto e para Ponta Negra III o somatório das vazões das demais elevatórias mais o crescimento populacional da sua área de influência.

$$POP_t = POP_{t'} + k(t - t') \quad (5)$$

Para determinação das vazões que contribuirão para cada elevatória com base no crescimento populacional foi determinada a vazão per-capita para cada área de influencia de cada elevatória, uma vez que o bairro de Ponta Negra apresenta peculiaridades em cada área de influencia das elevatórias. A per-capita foi determinado pela fórmula a seguir:

$$q(m^3 / hab.d) = \frac{Q_{ent.}(m^3 / d)}{pop. atual (hab)} \quad (7)$$

Finalmente, com os valores das vazões de cada EEE para os anos futuros, foi possível observar o período em que o sistema entrará em colapso.

RESULTADOS

Condição de funcionamento das elevatórias

Após a aplicação das fórmulas descritas na etapa de materiais e métodos para descrição e determinação do sistema atual, apresentamos na tabela 1, algumas variáveis importantes para determinação das condições de funcionamento do sistema.

Tabela 1 – Dados operacionais das Estações Elevatórias na situação atual (ano 2012).

ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	EE 1	EE 2	EE 4	VIA COSTEIRA	PRAIA SHOPPING	EE 3
Área de Cobertura (Ha)	48	90	50,5	Não definida	15	100
População atendida	1731	3233	1815	7760	Não definida	3592
Densidade (Hab/Ha)	36,06	35,92	35,94	Não definida	Não definida	35,92
Altura útil (m)	1,4	1,6	1,62	1,4	0,50	3,45
Volume do poço (m ³)	6,87	7,58	7,31	6,87	1,125	114,7
Tempo de bombeamento (min)	4	8	Não de aplica	23	63	Não de aplica
Tempo de enchimento (min)	7	4	Não de aplica	15	21	Não de aplica
Q _{rede} (m ³ /h)	58,92	125	104,1	27,5	3,21	608
Q _{bombeada} (m ³ /h)	162	184	125,7	45,4	4,29	626

Observa-se pela Tabela 1 que a vazão da rede em Ponta Negra 2, ligeiramente mais alta que a de Ponta Negra 4, reflete as diferenças entre a população atendida e a vazão per-capita de esgotos, que reflete o poder aquisitivo da população.

Na Tabela 1 estão apresentados dados do sistema de esgotamento sanitário para as diferentes regiões das estações elevatórias. Essa informação é importante para a análise dos riscos ambientais provenientes do extravasamento de esgotos nestes locais. Por exemplo, as elevatórias Ponta Negra 1 e 4 e Via Costeira, localizadas nas áreas próximas à orla, o principal risco ambiental está associado ao prejuízo da balneabilidade devido ao risco de extravasamento de esgotos. As elevatórias Ponta Negra 2 e 3, estão localizadas em áreas próximas das lagoas de captação de águas pluviais.

A Tabela 1 apresenta os dados de cada elevatória utilizados como base para a determinação das vazões, como o tempo de bombeamento de cada elevatória. A EEE Praia Shopping é a que

apresenta maior tempo de funcionamento (63 minutos). O menor tempo é 4 minutos na EEE Ponta Negra 1.

As elevatórias Ponta Negra 3 e 4, não tiveram as vazões determinadas com a mesma metodologia, pois a EEE 4, não dispõe de acionamento por boia. Utiliza um medidor de nível variável que mantém a vazão bombeada igual a vazão de chegada. Já Ponta Negra 3, dispõe de um controlador automático de bombeamento.

Vale ressaltar que para a Elevatória 3, a vazão de entrada está muito próxima da bombeada. Nesse caso, as bombas funcionam praticamente 24 horas ininterruptas.

Após a avaliação do sistema atual, houve a necessidade de prever o funcionamento do sistema para cenários futuros. O funcionamento das elevatórias foi simulado com base no crescimento populacional, resultando no gráfico da Figura 5, onde são apresentadas as vazões de esgotos previstas para os anos entre 2013 e 2020, para cada elevatória do sistema.

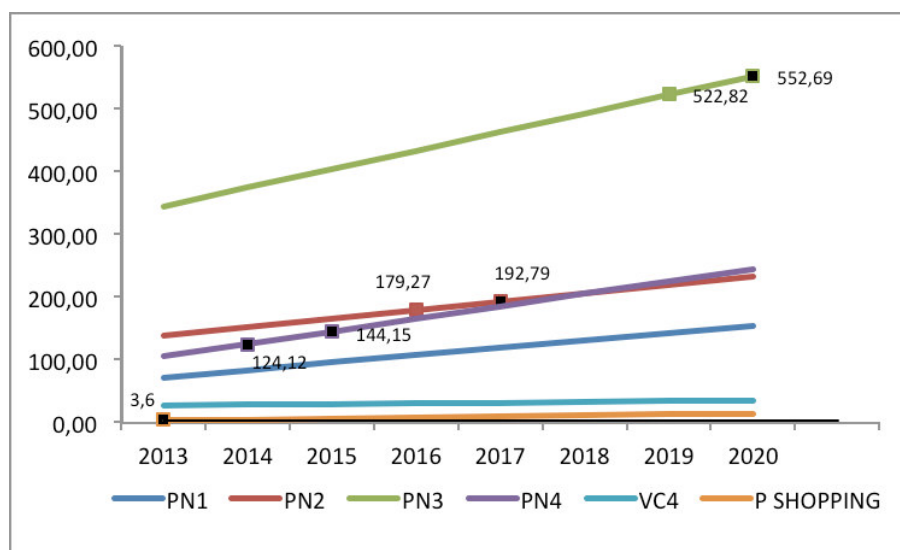


Figura 5 – Comportamento das vazões produzidas pelo sistema

É possível observar um aumento da vazão ao longo dos anos para cada elevatória. Os pontos sobre as linhas de crescimento de vazão de esgotos das elevatórias Praia Shopping, Ponta Negra 2, 3 e 4 sinalizam os instantes para os quais a capacidade instalada da elevatória entrará em colapso. Logo, a vazão máxima de bombeamento de Ponta Negra 4 ($125,7 \text{ m}^3/\text{h}$) está situada entre $124,12$ e $144,15 \text{ m}^3/\text{h}$, que representam as dos vazões dos anos 2014 e 2015 respectivamente.

Além disso, para a vazão máxima de Ponta Negra 2 ($184 \text{ m}^3/\text{h}$), o sistema entrará em colapso entre 2016 e 2017. A EEE Ponta Negra 3, por sua vez, apresenta uma vazão máxima de

bombeamento igual a vazão de chegada entre os anos de 2019 e 2020. A elevatória Praia Shopping pode ser considerada em situação crítica. Atualmente está funcionando com a bomba ligada por longos períodos, com poucos minutos de descanso. Nos dias de chuva (quando a contribuição aumenta em razão dos deflúvios na rede de esgotos) a vazão aumenta causando extravasamentos de esgotos na via pública. É possível observar que as outras elevatórias (PN1 e VC4) alcançam a condição crítica de funcionamento num instante fora do período deste estudo.

O gráfico da Figura 6 abaixo apresenta o resultado da simulação do funcionamento da elevatória Praia Shopping nas condições atuais. É possível observar que o período de bombeamento (476 min) é aproximadamente 8 vezes maior do que o período de descanso da bomba (60 min). Isso pode ser explicado pelo fato de que a vazão de esgotos nas condições atuais é aproximadamente igual a vazão bombeada.



Figura 6 – Simulação do funcionamento da EE Praia Shopping em 2012.

A Tabela 2 apresenta a simulação numérica da elevatória Praia Shopping nas condições atuais.

Tabela 2 – comportamento hidráulicos EEE Praia Shopping

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo (min)	Q esg (m³/s)	Vol (t) (m³)	condição	Prof (t) (m)	condições			Hg1	Condição
					E	S	F		
66	0,0009	0,8839	1	0,3929	1	1	1	15,7571	0
68	0,0009	0,9107	1	0,4048	1	1	1	15,7452	0
70	0,0009	0,9375	1	0,4167	1	1	1	15,7333	0
72	0,0009	0,9643	1	0,4286	1	1	1	15,7214	0
74	0,0009	0,9911	1	0,4405	1	1	1	15,7095	0
76	0,0009	1,0179	1	0,4524	1	1	1	15,6976	0
78	0,0009	1,0446	1	0,4643	1	1	1	15,6857	0
80	0,0009	1,0714	1	0,4762	1	1	1	15,6738	0
82	0,0009	1,0982	1	0,4881	1	1	1	15,6619	0
84	0,0009	1,1250	1	0,5000	1	1	1	15,6500	0
86	0,0009	1,1518	1	0,5119	0	1	0	15,6381	0,001049
88	0,0009	1,1203	0	0,4979	0	0	0	15,6521	0,001049
90	0,0009	1,1156	0	0,4958	0	0	0	15,6542	0,001049
92	0,0009	1,1109	0	0,4938	0	0	0	15,6563	0,001049
94	0,0009	1,1063	0	0,4917	0	0	0	15,6583	0,001049
96	0,0009	1,1016	0	0,4896	0	0	0	15,6604	0,001049
98	0,0009	1,0969	0	0,4875	0	0	0	15,6625	0,001049
100	0,0009	1,0922	0	0,4854	0	0	0	15,6646	0,001049
102	0,0009	1,0875	0	0,4833	0	0	0	15,6667	0,001049
104	0,0009	1,0828	0	0,4813	0	0	0	15,6688	0,001049
106	0,0009	1,0781	0	0,4792	0	0	0	15,6708	0,001049
108	0,0009	1,0734	0	0,4771	0	0	0	15,6729	0,001049
110	0,0009	1,0688	0	0,4750	0	0	0	15,6750	0,001049
112	0,0009	1,0641	0	0,4729	0	0	0	15,6771	0,001049
114	0,0009	1,0594	0	0,4708	0	0	0	15,6792	0,001049
116	0,0009	1,0547	0	0,4688	0	0	0	15,6813	0,001049
118	0,0009	1,0500	0	0,4667	0	0	0	15,6833	0,001049
120	0,0009	1,0453	0	0,4646	0	0	0	15,6854	0,001049
122	0,0009	1,0406	0	0,4625	0	0	0	15,6875	0,001049
124	0,0009	1,0359	0	0,4604	0	0	0	15,6896	0,001049
126	0,0009	1,0313	0	0,4583	0	0	0	15,6917	0,001049

Coluna 1 - tempo de discretização da simulação (dt igual a 2 min); Coluna 2 - vazão de esgotamento (m³/s); Coluna 3 - Volume do poço de sucção no instante t; Coluna 5 - Profundidade do poço no instante t. Uma vez definida a profundidade máxima do poço, as colunas 4, 6 e 7 foram usadas para definir os instantes de acionamento (secagem do poço) e descanso da bomba (enchimento do poço).

Coluna 9 - altura geométrica do sistema de recalque no instante t (NA do lançamento dos esgotos menos o NA do poço). Coluna 10 - vazão de bombeamento da elevatória (m^3/s).

A EE Ponta Negra 2 apresenta uma condição de funcionamento semelhante com aquela mencionada anteriormente (EE Praia Shopping). O gráfico da Figura 7 apresenta o funcionamento da elevatória no anos de 2016, onde é possível observar que a bomba trabalha 146 minutos, com um período de descanso de 4 min.

Salienta-se que o período mínimo de descanso do grupo motor-bomba deve ser de 10 min.

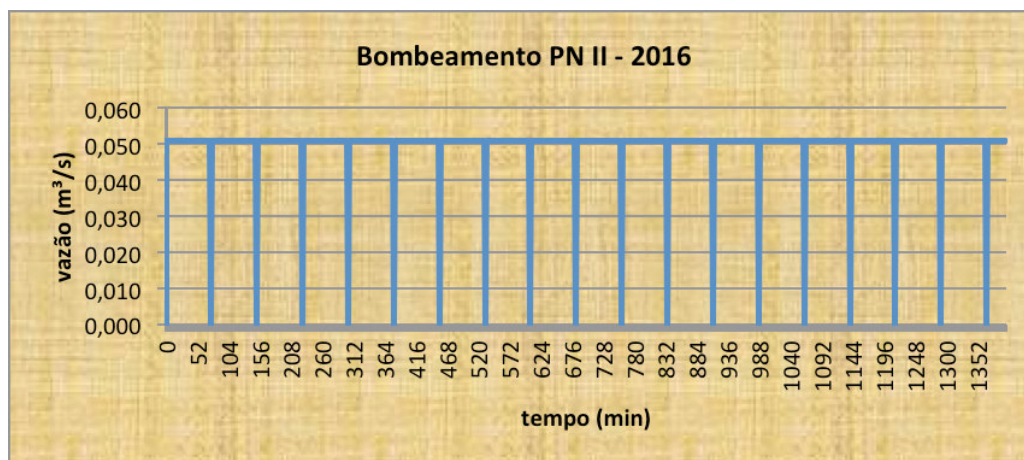


Figura 7 – Simulação do funcionamento da EE PN2 para o ano de 2016.

É possível observar que a EEA Ponta Negra 2 apresentará uma situação de colapso em 2016, uma vez que o tempo de funcionamento é aproximadamente 36 vezes o tempo de descanso da bomba.

A EE Ponta Negra 1, por sua vez, apresenta uma relação tempo de bombeamento-tempo de descanso da bomba bastante favorável, igual a 0,57. Essa relação permite que a elevatória absorva um aumento não planejado de vazão sem prejuízo do funcionamento.

A simulação do sistema tem o objetivo de prever o seu funcionamento para cenários futuros. Isso possibilita analisar o seu comportamento de modo a verificar o instante para o qual uma certa elevatória terá o seu funcionamento comprometido pela insuficiência da capacidade instalada. A Tabela 3 apresenta os principais problemas operacionais relacionados com o funcionamento das estações elevatórias.

Tabela 3 – Problemas operacionais das Estações Elevatórias.

Problemas	Causas	Efeitos
Desgaste do rotor	Presença de resíduos sólidos no efluente ou acidez excessiva	Abrasividade e acidez corroem o rotor, diminuindo a vazão bombeada. Pode causar extravasamento de efluentes.
Desgaste do corpo da bomba	Presença de alto teor de sedimento no efluente ou acidez excessiva	Extravasamento de efluentes no interior da elevatória. Redução do rendimento da bomba. Redução da vazão.
Desgaste da válvula de retenção	Abrasividade do sedimento e acidez do efluente	Falha na vedação da válvula e possibilidade de refluxo do efluente bombeado para o interior da elevatória. Extravasamento do efluente.
Aumento da vazão da rede	Conexão ilegal com a rede pluvial	Aumento repentino da vazão da rede durante o período de chuva. Extravasamento do efluente.
Queda de alimentação de energia elétrica	Problemas da companhia de eletricidade	No caso de falha de funcionamento do gerador, há a possibilidade do gerador, paralisação do bombeamento e extravasamento de efluentes.
Tempo de parada da bomba muito baixo	Vazão da rede aproximadamente igual a vazão de bombeamento Volume disponível do poço pequeno	Redução do tempo de parada da bomba. Desgaste de peças do conjunto motor-bomba. Redução do rendimento. Aumento do consumo de energia elétrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- VASCONCELOS, F.P. *Riscos naturais e antópicos na zona costeira*. 2005 . 57ª Reunião Anual Da Sociedade Brasileira Para O Progresso Da Ciência. UFCE – Fortaleza.
- SILVA, A. *Modelo gerencial da rede de esgoto do município ideal de Toribaté*. Revista On-line Caminhos de geografia. OUT 2004.
- FENNER, R.A. *Approaches to sewer maintenance: a review*. 2001. Urban Water. Volume 2, Issue 4, December 2000, pg 343–356.
- AGUDELO, C. *Multi-criteria framework for the selection of urban sanitation systems*. 2nd SWITCH Scientific Meeting Dan Panorama Hotel, Tel-Aviv, Israel
25 - 29 November 2007
- TSUTIYA, M.T. *Inovações Tecnológicas Para Projetos De Estações Elevatórias De Esgoto*. 2004. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.
- CARNEIRO, T.N. *Manutenção Mecânica E Aprimoramento Das Condições De Operação De Uma Bomba Centrífuga Horizontal Do Sistema Rio Das Velhas*. 2006. VI SEREA - Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água João Pessoa.
- BORGES, K. L. *Análise E Redimensionamento Das Estações Elevatórias De Esgoto No Município De Araguari-Mg*. 2003 .VII Exposição de Experiências Municipais em Saneamento.

NÚCLEO SUDESTE DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL. *Operação e manutenção de estações elevatórias de esgotos: Guia do profissional em treinamento* – Minas Gerais, 2008.