

## II-081 – ELABORAÇÃO DE ESTUDOS E PROJETOS COM ÊNFASE EM ANALISE OPERACIONAL EM SISTEMAS DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO (SES) EM CIA DE SANEAMENTO

### **Chrysthian Santiago de Araujo<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil (2001) pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Engenheiro da Divisão de Suporte Operacional e Gestão de Perdas da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN). Engenheiro do Centro de Controle Operacional.

### **Luciana Callegari Spavier Rech**

Engenheira Civil (2002) e Mestre em Engenharia Ambiental (2003) pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Gestora da Divisão de Suporte Operacional e Gestão de Perdas da CESAN. Professora da Faculdade Centro Leste (UCL).

### **Maria da Glória Byrro Aubin**

Engenheira Civil pelo MIT – Minas Instituto de Tecnologia e gestora da Gerencia de Engenharia de Serviços da CESAN.

### **Wilson Fiorotti**

Técnico em Mecânica - Escola Técnica Federal Espírito Santo. Administração de Empresas - Faculdade Pio XII. Coordenador de Pitometria e Macro-medição da CESAN-ES.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** CESAN, Companhia Espírito-Santense de Saneamento, Avenida Guarapari, 444, Jardim Limoeiro, Serra, ES, CEP: 29164-901, Brasil - Tel.: +55(27) 2127-5411 – Fax: +55 (27) 2127-5509 - e-mail: chrysthian.santiago@cesan.com.br

## **RESUMO**

O crescimento populacional nos últimos anos aliado a ocupação de áreas sem planejamento prévio gera a necessidade de melhorias dos sistemas de saneamento básico existentes para aumentar a eficiência dos serviços prestados. O serviço de coleta e transporte de esgoto não acompanhou o alto ritmo do crescimento populacional.

A necessidade imediata de resolver os problemas operacionais e atender aos clientes com problemas de coleta de esgoto não eram ações aliadas as medidas estudadas com foco em planejamento prevendo o aumento populacional, maior contribuição de esgoto e melhor operação do sistema, mas sim em soluções pontuais de fácil implantação que nem sempre refletiam nos menores custos e melhores resultados. Foram implantados sistemas de coleta que atualmente não atendem às necessidades da população de modo adequado gerando um passivo de redes coletoras que estão em operação atualmente em condições inadequadas. Os prejuízos ambientais causados pelo esgoto doméstico não coletado causam uma infinidade de enfermidades à população aumentando em muito os gastos com saúde. Melhorar o serviço de coleta e transporte do esgoto é uma meta das empresas de saneamento, visto que adia ou elimina os custos com saúde corretiva, aumentando assim a qualidade de vida da população. Por estes motivos está sendo implantado através desse projeto o estudo do sistema de Esgotamento Sanitário realizando análise operacional com a utilização de software de modelagem hidráulica onde estão sendo realizados diagnósticos e estudos de adequação para implantação de melhorias operacionais nos sistemas existentes. Com base nos estudos realizados e as proposições de melhorias sugeridas esses projetos serão implantados de forma planejada e haverá melhoria nas condições de coleta e transporte do esgoto. O estudo de Análise Operacional de SES é novidade no território brasileiro e visa propor soluções adequadas às necessidades atuais e futuras com foco na aplicação eficaz dos recursos físicos e financeiros disponíveis.

**PALAVRAS-CHAVE:** Análise operacional, esgotamento sanitário, modelagem matemática.

## INTRODUÇÃO

O Brasil, com cerca de 190 milhões de habitantes, apresenta um déficit no que se refere ao esgotamento sanitário. Na região Sul do país 40% da população possui rede coletora de esgoto e na região Norte apenas 8% da população estão ligadas à rede coletora. O estado do Espírito Santo possui 33% de suas economias ligadas à rede de coleta de esgoto. (IBGE, 2008; TISUTIYA, 1999).

O crescimento populacional nos últimos anos aliado a ocupação de áreas sem planejamento prévio gera a necessidade de melhorias dos sistemas de saneamento básico existentes para aumentar a eficiência dos serviços prestados. Dentre esses é de suma importância aumentar a eficiência da coleta e transporte do esgoto sanitário, visto que o aumento desordenado da população gera um incremento na contribuição de esgoto.

Melhorar o serviço de coleta e transporte do esgoto é uma meta das empresas de saneamento, visto que adia ou elimina os custos com saúde corretiva, aumentando assim a qualidade de vida da população. Entretanto no passado nem sempre esse foi o principal objetivo seja por falta de recursos disponíveis ou por questão de priorização. A necessidade imediata de resolver os problemas operacionais e atender aos clientes com problemas de coleta de esgoto não eram ações aliadas as medidas estudadas com foco em planejamento prevendo o aumento populacional, maior contribuição de esgoto e melhor operação do sistema, mas sim em soluções pontuais de fácil implantação que nem sempre refletiam nos menores custos e melhores resultados.

Por esses motivos foi gerado um passivo de redes coletoras que foram implantadas sem planejamento e estão em operação atualmente em condições inadequadas. A Região Metropolitana da Grande Vitória encontra-se hoje com um sistema de coleta e transporte de esgoto complexo devido às suas dimensões, interferências, problemas operacionais e inúmeras interligações entre as bacias.

Para mudar esse cenário está sendo implantado através desse projeto o estudo do sistema de Esgotamento Sanitário realizando análise operacional com a utilização de software de modelagem hidráulica onde estão sendo realizados diagnósticos e estudos de adequação para implantação de melhorias operacionais nos sistemas existentes. Com base nos estudos realizados e as proposições de melhorias sugeridas esses projetos serão implantados de forma planejada e haverá melhoria nas condições de coleta e transporte do esgoto.

## METODOLOGIA

A metodologia utilizada nos estudos de Análise Operacional de Esgoto resume-se em quatro fases: (i) o cadastro/modelagem do sistema de coleta e transporte de esgoto através do software de modelagem hidráulica; (ii) a calibração do modelo matemático; (iii) a determinação do diagnóstico do sistema existente, através da simulação dinâmica do sistema (i.e., período mínimo de 24 horas); e (iv) a proposição de cenários com melhorias para o sistema de esgotamento sanitário da bacia estudada e projeções futuras.

A primeira fase (i) constitui-se da delimitação da sub-bacia em estudo e reunião de todos os dados pertinentes. O levantamento topográfico é essencial ao estudo de análise operacional de SES e nele devem constar todas as informações a respeito das redes de coleta e unidades do sistema. Além disso, são necessários também os dados operacionais do sistema em estudo (rede coletora, interceptor, coletor tronco, emissários, elevatórias, poços de visita, bombas etc.) assim como o lançamento dos dados operacionais do sistema (períodos de ligamento e desligamento das bombas, etc.). A Figura 1 ilustra a delimitação do da sub-bacia em estudo.



**Figura 1: Imagem de satélite da delimitação do da sub-bacia a ser modelado.**

A partir da determinação da sub-bacia de estudo e da obtenção das características da rede de esgoto existente é necessário levantar a posição geo-referenciada das ligações da rede de distribuição de água e seus respectivos números de economias. Estes dados são oriundos do banco de dados da CESAN, a partir do software INFOGEO. Com o traçado da rede de esgoto e o posicionamento das ligações traçaram-se polígonos de influência para cada poço de visita da rede, e determinou-se o número de economias existentes em cada um destes polígonos. As contribuições são agrupadas em nós que representam as ligações dos clientes. A contribuição nodal é determinada com base no número de economias existentes na área de influência do respectivo nó, levando em conta a taxa de ocupação e a densidade demográfica, fornecidos pelo IBGE e o consumo “per capita (L/hab.dia)” determinado para a sub-bacia. Esta informação permite avaliar o percentual do esgoto gerado a ser atribuído em cada poço de visita do modelo. Para o cálculo da quantidade de esgoto gerada foram utilizados os dados da medição da vazão de esgoto que chega ao poço de sucção da elevatória. A partir desse dado, foi verificado qual o coeficiente de retorno aplicado no estudo, considerando-se o consumo micro-medido de água na área de estudo somado à parcela de perdas aparentes estimadas para a região a partir de dados da CESAN.

Para a segunda fase (ii) do processo faz-se necessário a realização de medição das vazões, que permitem a determinação das contribuições ao longo da rede e pressões das linhas de recalque das elevatórias. Estas medições são realizadas pela equipe de Pitometria que define, juntamente com a contratada, os locais de medição. Com os dados da medição podem-se calibrar os modelos matemáticos, ou seja, verificar se os parâmetros calculados pelo software estão de acordo com as medições de campo. A grande dificuldade nos estudos de SES foi a etapa de calibração, por falta de equipamento para realizar as medições de vazão do esgoto. Atualmente tem-se utilizado o medidor ultra-sônico para medições em condutos forçados. Foi feito um teste com o equipamento SIGMA 910, fabricado pela empresa HACH, para medir a vazão em conduto livre. Os resultados obtidos na calibração foram bastante satisfatórios. A CESAN (Companhia Espírito-Santense de Saneamento) está adquirindo o equipamento SIGMA 910 para utilização nos estudos de análise operacional de SES. Na Tabela 1 temos o levantamento dos estudos e a situação de cada um. A Figura 2 apresenta a equipe de Pitometria instalando equipamento para medir a vazão de recalque em uma Estação Elevatória de Esgoto Bruto - EEEB.



**Figura 2: coleta de dados (medição de vazões).**

A terceira fase (iii) da metodologia é feita com base no sistema anteriormente calibrado no simulador hidráulico. Assim, passa a ser conhecido o comportamento e os problemas da sub-bacia em estudo.

A última etapa do trabalho (iv) consiste na proposição de melhorias para o sistema atual e futuro projetando o crescimento populacional da sub-bacia em estudo e tentando prever possíveis problemas. Reuniões são realizadas entre clientes, contratadas e demais interessados para discussão sobre o tema permitindo a elaboração de uma diretriz “ótima” para a finalização do estudo e elaboração dos projetos.

Os estudos descritos são realizados através de um contrato para Elaboração de Estudos e Projetos com Ênfase em Análise Operacional em SES, na RMGV (Região Metropolitana da Grande Vitória), utilizando software de modelagem hidráulica em tempo estendido pela empresa Ganem Engenharia.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os estudos de análise operacional iniciaram-se, efetivamente, no início de Janeiro de 2010. Foram concluídos os estudos da estação elevatória de esgoto bruto de Cidade Continental, onde foi utilizada a medição de vazão de recalque, Estudo de dois Coletores no município de Cariacica, SES Bacia J e SES Parque das Gaivotas, como se pode ver na Tabela 1.

**Tabela 1: Estudos e Projetos de Análise Operacional**

<b>Estudo</b>	<b>Situação</b>
Ampliação da EEEB Europa, Cidade Continental, Serra.	Concluído
SES Bacia J, Itapuã, Vila Velha.	Concluído
Coletores Leopoldina e Terminal Transcol, Campo Grande, Cariacica.	Concluído
SES Parque das Gaivotas, Vila Velha.	Concluído
SES Jardim Camburi, Vitória.	Em andamento
SES Da sub-bacia C, Vila Velha	Em andamento
SES Eldorado, Serra	Em andamento

O estudo do SES de Parque das Gaivotas é um divisor de águas visto que foi o primeiro a utilizar a metodologia e os dados de medição de vazão afluente ao poço de sucção da EEEB. A citada metodologia está em fase de adequação e implementação e em aprimoramento contínuo.



## ESTUDO DE CASO: SES PARQUE DAS GAIVOTAS

### COLETA DE DADOS

Foram coletadas todas as informações pertinentes ao estudo após a chegada do pedido de estudo para o da sub-bacia, como citado na parte de metodologia. O da sub-bacia é delimitado, a topografia é feita, as informações operacionais coletadas e todas as informações são lançadas no software de modelagem hidráulico SWMM, desenvolvido pela EPA (Environmental Protection Agency). Para o desenvolvimento do estudo do SES Parque das Gaivotas foram realizadas medições de vazão de esgoto na entrada do poço de sucção da elevatória e na linha de recalque. A vazão efluente foi obtida pela equipe de Pitometria da CESAN. A medição da vazão de entrada no poço de sucção foi realizada pela empresa VSTech (parceria para teste do equipamento SIGMA 910) com registros dos dados realizado de cinco em cinco minutos. A falta destes dados gerava inúmeras incertezas nos estudos anteriores e a vazão afluente era, até então, calculada através de uma expressão matemática. A figura 3 ilustra o equipamento utilizado e a figura 4 sua instalação.

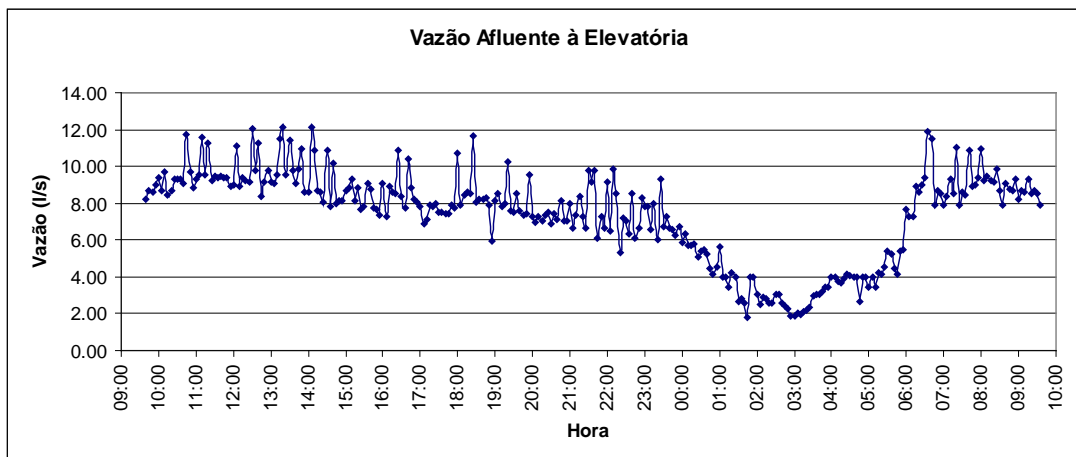


Figura 3: equipamento utilizado na medição da vazão afluente



Figura 4: instalação do equipamento no PV da EEEB Parque das Gaivotas

A Figura 5 mostra o gráfico resultante da medição de vazão na entrada do poço de sucção.



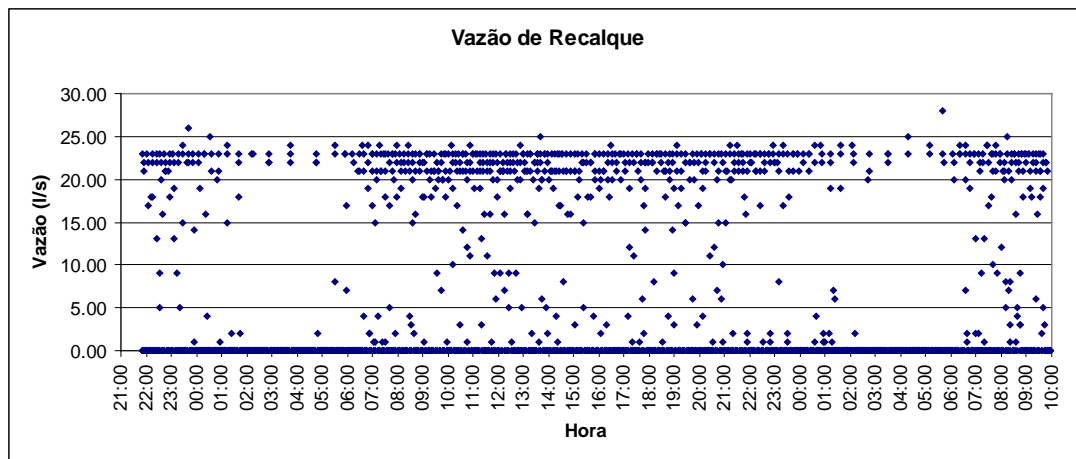
**Figura 5: gráfico da vazão afluente à elevatória**

Complementarmente, a Tabela 2 apresenta o resumo dos principais dados verificados a partir da medição.

**Tabela 2: resumo das medições da vazão afluente**

Parâmetro	Valor (l/s)
Vazão Mínima	1.78
Vazão Máxima	12.14
Vazão Média	7.38

A vazão de recalque da elevatória de Parque das Gaivotas foi medida pela equipe de Pitometria da CESAN, com registros realizados de um em um minuto. A Figura 6 mostra o gráfico resultante da medição de vazão de recalque da elevatória de Parque das Gaivotas.



**Figura 6: gráfico de vazão de recalque da elevatória.**

Uma vez que não houve registro algum de chuvas durante o período de realização das medições de vazão, foi possível admitir que a parcela referente contribuição parasitária é nula, de modo que somente a contribuição de infiltração foi considerada.

A norma brasileira referente a projetos de redes coletoras de esgoto sanitário NBR 9649/1986 recomenda, quando não existem dados locais validados oriundos de pesquisas, que se adotem valores para a taxa de infiltração por km de rede compreendidos entre 0.05 a 1.0 l/s/km. Uma vez que não há estudos específicos para determinação da taxa de infiltração da região de interesse, optou-se por determiná-la a partir da vazão mínima

de esgoto afluente à elevatória, que ocorre durante um período em que as atividades consumidoras de água são menores, de modo que uma parcela significativa da vazão de esgoto corresponde à contribuição de infiltração. Sendo assim, por se tratar de uma região litorânea e próxima de um curso d'água (Córrego Guaranhuns) admitiu-se que a vazão de infiltração corresponde a 90% da vazão mínima de esgoto. Portanto, a vazão de infiltração estimada foi de 1.602 l/s, correspondendo a uma taxa de infiltração de 0,178 l/s.km, valor que encontra-se dentro da faixa proposta pela norma brasileira.

Com estes dados a contribuição de esgoto média pôde ser distribuída ao longo dos PV's (poços de visita, ou seja, os nós do SWMM) que compõem o sistema proporcionalmente ao número de economias atribuídas a cada um dos nós.

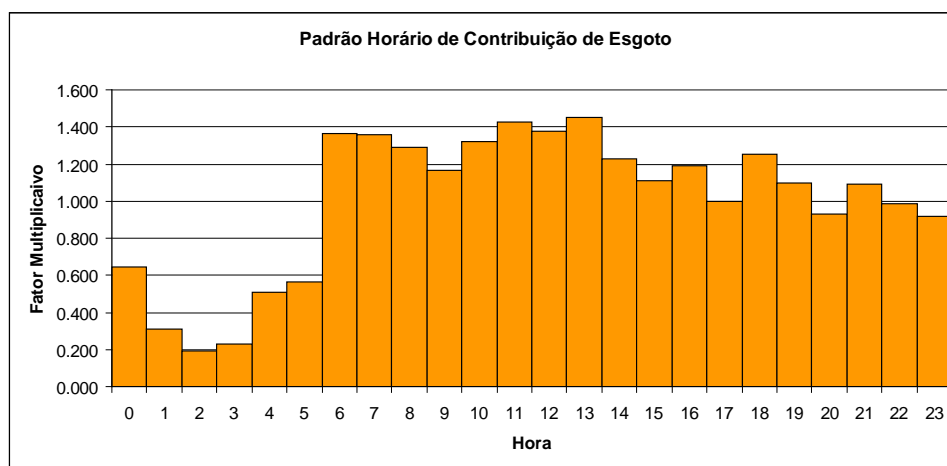
Uma vez que o presente estudo dispôs da medição de esgoto afluente à elevatória, não foi preciso utilizar o consumo de água como ponto de partida para determinação da contribuição de esgoto das economias da área de estudo, mas apenas para verificação do coeficiente de retorno empregado no estudo. Foi obtido o consumo micro-medido da sub-bacia e estimadas as perdas, reais e aparentes, de água no sistema de distribuição.

De posse dos índices de perdas estimados para a região e do consumo micro-medido da área de estudo foi possível estimar o volume de perdas aparentes relativo somente à área de estudo deste trabalho e, conseqüentemente, o consumo total de água e o coeficiente de retorno. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3: consumo de água e coeficiente de retorno**

Parâmetro	Valor
Consumo Micro-medido	7.590 l/s
Perdas Aparentes	1.626 l/s
Consumo Total de Água	9.217 l/s
Vazão Média de Contribuição de Esgoto	5.782 l/s
Coeficiente de Retorno	0.63

A calibração do sistema requer o ajuste dos dados de entrada no sistema. Para minimizar as diferenças entre as vazões calculadas e observadas em campo foi necessário ajustar alguns parâmetros como o padrão de geração de esgoto e a rugosidade das tubulações. O padrão de contribuição de esgoto foi definido com base na curva de vazão afluente à elevatória, descontando-se a parcela referente à contribuição de infiltração. A Figura 7 apresenta o padrão de contribuição de esgoto definido para o modelo calibrado.



**Figura 7: padrão horário de contribuição de esgoto.**

## CALIBRAÇÃO

Após a realização da simulação hidráulica no SWMM, recorreu-se aos resultados do modelo para que se precedesse à comparação dos dados medidos com os dados calculados. A seguir são apresentados os gráficos comparativos entre valores aferidos em campo e calculados a partir da simulação, para os dados de vazão no trecho de entrada da elevatória e da linha de recalque. A Figura 8 apresenta os pontos de vazão medidos na entrada da elevatória de Parque das Gaivotas e a curva correspondente obtida pelo SWMM, após a conclusão da calibração do modelo matemático.

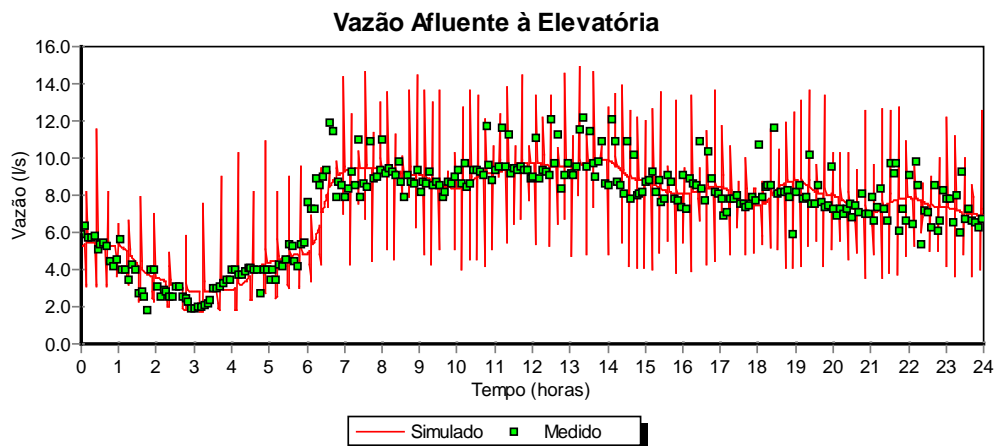


Figura 8: comparação da vazão afluente à elevatória medida e calculada.

Esta instabilidade está diretamente associada ao fato do nível de partida da bomba encontrar-se em cota mais elevada do que a da geratriz superior da tubulação de entrada da elevatória. Dessa forma, nos instantes anteriores ao acionamento da bomba a tubulação de entrada estará sempre submersa, de modo que sua vazão diminui consideravelmente. Por outro lado, após a partida da bomba, enquanto o nível d'água ainda encobre parte da tubulação de entrada, a vazão torna-se consideravelmente mais alta, devido à influência direta da bomba no escoamento do tubo. Nos demais momentos, quando a tubulação de entrada opera normalmente, pode-se verificar no gráfico acima um comportamento médio muito bem ajustado com o resultado das medições em campo.

A Figura 9 apresenta o gráfico de correlação entre as vazões obtidas pela simulação do modelo matemático e as vazões medidas e a Figura 10 apresenta o gráfico de correlação entre as vazões médias horárias simuladas e medidas em campo.

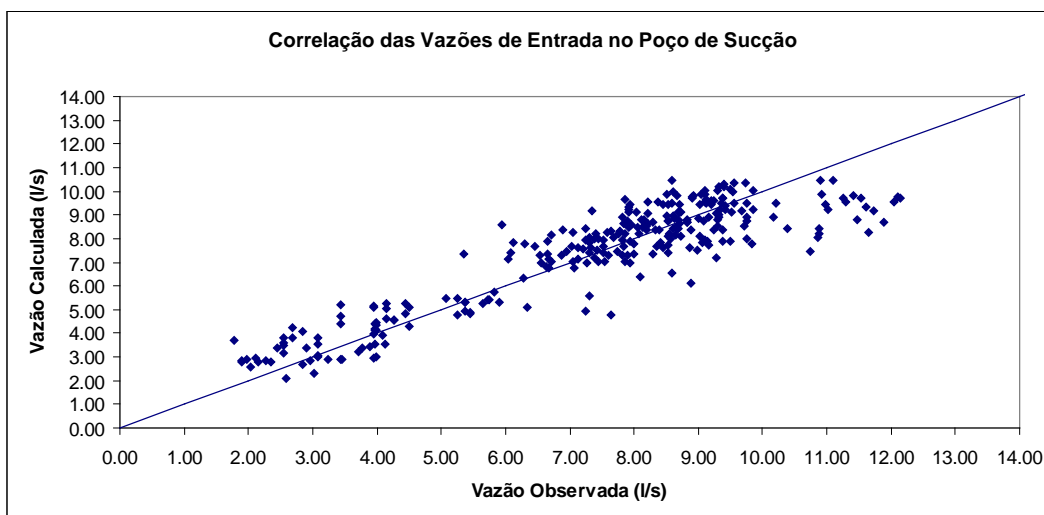
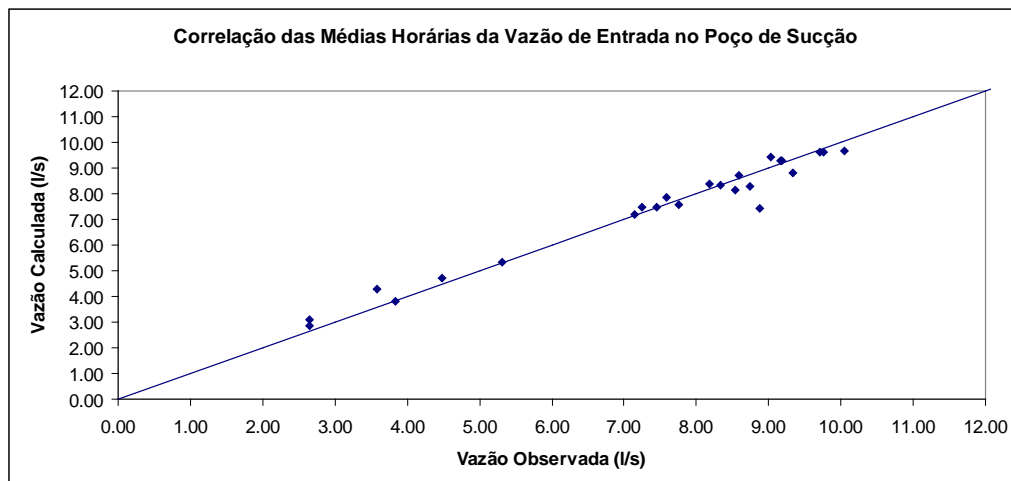


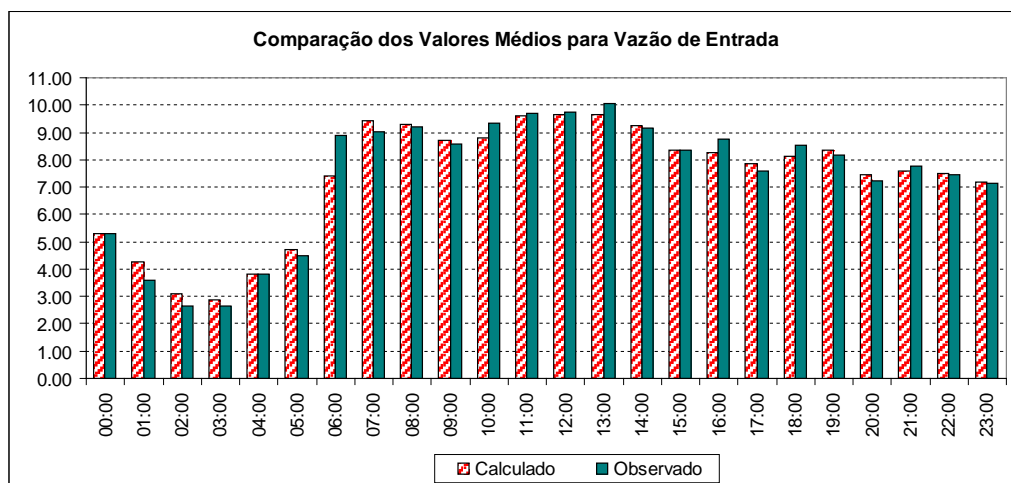
Figura 9: Correlação entre as vazões calculadas e observadas.





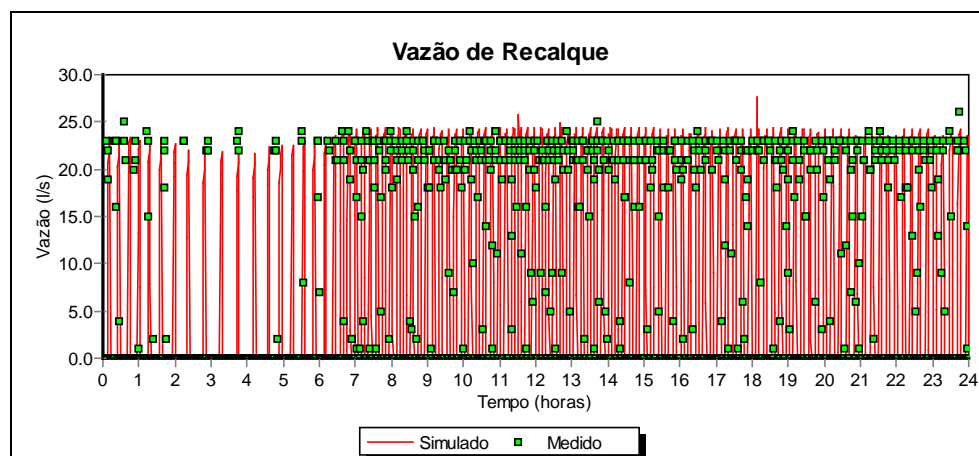
**Figura 10: correlação entre as vazões médias horárias calculadas e observadas.**

Há uma boa correlação entre os dados observados e os dados medidos, sobretudo quando analisadas as médias horárias. A Figura 11 apresenta uma comparação entre as médias horárias das vazões afluentes à elevatória.



**Figura 11: comparação das vazões médias horárias calculadas e observadas.**

A Figura 12 apresenta os pontos de vazão medidos na linha de recalque da elevatória de Parque das Gaivotas e a curva correspondente obtida pelo SWMM.

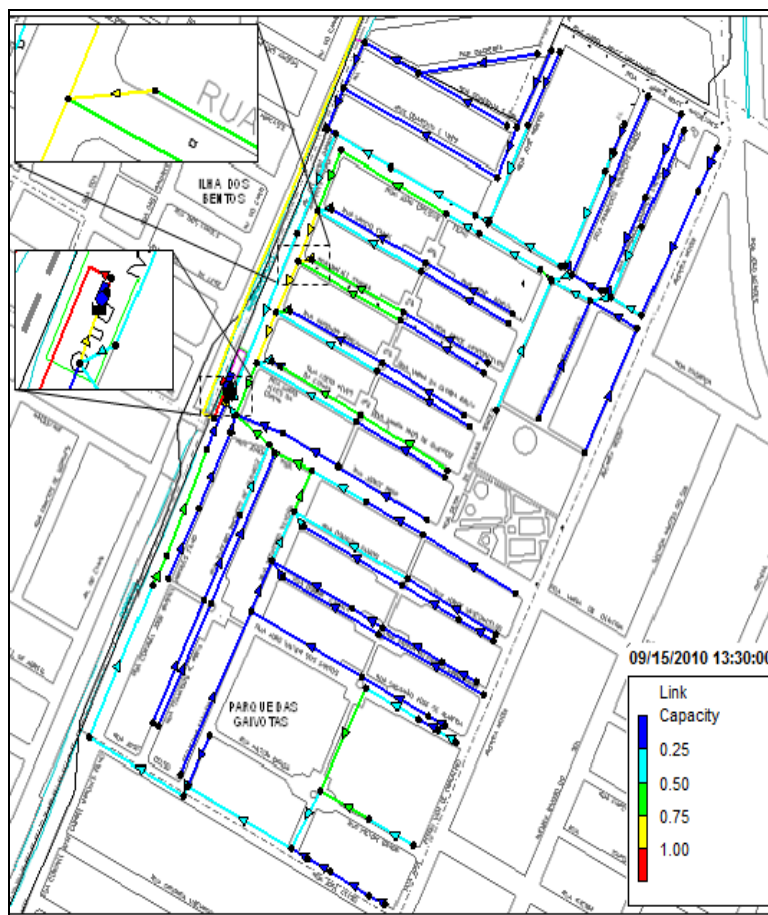


**Figura 12: comparação da vazão de recalque medida e simulada.**

Pode-se observar no gráfico acima que há um bom ajuste entre a vazão de recalque medida e simulada, assim considerar pode-se que o recalque da elevatória encontra-se calibrado.

## DIAGNÓSTICO DO SISTEMA EXISTENTE

A Figura 13 apresenta o enchimento das tubulações do sistema às 13:30, horário de pico da vazão de esgoto.



**Figura 13: enchimento da tubulação as 13:30.**

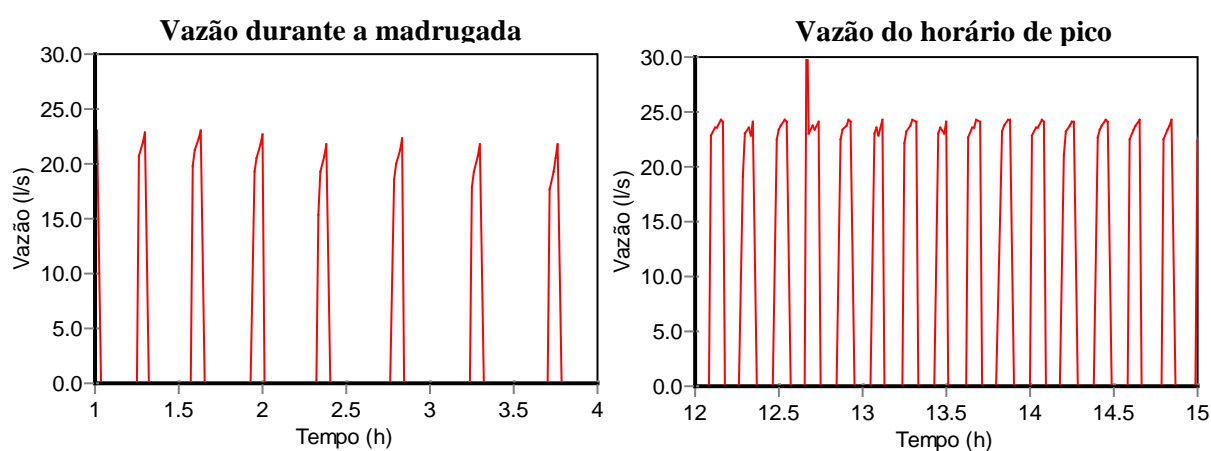
Como pode ser observado na Figura 13, a grande maioria dos trechos da rede coletora apresentam enchimento inferior à 75% do diâmetro, sendo que somente cinco trechos possuem lâmina d'água superior à 75%. Senso assim, verifica-se que, de maneira geral, a rede existente possui capacidade para escoar toda a vazão do sistema. Entretanto, deve-se ressaltar que grande parte das redes coletoras são de DN100 mm, e que portanto estão mais sujeitas a obstruções e a assoreamentos, problemas que, de acordo com os supervisores de campo, ocorrem constantemente na bacia em estudo. Nesse sentido, verificou-se as tensões trativas para a vazão máxima de cada trecho da rede coletora, como forma de avaliar a capacidade de auto-limpeza da rede existente. Os resultados são apresentados na Tabela 4 distribuídos por faixas de tensão trativa, por diâmetro e por lâmina d'água máxima. Ressalta-se que o valor mínimo recomendado pela norma NBR 14486/2000 para a tensão trativa em tubulações de PVC é de 0.60 Pa.

Tabela 4: distribuição da rede por tensão Trativa, Diâmetro e Lamina d'água.

Tensão Trativa	Diâmetro	Lâmina d'Água Máxima	Comprimento (m)	
Tensão Trativa < 0.60 Pa	DN100	y/D ≥ 75%	165.60	
		50% ≤ y/D < 75%	482.30	1492.90
		y/D < 50%	845.00	
	DN150	y/D ≥ 75%	0.00	
		50% ≤ y/D < 75%	133.30	1160.30
		y/D < 50%	1027.00	
	DN250	y/D ≥ 75%	0.00	
		50% ≤ y/D < 75%	0.00	49.10
		y/D < 50%	49.10	
Total	2702.30			
Tensão Trativa entre 0.60 e 0.75 Pa	DN100	y/D ≥ 75%	0.00	
		50% ≤ y/D < 75%	136.00	1659.30
		y/D < 50%	1523.30	
	DN150	y/D ≥ 75%	0.00	
		50% ≤ y/D < 75%	0.00	505.40
		y/D < 50%	505.40	
Total	2164.70			
Tensão Trativa entre 0.75 e 1.00 Pa	DN100	y/D ≥ 75%	0.00	
		50% ≤ y/D < 75%	296.10	2237.00
		y/D < 50%	1940.90	
	DN150	y/D ≥ 75%	0.00	
		50% ≤ y/D < 75%	0.00	0.00
		y/D < 50%	0.00	
Total	2237.00			
Tensão Trativa ≥ 1.00 Pa	DN100	y/D ≥ 75%	0.00	
		50% ≤ y/D < 75%	113.40	1759.20
		y/D < 50%	1645.80	
	DN150	y/D ≥ 75%	8.60	
		50% ≤ y/D < 75%	6.80	184.60
		y/D < 50%	169.20	
	DN200	y/D ≥ 75%	0.00	
		50% ≤ y/D < 75%	18.50	18.50
		y/D < 50%	0.00	
Total	1962.30			

Como pode ser verificado na Tabela 4, cerca de 30% das redes coletoras não atingem tensões trativas de 0.6 Pa, sendo que somente 22% das redes apresentam tensão trativa igual ou superior a 1.0 Pa. Esse quadro, aliado ao fato de que 79% da rede coletora (7.2 Km) possui diâmetro de 100 mm, indica que o sistema de coleta e transporte de esgoto avaliado apresenta deficiência na auto-limpeza e justifica o seu alto índice de manutenção.

Conforme pode ser observado na Figura 14, a bomba apresenta um comportamento normal ao longo do dia, com ciclos (tempo entre duas partidas consecutivas) mais longos durante a madrugada, devido à baixa vazão afluente, e ciclos mais curtos durante o horário de pico, devido ao grande volume de esgoto afluente. Os ciclos máximo e mínimo observados na simulação tiveram duração de 30 minutos e de 11 minutos, respectivamente. É recomendável que o ciclo de operação da bomba seja superior a 10 minutos, para evitar danos ao motor decorrentes de um número excessivo de partidas da bomba em intervalos curtos, e inferior a 30 minutos, para evitar a decomposição do esgoto e a geração de odores. Dessa forma, observa-se que a elevatória de Parque das Gaivotas atende a esses critérios, porém muito próximo dos limites desejáveis com uma divisão em duas etapas de implantação, uma imediata e outra intermediária (a partir de 2016).



**Figura 14: vazão de recalque da EEEB.**

## A PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS.

Para desenvolvimento das propostas de melhoria foi considerado um horizonte de projeto de 20 anos (2031), com uma divisão em duas etapas de implantação, uma imediata e outra intermediária (a partir de 2016). Este estudo divide a região da Grande Vitória em microrregiões nomeadas de pequenas áreas. A bacia em estudo é formada por parte ou pela totalidade de 2 destas pequenas áreas, nomeadas neste estudo por Bacia 65 e Bacia 66. A Tabela 5 apresenta para cada pequena área, as taxas de crescimento anual para os anos de 2016 e 2036.

**Tabela 5: Taxas de crescimento populacional para os anos 2016 e 2031**

Área	Taxa de Crescimento Anual no Período	
	2010/2016	2016/2031
65	2.993 %	1.548 %
66	2.492 %	1.332 %

A bacia em estudo é formada por parte ou pela totalidade de 2(duas) destas pequenas áreas, conforme pode ser observado na Figura 15.





**Figura 15: Divisão das áreas do Plano Diretor de Esgotamento Sanitário.**

As diretrizes a serem seguidas no cenário proposto neste estudo foram baseadas nos resultados da análise operacional do modelo matemático e nas informações coletadas junto aos técnicos da CESAN. Dessa forma, o cenário propõe a substituição de toda a rede coletora existente cujo diâmetro nominal é de 100mm. Por determinação da CESAN, a implantação do cenário proposto será dividida em duas etapas, sendo a primeira imediata, na qual serão substituídos os trechos com mais ocorrências de manutenção, e a segunda a partir do ano de 2016, na qual serão substituídos os demais coletores de DN100.

Devido às condições topográficas do terreno, foram adotados dois critérios de dimensionamentos distintos para a rede coletora, conforme apresentado a seguir:

1. Para os coletores que condicionam o aprofundamento do ponto de lançamento da rede coletora:
  - a. Declividade mínima de 0.35% (para vazões mínimas);
  - b. Recobrimento mínimo de 0.75m;
2. Para os demais coletores:
  - a. Declividade mínima de 0.50% (para vazões mínimas);
  - b. Recobrimento mínimo de 0.90m;
  - c. Tensão trativa mínima de 1.0Pa;

Ressalta-se que para todos os coletores dimensionados a tensão trativa mínima admitida foi de 0.60 Pa, tendo sido adotada rugosidade de 0.010 e vazões mínimas de 1.50 l/s. Tendo em vista os critérios apresentados acima, o dimensionamento atende à norma ABNT NBR 14486/2000: Sistemas Enterrados para Condução de Esgoto Sanitário – Projeto de Redes Coletoras com Tubos de PVC.

## RESULTADOS PARA A 1ª ETAPA – ANO 2016

A primeira etapa do cenário proposto conta com a implantação de aproximadamente 3060m de rede coletora de diâmetro DN150 e de cerca de 7m de coletor com diâmetro de DN200. Deve-se ressaltar que de acordo com dimensionamento realizado foi verificada a necessidade de redimensionamento da estação elevatória atual, uma vez que nova cota de chegada na elevatória é cerca de 1.30 m mais profunda que a chegada existente. O redimensionamento da estação elevatória será apresentado mais adiante. Após o dimensionamento das redes coletoras, lançou-se mão do software EPA SWMM para realizar a simulação hidráulica em tempo estendido para verificação do funcionamento do sistema de coleta. A Figura 16 apresenta a disposição das redes coletoras previstas para implantação da 1ª etapa. A lâmina d'água da rede coletora no horário de pico de consumo de água, considerando-se o carregamento previsto para a primeira etapa.



Figura 16: Lâmina d'água da rede coletora para o ano de 2016.

Nenhum coletor apresenta lâmina d'água superior a 75% do diâmetro, mesmo no horário de pico do consumo de água. Esse fato indica que a rede prevista apresenta capacidade de escoar todo o esgoto produzido na área de estudo.

## RESULTADOS PARA A 2ª ETAPA – ANO 2031

A segunda etapa de implantação das melhorias propostas para a bacia de Parque das Gaivotas conta com a substituição de todos os coletores de DN100 restantes por coletores de DN150, o que corresponde a cerca de 1995 m de rede. Após o dimensionamento das redes coletoras da 2ª etapa lançou-se mão novamente do software SWMM para realização da simulação hidráulica em tempo estendido. Como resultado, a **Figura 17** apresenta lâmina d'água na rede coletora, considerando-se o horário de pico do ano de alcance do projeto (2031).

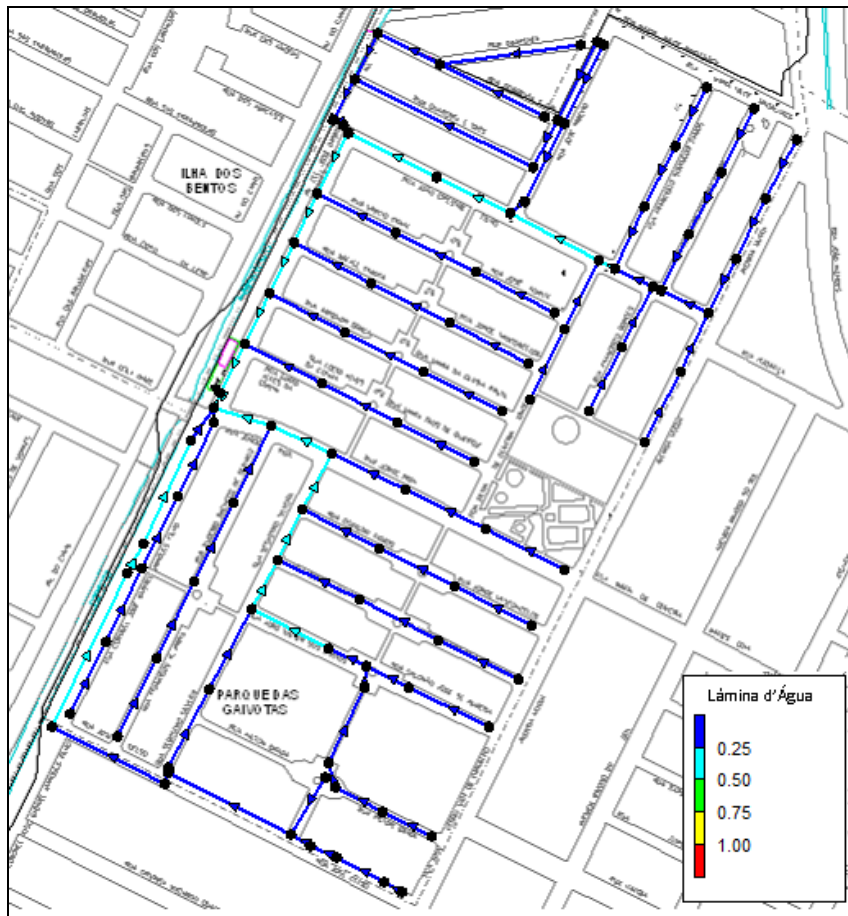


Figura 17: Lâmina d'água da rede coletora para 2031 no horário de pico.

Observa-se acima que nenhum trecho da rede coletora apresenta lâmina d'água superior a 75% do diâmetro, indicando que a rede possui capacidade de escoar as vazões demandadas pelo sistema de esgotamento sanitário. A **Tabela 6** apresenta a verificação das tensões trativas para a vazão máxima de cada trecho da rede coletora existente a ser mantida e da rede coletora projetada nas duas etapas de implantação, como forma de avaliar sua capacidade de auto-limpeza. Os resultados são apresentados distribuídos por faixas de tensão trativa, por diâmetro e por lâmina d'água máxima.

**Tabela 6: Distribuição da rede por tensão Trativa, Diâmetro e Lamina d'água.**

Tensão Trativa		Diâmetro	Lâmina d'Água Máxima	Comprimento (m)	
Tensão Trativa < 0.60 Pa		DN150 Existente	y/D ≥ 75%	0.00	
			50% ≤ y/D < 75%	29.90	1166.20
			y/D < 50%	1136.30	
		<b>Total</b>		<b>1166.20</b>	
Tensão Trativa entre 0.60 e 0.75 Pa		DN150 Existente	y/D ≥ 75%	0.00	
			50% ≤ y/D < 75%	0.00	87.60
			y/D < 50%	87.60	
		<b>Total</b>		<b>87.60</b>	
Tensão Trativa entre 0.75 e 1.00 Pa		DN150 Existente	y/D ≥ 75%	0.00	
			50% ≤ y/D < 75%	0.00	122.50
			y/D < 50%	122.50	
		<b>Total</b>		<b>122.50</b>	
		DN150 Projetado	y/D ≥ 75%	0.00	
			50% ≤ y/D < 75%	0.00	788.60
			y/D < 50%	788.60	
		<b>Total</b>		<b>788.60</b>	
Tensão Trativa ≥ 1.00 Pa		DN150 Existente	y/D ≥ 75%	0.00	
			50% ≤ y/D < 75%	0.00	72.70
			y/D < 50%	72.70	
		<b>Total</b>		<b>72.70</b>	
		DN150 Projetado	y/D ≥ 75%	0.00	
			50% ≤ y/D < 75%	269.10	4107.90
			y/D < 50%	3838.80	
		DN200 Projetado	y/D ≥ 75%	0.00	
			50% ≤ y/D < 75%	4.40	4.40
			y/D < 50%	0.00	
		<b>Total</b>		<b>4112.30</b>	

#### ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DE ESGOTO BRUTO

A estação elevatória atual não possui condições de receber o esgoto da rede coletora proposta, uma vez que a entrada e o fundo do atual poço de sucção encontram-se, respectivamente, nas cotas -0.340 m e -1.840 m, enquanto a nova rede coletora chega à área da EEEB na cota -1.637 m. Dessa forma, propôs-se a construção de nova elevatória e respectivo pré-tratamento, que serão alocados dentro da mesma área da elevatória atual. Destaca-se, porém, que se optou pela manutenção do conjunto moto-bomba existente, dado que este apresenta capacidade para atender as condições impostas pelo sistema. A Tabela 7 apresenta as principais características das unidades propostas.



**Tabela 7 – Características da elevatória e do pré-tratamento propostos.**

Unidade	Parâmetro	Valor Proposto
Gradeamento	GI da Tubulação de Chegada (m)	-1.670
	Número de Módulos (un)	2
	Espaçamento Entre as Barras (cm)	2.00
	Espessura das Barras (cm)	0.64
	Largura do Canal (m)	0.40
Caixa de Areia	Número de Alas (un)	2
	Largura do Canal (m)	0.40
	Comprimento do Desarenador (m)	1.60
Poço de Sucção	Diâmetro (m)	2.80
	Cota de Fundo (m)	-3.520
	Cota do NA Mínimo (m)	-2.620
	Cota do NA Máximo (m)	-2.020
	GI da Entrada do Poço (m)	-1.920
Conjunto Moto-bomba	Fabricante e Modelo	ABS AFP 101-410
	Vazão bomba (l/s)	22.60
	Altura manométrica (mca)	21.00
	Potência (cv)	10
	Frequência (rpm)	1750

## CONCLUSÕES

A análise operacional proporciona melhoria no serviço de coleta e transporte de esgoto com a eliminação dos extravasamentos e dos entupimentos e reduzem os custos operacionais com a melhoria do desempenho das elevatórias de bombeamento, redução dos custos com manutenção preventiva da rede, etc.

Fornecer serviços de coleta e transporte do esgoto sanitário tornou-se fundamental para proporcionar melhoria na qualidade de vida da população. Com este intuito a CESAN esta realizando a implantação de redes e unidades do SES da Região Metropolitana da Grande Vitória, através do projeto “Águas Limpas”. Isto levará em 2011 a capital do estado a ser a primeira do país a ter 100% do seu esgoto coletado e tratado

Ressalta-se ser indispensável e de grande importância a implementação de todas as ações propostas nos diagnósticos das bacias e sub-bacias estudadas, como os reforços e substituição de redes de coleta e o redimensionamento de elevatórias, para que os resultados esperados sejam obtidos plenamente, visto que a implementação parcial das ações pode, em alguns casos, dificultar a identificação das melhorias alcançadas.

É preciso, então, que sejam investidos mais recursos na Análise Operacional de SES, visto que é uma nova metodologia em desenvolvimento e pode-se obter uma visão atual, mais precisa e clara dos sistemas existentes, onde se podem prever os possíveis problemas e elaborar melhores projetos alinhados sempre com a idéia do crescimento populacional e melhoria continua do serviço. É preciso também que esteja previsto investimento para implantação das melhorias para que os resultados sejam atingidos plenamente, como citado acima.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. TISUTIYA, SOBRINHO. Coleta e transporte de Esgoto Sanitário. 1ª Ed., São Paulo, Departamento de Engenharia e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999. 548p.
2. IBGE em:  
[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/defaulttabzip\\_esgot\\_san.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/defaulttabzip_esgot_san.shtm)