

## **II-504 - ESTIMATIVAS DE CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE REDES, COLETORES E ELEVATÓRIAS DE ESGOTO**

### **Rodrigo Pinheiro Pacheco<sup>(1)</sup>**

Engenheiro de Produção Civil pela Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UFTPR). Mestre em Engenharia e Ambiental (PPGERHA) pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Engenheiro da Cobrape – Cia Brasileira de Projetos e Empreendimentos.

### **Carlos Eduardo Curi Gallego**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre e Doutorando em Engenharia de Recursos Hídricos (PPGERHA) pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Engenheiro da Cobrape – Cia Brasileira de Projetos e Empreendimentos.

### **Cristóvão Vicente Scapulatempo Fernandes**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Ph.D. pelo Department of Civil and Environmental Engineering da University of Toronto. Professor Associado do Departamento de Hidráulica e Saneamento (DHS) e do PPGERHA da UFPR.

### **Miguel Mansur Aisse**

Engenheiro Civil pela UFPR. Doutor em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Professor Associado do Departamento de Hidráulica e Saneamento (DHS) e do PPGERHA da UFPR.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Departamento de Hidráulica e Saneamento - DHS da Universidade Federal do Paraná; Bloco V - Centro Politécnico - Jardim das Américas; CEP 81.531 – 990; Curitiba – PR; Tel: (41)3361-3144; e-mail: [rodrigopacheco@cobrape.com.br](mailto:rodrigopacheco@cobrape.com.br)

## **RESUMO**

Apesar do transporte dos esgotos ser um assunto recorrente no saneamento básico, ainda não se encontram com frequência, os custos atualizados para a implantação dos elementos deste sistema. Visando orientar os estudos de viabilidade e as políticas para o afastamento dos esgotos, o objetivo deste trabalho foi desenvolver métodos e apresentar estimativas de custos de implantação para a coleta e transporte dos esgotos. Foram atualizados custos de projetos para implantação dos sistemas de transporte. Também foram desenvolvidos pré-dimensionamentos e seus respectivos orçamentos. Para as redes coletoras de esgoto, os resultados foram obtidos através do pré-dimensionamento, considerando diferentes níveis de declividade de terreno, diâmetros da tubulação de 150 a 350 mm e diferentes tipos de solos e urbanização. Para os Coletores e Interceptores foram atualizados os custos de projetos para desenvolver equações com DN's que variam de 200 a 800 mm, dentre materiais de PVC ao Concreto Armado. Para as Estações Elevatórias de Esgoto - EEEs foram obtidas estimativas de custos para faixas de diferentes Alturas Manométricas – Hm: até 15 m.c.a., de 15 a 30 m.c.a., de 30 a 45 m.c.a. e acima de 45 m.c.a., com relação à vazão em L/s. Para as Linhas de Recalque – LR encontrou-se estimativas de custo em função do Diâmetro Nominal – DN com a utilização de diferentes materiais (PEAD, PVC DEFoFo, FoFo e RPVC/PRFV).

**PALAVRAS-CHAVE:** Coleta e transporte de esgotos; coletores e interceptores; custos de implantação; estação elevatória de esgotos, rede coletora de esgotos.

## **INTRODUÇÃO**

Segundo os dados oficiais do Governo Federal, divulgados no Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto (Ministério das Cidades, 2010), a cobertura de esgotamento sanitário no Brasil é da ordem de 43,2% da população total (urbana e rural) para os esgotos coletados e apenas 34,6% da população total para os esgotos tratados. O índice brasileiro do esgoto coletado indica que menos da metade dos domicílios possuem um sistema de coleta e transporte de esgotos até o destino final.

Na prática, a rede coletora acaba sendo a solicitação mais freqüente da comunidade, por retirar o esgoto da porta das casas. O tratamento é sempre postergado, não sendo considerado prioritário pelos municípios, que acabam destinando às outras obras os seus poucos recursos (AISSE, 2000).

Para o transporte do esgoto são considerados seus integrantes as redes coletoras de esgoto, os coletores troncos, os interceptores, as estações elevatórias, as linhas de recalque, as caixas de reuniões, os condutos forçados e os emissários.

No Brasil, ainda há uma carência de informações, no que diz respeito os custos de implantação de sistemas de esgotamento sanitário. Isto não significa que eles não existam, como atestam Brudeki e Aisse (2007); ANA (2008), Lucca, Samways e Aisse (2011), Salazar e Von Sperling (2011). Contudo, no Brasil não é comum a divulgação de informações de custos de obras de saneamento e menos ainda, a compilação destes dados para que representem os valores financeiros realizados (COBRAPE-ENGECORPS-GEOAMBIENTE, 2008). Entretanto, é necessário reunir uma base de dados sólida e suficiente para elaborar estimativas de custo para implantação de Sistemas de Esgotamento Sanitário, no contexto de planejamento de soluções integradas, visando soluções viáveis e sustentáveis.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver método para a estimativa de custos de coleta e transporte de esgoto, fornecendo subsídio às tomadas de decisões e no auxílio ao desenvolvimento dos Estudos de Concepção.

A relevância deste estudo, além de dar subsídios às tomadas de decisões no setor de saneamento, também é utilizar as curvas para os custos de SES como uma ferramenta que possa auxiliar as tomadas de decisões na área do esgotamento sanitário, avaliando a melhor alternativa para implantação do sistema. Bem como, buscar uma padronização dos métodos para obter os custos das estruturas dos SES, minimizando as distorções e disparidades.

## MÉTODOS

### Redes Coletoras de Esgoto

Na obtenção dos custos de implantação da rede coletora de esgoto, observou-se que os fatores que mais influenciam são: (i) material, (ii) diâmetro, (iii) profundidade, (iv) extensão, (v) grau de urbanização e (vi) tipo do solo.

Neste caso as redes coletoras de esgoto foram pré-dimensionadas e orçadas, considerando algumas as condições de redes coletoras que podem ser encontradas *in loco* e que estão detalhas na sequência. Nos pré-dimensionamentos foram consideradas diversas situações que podem ser encontradas em campo. Fato que possibilitou desenvolver uma matriz de orçamentos, de acordo em que os parâmetros são alterados.

Para desenvolver a matriz de orçamento foram fixadas algumas condições de redes coletoras que podem ser encontradas *in loco*, tais como:

- Rede coletora com solo favorável (escavação mecanizada, solo com menos presença de rocha e distância pequena para transporte de bota-fora) e baixa urbanização (pouca presença de calçadas e asfaltos para recomposição e pouca interferência para execução da rede);
- Rede coletora com solo desfavorável (escavação mecanizada e manual, solo com maior presença de rocha e distância grande para transporte de bota-fora) e baixa urbanização;
- Rede coletora com solo favorável e alta urbanização (maior presença de calçadas e asfaltos para recomposição e maior incidência de interferências na implantação da rede); e
- Rede coletora com solo desfavorável e alta urbanização.

Os dados de entrada para os custos das redes coletores de esgoto foram (a) área da sub-bacia, (b) população de saturação da sub-bacia e (c) nível de declividade do terreno.

Quanto ao (i) material para as redes, há vários tipos disponíveis no mercado. Os exemplos mais comuns de tubos para esgotamento sanitário são: cerâmicos, de PVC, de PRFV, de concreto armado, de FoFo, de FD, de aço galvanizado. Existe uma relação financeira entre o material e o diâmetro do tubo que depende do custo do metro linear do material. A partir do acréscimo do diâmetro o que se percebe é o uso de outros materiais considerados alternativos, tornando-se mais viáveis, além dos tubos de PVC e do concreto armado – mais utilizados atualmente.

Para as redes coletoras de esgoto foram considerados apenas o tubo PVC. Desta forma, este estudo considerou apenas o (ii) diâmetro do tubo que será determinado através do número de habitantes (dado de entrada), da área a ser esgotada, utilizando-se da Tabela 1 (Cobrape-Engecorps-Geoambiente, 2008). Considerando os dados de projetos existentes, foi realizada uma distribuição dos diâmetros pela capacidade de escoamento por gravidade, obedecendo ao limite de vazão da tubulação descrita para a inclinação de  $i=0,04\%$ .

**Tabela 1: Distribuição da composição dos diâmetros da rede de transporte de esgotos para cada faixa de população de saturação**

População (hab)	Diâmetros Nominais (mm)						
	150	200	250	350	500	800	1000
1 - 5.000	100%						
5.001 - 10.000	80,00%	20,00%					
10.001 - 20.000	72,73%	18,18%	9,09%				
20.001 - 50.000	69,57%	17,39%	8,70%	4,35%			
50.001 - 100.000	68,09%	17,02%	8,51%	4,26%	2,13%		
100.001 - 200.000	67,37%	16,84%	8,42%	4,21%	2,11%	1,05%	
200.001 - 500.000	67,02%	16,75%	8,38%	4,19%	2,09%	1,05%	0,52%

FONTE: Cobrape-Engecorps-Geoambiente (2008)

Quanto à (iii) profundidade, foi necessário classificar as redes em relação ao tipo de escoramento. As profundidades dos tubos estão diretamente correlacionadas com a declividade do terreno. A Tabela 2 apresenta os tipos de escoramentos comuns utilizados como parâmetro de projeto e obra. Quanto mais profunda a rede se encontra, mais caro será o escoramento para a sua execução.

**Tabela 2: Tipo de Escoramento por Profundidade de Escavação**

Profundidade (m)	Tipo de Escoramento
Até 1,50	Sem escoramento
1,50 – 1,70	Pontalete
1,70 – 2,30	Descontínuo
2,30 – 3,00	Contínuo
3,00 – 4,00	Especial
4,00 – 10,00	Metálico e Madeira

FONTE: SES de Porto Velho – Hagaplan-Cobrape (2008).

Para determinar as profundidades, foram atribuídos percentuais de escoramento. Neste caso foram utilizadas como estudo de caso as informações contidas nas planilhas de dimensionamento das redes coletoras, sendo 70 sub-bacias do Projeto de SES Porto Velho (Hagaplan-Cobrape, 2008). Estas informações foram organizadas, classificadas e parametrizadas, conforme apresentado na tabela 3.

**Tabela 3: Distribuição da composição do tipo de escoramento por nível de declividade terreno**

Nível de declividade	Sem Escoramento	Pontalete	Descontínuo	Contínuo	Especial	Metálico e Madeira
1	81%	5%	11%	3%		
2	66%	8%	16%	9%	1%	0%
3	57%	7%	16%	14%	5%	1%
4	48%	6%	15%	15%	11%	5%
5	23%	3%	18%	21%	20%	15%

Desta forma, é possível obter diferentes custos para redes coletoras por tipo de escoramento, de acordo com o nível de declividade do terreno (dado de entrada).

Então, para se obter o custo da rede, é necessário classificar a área a ser implantada em um dos cinco níveis apresentados na Tabela 3. O nível de declividade 1 representa o terreno com a maior declividade (menor custo de implantação, menor aprofundamento) e o nível de declividade 5 representa o terreno mais plano (maior custo de implantação, maior aprofundamento).

Os cálculos das porcentagens por nível de terreno foram considerados e adotados os seguintes parâmetros:

- Porcentagens das extensões nas faixas de escoramentos para cada sub-bacia de acordo com a Tabela 3;
- Pesos para cada faixa de escoramento, proporcionais aos custos de implantação (preço Sabesp) da respectiva faixa de escoramento;
- Classificação das sub-bacias por ordem crescente em relação à soma dos pesos;
- Foram adotados cinco níveis para classificação crescente das sub-bacias da média aritmética dos escoramentos sendo, de 0 a 10% para o nível 1, de 10 a 30% para o nível 2, de 30 a 60% para o nível 3, de 60 a 90% para o nível 4 e de 90 a 100% para o nível 5;

O (v) grau de urbanização também é um fator que pode ter influência direta nos custos das redes, ou seja, quanto mais urbanizada é a área de implantação (ou sub-bacia), maior é a chance de encontrar interferências, tais como: redes de distribuição de água, redes de drenagem, redes elétrica e telefônica e travessias (de córregos, rodovias e ferrovias) entre outros casos particulares, além dos custos adicionais de recomposição de calçadas e asfalto.

Outro fator determinante é o (vi) tipo do solo onde as redes serão implantadas. Para diferentes tipos de solo existem diferentes tecnologias de execução que possuem influência direta nos custos.

O resultado para as redes coletoras foram apresentados em R\$/m, em quatro matrizes para cada situação de área de implantação, conforme comentado. Lembrando que para se determinar o custo final da rede de uma área é necessário utilizar-se de taxas de implantação de rede, como por exemplo, 180 a 240 metros/ha, conforme o sistema viário da área de projeto.

### **Coletores e Interceptores**

Para a obtenção dos custos de coletores troncos e interceptores, foram utilizados os custos atualizados, conforme o método de atualização apresentado, de projetos e obras existentes, também classificados por diâmetro e material.

O resultado final para os custos dos coletores e interceptores foram apresentados em R\$/m. Então, para se determinar o custo final destas obras lineares é necessário estimar a extensão necessária, de acordo com o estudo de concepção ou alternativas de projetos a serem avaliadas. Outra opção é utilizar-se das relações de DN e população da tabela 1, sendo apenas necessário conhecer a população correspondente do esgoto a ser transportado.

### **Estações Elevatórias de Esgoto**

Para a obtenção dos custos de elevatórias de esgoto foram utilizados os custos atualizados, conforme o método de atualização apresentado, de projetos e obras existentes. Também foi comum observar diferentes custos para mesma vazão de recalque, por influência dos seguintes fatores:

- Altura manométrica da linha de recalque;
- Tipo do conjunto bomba utilizado (submersível, autoescorvante, eixo horizontal, deslocamento positivo, etc.); e
- Padrão construtivo da estrutura civil da EEE (profundidade do poço, tanque de acúmulo, guindaste, entrada, gerador de energia, etc.).
- Para este estudo, propõe-se a seguinte classificação, de acordo com a tabela 4.

**Tabela 4: Classificação das Alturas Manométricas para Conjuntos Bombas das EEEs**

Altura Manométrica	Classificação
Até 15 m.c.a.	Baixa
De 15 a 30 m.c.a.	Média Baixa
De 30 a 45 m.c.a.	Média Alta
Maior que 45 m.c.a.	Alta

Então, os dados de entrada visando determinar o custo de implantação da EEE são: vazão (L/s) e altura manométrica (m.c.a.).

### Linhas de Recalque (Emissários)

Após a atualização dos custos das linhas de recalque, foi necessário classificá-las de acordo com os materiais, pois, percebeu-se uma grande dispersão dos valores dos materiais (PEAD, PVC, PVC DeFoFo, FoFo, FD, PRFV e RPVC) para o mesmo diâmetro nominal.

O dado de entrada da equação para se determinar os custos das linhas de recalque é o DN, que na ausência deste dado, pode ser determinado através da vazão com a ajuda da equação a seguir, conhecida como a equação de Bresse.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q}{\pi \times V}}$$

Onde D é o diâmetro nominal (em m); Q é a vazão (m³/s); e V é velocidade no tubo (0,60 m/s a 3,00 m/s).

O resultado da equação de Bresse é expresso num valor de diâmetro nominal - DN não comercial, que deverá ser arredondado para cima, a favor da segurança, para um DN comercial, ajustando o valor da velocidade no tubo do “novo” DN. Tsutiya & Além Sobrinho (1999) recomendam utilizar-se de velocidades no tubo entre 1,0 a 1,5 m/s para um diâmetro mais econômico.

Desta forma, a equação obtida pelo gráfico do tipo custo por vazão e dada em função DN e apresenta o resultado em R\$/m. Então, para se obter o custo final da linha é necessário conhecer a extensão total. Neste caso, para as extensões, pode se utilizar os dados do estudo de concepção ou alternativa a ser avaliada.

### Atualização Financeira

Foram realizadas atualizações dos seus respectivos valores através do Índice Nacional da Construção Civil - INCC da Fundação Getúlio Vargas – FGV.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Rede Coletora de Esgoto

Os resultados dos custos das redes coletoras de esgoto, por diâmetro, de acordo com o nível do terreno (1 a 5), podem ser observados nas Tabelas 5 a 8.

**Tabela 5: Custo da RCE (R\$/m) para Solo favorável e baixa urbanização**

Nível <sup>(1)</sup>	DN 150 mm (R\$/m)	DN 200 mm (R\$/m)	DN 250 mm (R\$/m)	DN 300 mm (R\$/m)	DN 350 mm (R\$/m)
1	105,08	124,08	156,71	197,34	228,68
2	124,04	143,40	176,37	217,36	249,04
3	137,97	157,72	191,09	232,47	264,55
4	150,97	171,35	205,36	247,37	280,08
5	196,28	218,70	254,74	298,79	333,53

NOTA: <sup>(1)</sup> Nível de declividade de terreno, ver Tabela 3.

No Tabela 5 apresentado é possível observar que o custo das RCE tem um acréscimo de até 46% para o DN 150 mm, de acordo com o nível de terreno aumenta. Para o DN 350 mm este acréscimo é de 31%, considerando a mesma situação. Lembrando que o nível 1 possui declividades mais favoráveis ao transporte, e o nível 5 possui declividades menos favoráveis, com terrenos mais planos, o que resulta, conseqüentemente, num aprofundamento da rede.

**Tabela 6: Custo da RCE (R\$/m) para Solo desfavorável e baixa urbanização**

Nível <sup>(1)</sup>	DN 150 mm (R\$/m)	DN 200 mm (R\$/m)	DN 250 mm (R\$/m)	DN 300 mm (R\$/m)	DN 350 mm (R\$/m)
1	129,68	150,75	185,44	228,15	261,56
2	152,17	173,77	209,01	252,26	286,22
3	170,53	192,77	228,65	272,54	307,14
4	190,97	214,24	251,13	296,04	331,66
5	256,89	283,08	322,90	370,73	409,28

NOTA: <sup>(1)</sup> Nível de declividade de terreno, ver Tabela 3.

Na Tabela 6 apresentado observa-se as mesmas características, entretanto, a condição do solo é mais desfavorável. Para o pré-dimensionado desta Tabela foi considerado presença de 10% de rocha branda, maior distância da jazida para o transporte de solos e mais escavação e compactação manual, o que resultou numa diferença de aproximadamente 38% para o DN 150 mm e 27% para o DN 350 mm, em relação à Tabela 5.

Na Tabela 7 apresenta-se um solo favorável, mas alta urbanização, com mais interferências e recomposição de pavimento maior, o que resultou numa diferença de aproximadamente 38% para o DN 150 mm e 25% para o DN 350 mm, em relação à Tabela 6.

**Tabela 7: Custo da RCE (R\$/m) para Solo favorável e alta urbanização**

Nível <sup>(1)</sup>	DN 150 mm (R\$/m)	DN 200 mm (R\$/m)	DN 250 mm (R\$/m)	DN 300 mm (R\$/m)	DN 350 mm (R\$/m)
1	134,85	155,69	190,17	232,67	265,91
2	154,76	175,96	210,80	253,66	287,25
3	169,77	191,37	226,61	269,88	303,87
4	184,04	206,28	242,17	286,08	320,71
5	232,95	257,25	295,20	341,18	377,88

NOTA: <sup>(1)</sup> Nível de declividade de terreno, ver Tabela 3.

Na Tabela 8 apresentam-se as condições mais extremas com o solo desfavorável e alta urbanização. O que resultou numa diferença de aproximadamente 51% para o DN 150 mm e 37% para o DN 350 mm, em relação à Tabela 1.

**Tabela 8: Custo da RCE (R\$/m) para Solo desfavorável e alta urbanização**

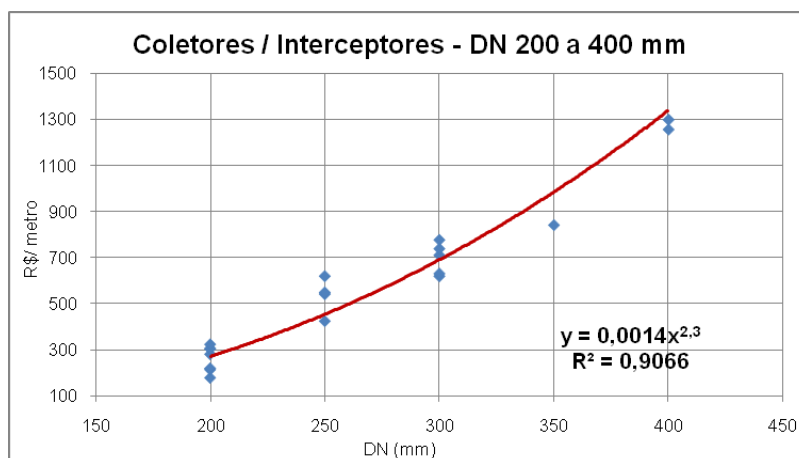
Nível <sup>(1)</sup>	DN 150 mm (R\$/m)	DN 200 mm (R\$/m)	DN 250 mm (R\$/m)	DN 300 mm (R\$/m)	DN 350 mm (R\$/m)
1	166,67	190,45	227,94	273,53	309,91
2	190,68	215,05	253,13	299,31	336,29
3	210,87	235,94	274,72	321,60	359,28
4	233,90	260,10	300,01	348,01	386,81
5	307,03	336,39	379,47	430,65	472,62

NOTA: <sup>(1)</sup> Nível de declividade de terreno, ver Tabela 3.

### Coletores e Interceptores

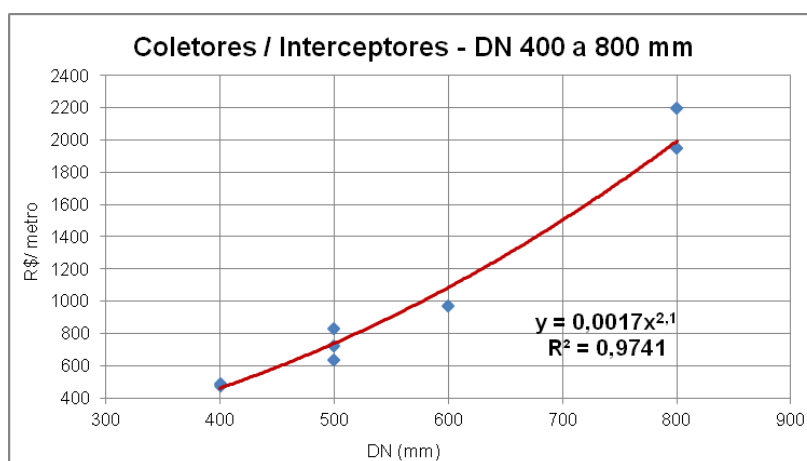
A seguir estão apresentados os resultados dos custos dos Coletores e Interceptores por faixa de diâmetro nominal – DN. O dado de entrada das equações de potência está em função de “x”, diâmetro nominal – DN (em mm) do tubo.

Para classificar os diferentes DN's no mesmo coletor e interceptor foi escolhido um DN', de acordo com melhor relação R\$/m. A figura 1 apresenta a curva e equação para os custos de coletores e interceptores de DN 200 a 400 mm.



**Figura 1: Custo dos Coletores/ Interceptores – DN 200 a 400 mm**

A figura 2 ilustra os custos de coletores e interceptores para DN de 400 a 800 mm.



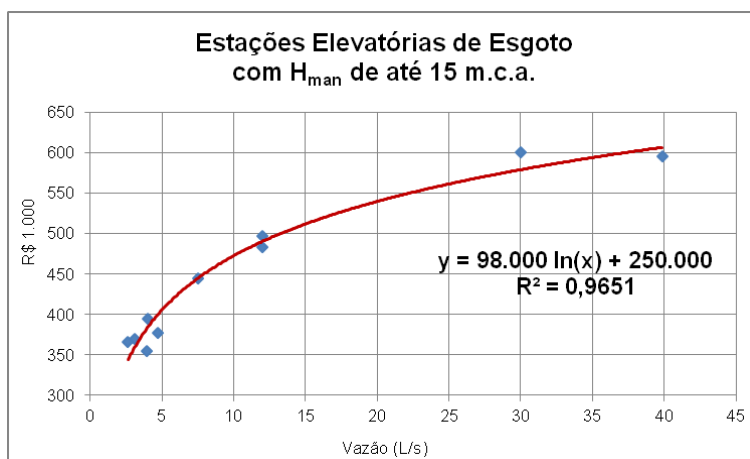
**Figura 2 – Custo dos Coletores/ Interceptores – DN 400 a 800 mm**

### Estações Elevatórias de Esgoto

A seguir (figuras 3 a 6) estão apresentados os resultados para as estações elevatórias de esgoto – EEEs, considerando as diferentes classificações das alturas manométricas, sendo a vazão (em L/s) adotada como a variável “x” da equação.

As estações elevatórias de esgoto nesta faixa de altura manométrica não possuem grande vazão, variando de 2,64 L/s a 39,87 L/s, como é apresentado na figura 3.

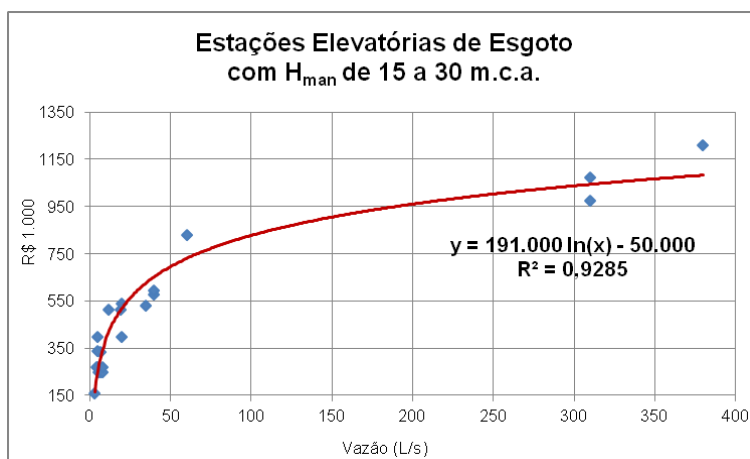




**Figura 3 – Custo de EEE com  $h_{man}$  de até 15 m.c.a**

A linha de tendência que melhor representou os custos das estações elevatórias de esgoto  $h_{man}$  até 15 m.c.a. foi a logarítmica, pois, foi observado que mesmo para elevatórias pequenas é necessário uma estrutura civil mínima, mas com o acréscimo de vazão este custo vai se diluindo com o ganho em escala.

As estações elevatórias de esgoto na faixa de altura manométrica de 15 até 30 m.c.a possuem uma vazão maior, variando de 3,10 L/s a 380,00 L/s, como é apresentado na figura 4.

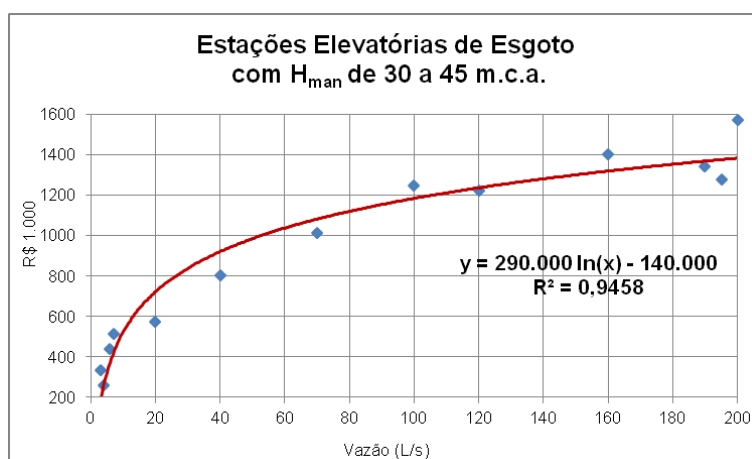


**Figura 4 – Custo de EEE com  $h_{man}$  de 15 a 30 m.c.a.**

A linha de tendência que melhor representou os custos das estações elevatórias de esgoto  $h_{man}$  até 15 a 30 m.c.a. também foi a logarítmica. O acréscimo de vazão faz o custo inicial da unidade pode ser diluído com o ganho em escala.

As estações elevatórias de esgoto na faixa de altura manométrica de 30 até 45 m.c.a possuem uma vazão intermediária de até 200,00 L/s, como é apresentado na figura 5.

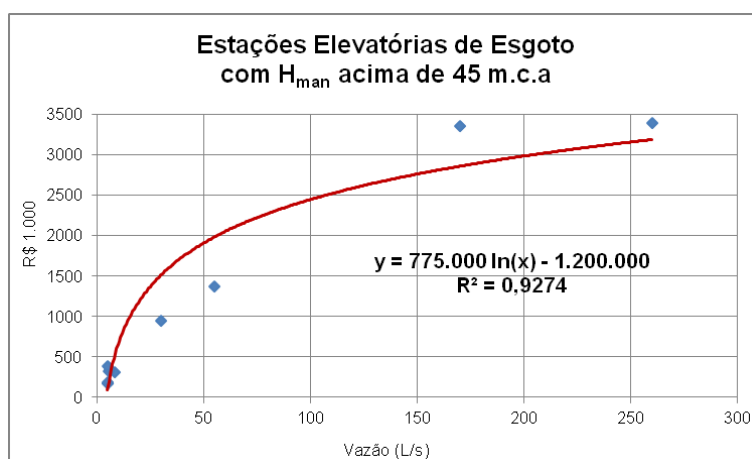




**Figura 5 – Custo de EEE com  $h_{man}$  de 30 a 45 m.c.a.**

Na figura 5 também é possível observar que a linha de tendência escolhida para representar os custos das estações elevatórias de esgoto  $h_{man}$  até 30 a 45 m.c.a. foi a logarítmica.

Percebe-se que as estações elevatórias de esgoto na faixa de altura manométrica acima de 45 m.c.a possuem vazões maiores, que variam de aproximadamente 5 a 260,00 L/s. A equação escolhida para representar os custos das EEEs com  $h_{man}$  acima de 45 m.c.a. é a logarítmica, com um  $R^2$  de 0,9274, que mostra uma boa relação entre os pontos e curva.

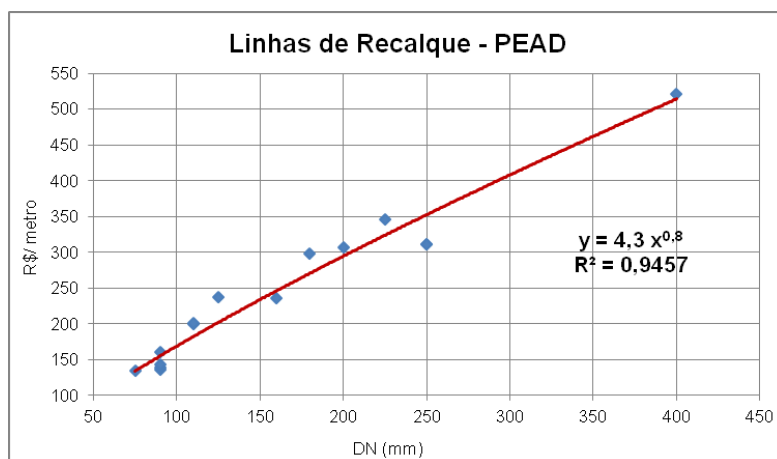


**Figura 6 – Custo de EEE com  $h_{man}$  acima de 45 m.c.a**

### **Linhas de Recalque**

A seguir (figuras 7 a 11) estão apresentados os resultados dos custos para as linhas de recalque, também denominadas como emissários.

A equação que melhor pode exprimir os custos para as linhas de recalque para o material PEAD foi a equação do tipo potência, figura 7. A entrada da equação é dada em função de “x” que é o diâmetro nominal – DN (em mm) da linha de recalque.

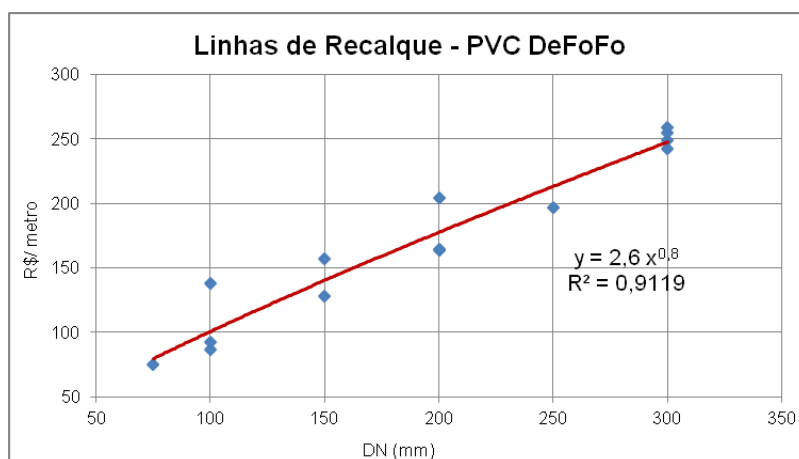


**Figura 7 – Custo de Linhas de Recalque – PEAD**

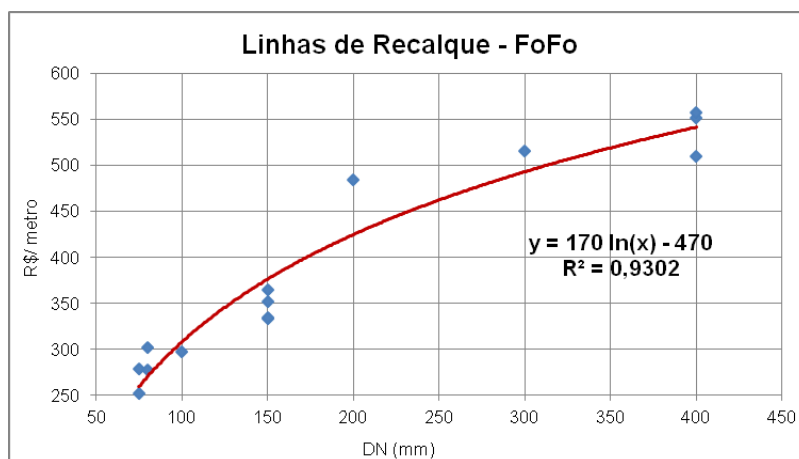
Para as linhas de recalque de PVC DeFoFo também se observou um acréscimo proporcional no valor R\$/m conforme o diâmetro aumenta, porém este valor mostrou-se mais econômico em relação ao PEAD.

Entretanto, os transientes hidráulicos da linha que recalque também podem influenciar na escolha do tubo, pois, é necessário que o material escolhido suporte as pressões positivas e negativas da linha.

A equação escolhida para representar os custos das linhas de recalque de material PVC e DeFoFo (figura 8) foi a do tipo potência. A entrada da equação é dada em função de “x” que é o diâmetro nominal – DN da linha de recalque.



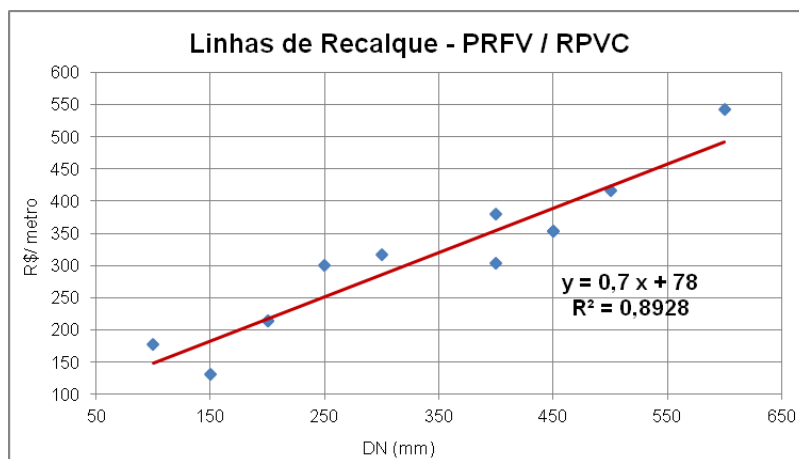
**Figura 8 – Custo de Linhas de Recalque – PVC DeFoFo**



**Figura 9 – Custo de Linhas de Recalque – FoFo**

A equação escolhida para representar os custos da figura 9 (linha de recalque em FoFo) foi a logarítmica, pois, conforme o DN aumenta observou-se uma leve acentuação dos custos. A entrada da equação é dada em função de “x” que é o diâmetro nominal – DN (em mm) da linha de recalque.

Neste caso, como se observa na figura 10, foi adotada a equação linear para representar os custos das linhas de recalque – PRFV / RPVC. A entrada da equação é dada em função de “x” que é o diâmetro nominal – DN da linha de recalque.



**Figura 10 – Custo de Linhas de Recalque – PRFV / RPVC**

## ROTEIRO DE CÁLCULO

Para aplicar os resultados deste trabalho numa área de projeto, foi desenvolvido o seguinte roteiro de cálculo de acordo com cada unidade linear ou localizada:

### Redes Coletoras de Esgoto

- Entrar com a população de saturação da sub-bacia para determinar o DN (mm) através da Tabela 1;
- Escolher o nível de declividade do terreno (1 a 5) mais adequado de acordo com a Tabela 3;
- Escolher a condição em que a área ou localidade da rede a ser implantada (ver a matriz de resultados da rede coletora – tabela de 5 a 8);
- Rede coletora com solo favorável e baixa urbanização;
- Rede coletora com solo desfavorável e baixa urbanização;
- Rede coletora com solo favorável e alta urbanização;
- Rede coletora com solo desfavorável e alta urbanização;
- Calcular a área da sub-bacia ou localidade de esgotamento e aplicar uma taxa de implantação de rede (180 a 240 m/ha) para determinar a extensão de rede coletora (m); e
- Multiplicar a extensão calculada pelos índices (ver matriz de resultados – Tabelas 5 a 8) para o custo das redes coletoras (R\$).

### Coletores e Interceptores

- Determinar o DN (mm) do interceptor. Pode ser através da Tabela 1;
- Aplicar o DN (mm) na curva de coletores e interceptores (ver figuras 1 a 2);
- Multiplicar o resultado da equação pela extensão estimada (m) para o custo dos coletores e interceptores (R\$);

### Estações Elevatórias de Esgoto

- Calcular ou estimar a altura manométrica da linha de recalque da EEE (m.c.a.);
- Determinar a faixa da manométrica (Tabela 4) para a escolha a curva (ver figuras 3 a 6);
- Calcular ou estimar a vazão (L/s) para se determinar o custo da EEE (R\$);

### **Linhas de Recalque (Emissários)**

- Calcular ou estimar o DN da linha de recalque (equação de Bresse);
- Escolher o tipo de material da linha de recalque (PEAD, PVC, PVC DeFoFo, FoFo, FD, PRFV e RPVC) para aplicar nas curvas (ver figuras 7 a 10);
- Estimar a extensão da linha de recalque (m);
- Multiplicar a extensão (m) pelo resultado das curvas (R\$/m) para se obter o custo (R\$);

### **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Foram desenvolvidos métodos para composições e estimativas de custos para a coleta e afastamento dos esgotos, demonstrados através de tabelas e curvas, para dar subsídio às tomadas de decisões e no auxílio ao desenvolvimento dos Estudos de Concepção.

Especificamente, foram desenvolvidos métodos para composição de custos de coleta e transporte de esgoto, a saber:

#### **Redes Coletoras de Esgoto**

Foram pré-dimensionadas e orçadas quatro situações (solo favorável e baixa urbanização – nível 3 e DN 150 mm = R\$137,97/m; solo desfavorável e baixa urbanização – nível 3 e DN150 mm = R\$170,53/m; solo favorável e alta urbanização – nível 3 e DN150 mm = R\$169,77/m; e solo desfavorável e alta urbanização – nível 3 e DN150 mm= R\$210,87/m).

O material orçado foi o PVC (amplamente utilizado) com DN 150 a 350 mm e diferentes níveis de terreno (1 a 5), como pode ser observado nos resultados (tabela 5 a 8), totalizando 100 resultados de custo de rede coletora de esgoto.

É importante estar atendo as restrições do usos destes custos: material PVC, método construtivo das redes (à céu aberto) e composição do orçamento padrão Sanepar – Companhia de Saneamento do Paraná.

#### **Coletores e Interceptores**

Para determinar os custos dos coletores e interceptores foram atualizados orçamentos de projetos existentes, classificados por diâmetro e material. Os resultados foram apresentados em duas faixas de DN, conforme os orçamentos, de 200 a 400 mm e de 400 a 800 mm, respectivamente apresentados pelas equações 1 e 2.

$$y = 0,0014 x^{2,3} \quad (\text{EQ 1})$$

$$y = 0,0017 x^{2,1} \quad (\text{EQ 2})$$

É importante ressaltar que as equações possuem uma limitação quanto ao uso das faixas dos diâmetros. O uso equação 1 é restrito entre os DN's 200 à 400 mm e da equação 2 é restrito entre os DN's 400 à 800 mm.

Ainda para os custos equação 1 os DN's próximos à 400 mm não são financeiramente viáveis, pois, o material classificado desta equação foi o PVC – menos competitivo que o concreto armado da equação 2.

#### **Estações Elevatórias de Esgoto**

Para determinar os custos das estações elevatórias de esgoto foram atualizados orçamentos de projetos existentes, classificados por vazão e faixas de alturas manométricas (quatro grupos – ver metodologia).

O resultado para as Estações Elevatórias de Esgoto com  $h_{\text{man}}$  de até 15 m.c.a pode ser representado pela equação 3.

$$y = 98.000 \ln(x) + 250.000 \quad (\text{EQ 3})$$

O resultado para as Estações Elevatórias de Esgoto com  $h_{\text{man}}$  de 15 até 30 m.c.a pode ser representado pela equação 4.

$$y = 191.000 \ln(x) + 50.000 \quad (\text{EQ 4})$$

O resultado para as Estações Elevatórias de Esgoto com  $h_{\text{man}}$  de 30 até 45 m.c.a pode ser representado pela equação a seguir.

$$y = 290.000 \ln(x) + 140.000 \quad (\text{EQ 5})$$

O resultado para as Estações Elevatórias de Esgoto com  $h_{\text{man}}$  acima de 45 m.c.a pode ser representado pela equação 6.

$$y = 775.000 \ln(x) - 1.200.000 \quad (\text{EQ 6})$$

Aqui também vale destacar o cuidado para o uso das equações quanto aos seus limites: a equação 3 é restrita para as vazões entre 0 a 40 L/s, a equação 4 é restrita para as vazões entre 0 a 380 L/s, a equação 5 é restrita para as vazões entre 0 a 200 L/s e a equação 6 é restrita para as vazões entre 0 a 260 L/s.

### **Linhas de Recalque**

Para determinar os custos das linhas de recalque foram atualizados orçamentos de projetos existentes destes elementos, classificados por DN, material (PEAD, PVC DeFoFo, FoFo e PRFV/ RPVC) e vazão.

O resultado para as Linhas de Recalque para o material PEAD pode ser representado pela equação 7.

$$y = 4,3 \times 0,8 \quad (\text{EQ 7})$$

O resultado para as Linhas de Recalque para o material PVC DeFoFo pode ser representado pela equação 8.

$$y = 2,6 \times 0,8 \quad (\text{EQ 8})$$

O resultado para as Linhas de Recalque para o material FoFo pode ser representado pela equação 9.

$$y = 170 \ln(x) - 470 \quad (\text{EQ 9})$$

O resultado para as Linhas de Recalque para os materiais PRFV e RPVC pode ser representado pela equação 10.

$$y = 0,7 \times + 78 \quad (\text{EQ 10})$$

Os limites para o uso das linhas por faixas de DN's são: a equação 7 do DN 75 à 400 mm, a equação 8 do DN 75 à 300 mm, a equação 9 do DN 80 à 400 mm e a equação 10 do DN 75 à 600 mm. Também foi observado que o PVC DeFoFo é o mais econômico até DN 300 mm, seguido do PRFV e RPVC DN's superiores.

### **Roteiro de cálculo**

E por fim, foi desenvolvido um roteiro de cálculo para auxiliar a aplicação da metodologia de numa determinada área de projeto. Neste roteiro foram considerados todos os dados de entradas necessários para que um usuário possa utilizar o método deste os custos de coleta ao tratamento dos esgotos e lodos.

### **Considerações Finais**

Este artigo foi desenvolvido através da Dissertação intitulada Custos para Implantação de Sistemas de Esgotamento Sanitário (PACHECO, 2011), apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, como requisito para a obtenção do grau de mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental.

Os custos apresentados neste artigo possuem base de atualização orçamentária de maio de 2011. Entretanto, utilizando-se do fator multiplicador igual a 1,154 (INCC) têm-se os custos atualizados para o primeiro semestre de 2013.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFIAS

1. AISSE, M. M.; Sistemas Econômicos de Tratamento de Esgotos Sanitários. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, 2000.
2. ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS, Termos de Referência para Elaboração dos Serviços de Estimativas Orçamentárias para as Intervenções em Captação, Adução e Tratamento de Água e Tratamento de Esgotos. Atlas de Abastecimento de Água do Nordeste, Regiões Metropolitanas e Sul. Brasil, 2008.
3. BRUDEKI, N.; AISSE, M. M.; Custos Estruturais por Habitante em Saneamento Básico no Estado do Paraná. 24.º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Anais. Belo Horizonte - MG, 2007.
4. COBRAPE-ENGEORPS-GEOAMBIENTE, Nota Técnica – Metodologia de Cálculo das Curvas de Custo. Brasília: ANA, SPR, 2008.
5. HAGAPLAN-COBRAPE, Resultados dos Dimensionamentos das Redes Coletoras por Sub-Bacias. Estudo de Concepção, Projeto de Engenharia e Projeto Executivo dos Sistemas de Esgotamento Sanitário de Porto Velho. 2008.
6. LUCCA, V. P.; SAMWAYS, G.; AISSE, M. M.; Estudo dos Custos de Implantação e Operação de Sistemas de Coleta e Tratamento de Esgotos Sanitários para Pequenas Comunidades. Anais. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre – RS, 2011.
7. MINISTÉRIO DAS CIDADES, Diagnóstico de Serviços de Água e Esgoto – SNIS 2008. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, PMSS 2010;
8. PACHECO, R. P. Custos para Implantação de Sistemas de Esgotamento Sanitário. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Universidade Federal do Paraná.
9. SALAZAR, B. L.; VON SPERLING, M.; Desenvolvimento de Funções de Custos de Implantação para Redes Coletoras e Interceptores. Anais. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre – RS, 2011.
10. SES de Porto Velho – HagaplanCobrape (2008).
11. TSUTIYA, M.; ALÉM SOBRINHO, P.; Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1999.