

## II-137 - INFLUÊNCIA DO TRAÇADO EM REDES COLETORAS – CASO: ALVORADA, PI

### **Renan Maycon Mendes Gomes<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Mestre em Engenharia de Materiais pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais do Instituto Federal do Piauí (PPGEM/IFPI). Professor Assistente do Centro Universitário UNINOVAFAPI.

### **Demerval Martins dos Santos Segundo<sup>(2)</sup>**

Engenheiro Civil pelo Centro Universitário UNINOVAFAPI.

### **Renata Shirley de Andrade Valdivino<sup>(3)</sup>**

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutora em Engenharia Civil concentração em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professora Adjunta do Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Piauí (DRHGSA/UFPI).

### **Alessandro de Araújo Bezerra<sup>(4)</sup>**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutor em Engenharia Civil concentração em Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor Adjunto do Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental da Universidade Federal do Piauí (DRHGSA/UFPI).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Vitorino Orthiges Fernandes, 6123 – Uruguai – Teresina – PI - CEP: 64073-505 – Brasil – Tel: (86) 2106-0700 – e-mail: [renan@uninovafapi.edu.br](mailto:renan@uninovafapi.edu.br)

### **RESUMO**

A viabilidade econômica, técnica e ambiental do empreendimento são fatores de grande importância para a execução de um projeto de esgotamento sanitário. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi interpretar o comportamento dos parâmetros técnicos e econômicos da rede coletora da sub-bacia do bairro Alvorada, em relação às mudanças no traçado. Foram dimensionados e orçados 8 traçados de rede coletora. Para o dimensionamento dos diferentes traçados de rede coletora, foi utilizada a planta altimétrica da sub-bacia do Alvorada, na escala 1:2000. Os diferentes traçados de rede coletora foram dimensionados por meio do programa UFC9, versão 12 de novembro de 2014. As planilhas orçamentárias foram desenvolvidas com o auxílio do programa *Microsoft Excel*®, versão 2013. Neste estudo foi verificado que além da profundidade o parâmetro diâmetro é um fator determinante para melhorar a viabilidade técnica e econômica para a implantação de um sistema de esgotamento sanitário.

**PALAVRAS-CHAVE:** Rede Coletora, Traçado, Parâmetros Técnicos, Parâmetros Econômicos.

### **INTRODUÇÃO**

A população mundial tem crescido consideravelmente nas últimas décadas, no entanto, os investimentos em infraestrutura referentes à implantação do saneamento básico com vista à melhoria da qualidade de vida da população não acompanhou esse ritmo, ocasionando um déficit nesse setor que está intimamente relacionado com a saúde pública [1-3].

Para Nuvolari [4], os serviços enquadrados no item movimento de terra são os grandes responsáveis pelo encarecimento dos projetos de rede coletora. Dessa maneira, o traçado do sistema influencia no custo final da obra, haja vista que a variação no sentido do fluxo do efluente interfere nas profundidades dos elementos do sistema [5].

Além da viabilidade econômica, a viabilidade técnica e ambiental do empreendimento são fatores de grande importância para execução de um projeto de esgotamento sanitário. Normalmente, os projetistas tendem a realizar os estudos de viabilidade econômica levando em consideração apenas duas alternativas de traçado, convencional e condominial, sendo o primeiro quase sempre utilizado por questões técnicas, apesar de, geralmente, apresentar maiores custos.

Para transpor as dificuldades inerentes ao setor de saneamento básico, no Brasil e no mundo, iniciativas e pesquisas com vista a ampliar a viabilidade econômica de obras de saneamento são consideradas relevantes, uma vez que a redução dos custos de construção pode fomentar a vontade de investimentos, por parte dos órgãos públicos, em infraestrutura de saneamento [6,7].

É importante mencionar que a saúde pública deve ser encarada não só como uma questão médica, mas também como um problema de engenharia, contribuindo para o entendimento da relevância da condução de estudos mais aprofundados em projetos de esgotamento sanitário, com a análise das alternativas para o traçado da rede, a fim de encontrar o projeto mais próximo do ideal, viabilizando e ampliando o acesso ao saneamento básico e conseqüentemente à melhoria da qualidade de vida da população.

## OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi interpretar o comportamento dos parâmetros técnicos e econômicos da rede coletora em relação às mudanças no traçado e conseqüentemente no sentido do fluxo de esgoto.

## METODOLOGIA

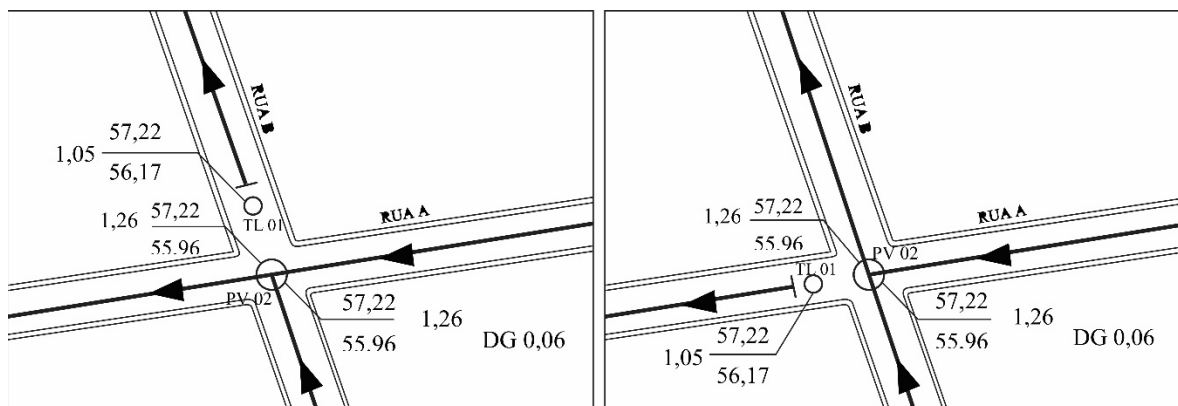
Este estudo envolveu o dimensionamento de diferentes trechos de rede coletora para uma única sub-bacia. As informações sobre o local de estudo presentes neste trabalho, bem como alguns parâmetros de dimensionamento foram coletados junto a Unidade de Gerenciamento do Programa Lagoas do Norte, vinculada à Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação (SEMPPLAN) do município de Teresina-PI.

Para a realização deste trabalho foi selecionada a sub-bacia PA-8/4, também conhecida como sub-bacia do Alvorada, por compreender o bairro Parque Alvorada, localizado na zona norte do município de Teresina-PI. Essa sub-bacia é parte da macrobacia do rio Parnaíba, estando limitada ao norte pelo bairro Nova Brasília, ao sul e ao leste pelo bairro Aeroporto e ao oeste pelos bairros Matadouro e São Joaquim.

A escolha deste subdistrito levou em consideração fatores como facilidade de obtenção das informações inerentes ao projeto, bem como a dimensão da área compreendida pela bacia, uma vez que o porte da rede permite alternativas de traçado sem grandes mudanças no projeto original.

Foram realizadas oito alternativas de traçado e seu dimensionamento foi idealizado de maneira a preservar, sempre que possível, as características técnicas como extensão total da rede coletora, bem como a quantidade e disposição das singularidades, além de se aproximar do comprimento original.

No âmbito deste trabalho, o primeiro traçado de rede coletora foi dimensionado seguindo as diretrizes do projeto original, fornecido pela SEMPLAN. Dessa maneira, foi possível formar uma base de referência para posterior comparação com os demais trechos, sendo que a figura 1 mostra um exemplo de alteração feito no sentido de escoamento do efluente, para a sub-bacia em estudo, de forma a modificar o sentido do fluxo de esgoto, com o objetivo de idealizar novos trechos para a mesma rede coletora.



**Figura 1: Exemplo de alteração no sentido do fluxo de esgoto.**

Em geral, a idealização dos traçados seguiu alterando o sentido do fluxo de esgoto. No entanto, a fim de atender anseios técnicos, a 3ª e a 7ª alternativa de traçado sofreram uma modificação mais acentuada. Dessa maneira, durante a concepção da 3ª alternativa optou-se por eliminar dois terminais de limpeza, com o objetivo de eliminar um trecho. Em relação a 7ª alternativa de traçado, a ideia foi inverter o fluxo do efluente.

A tabela 1 apresenta as informações técnicas para as 8 alternativas dimensionadas, com ênfase na extensão total da rede, na quantidade de singularidades, na quantidade de trechos da rede coletora e no intervalo de declividade demonstrada por cada uma das alternativas.

**Tabela 1: Informações técnicas das alternativas de traçado.**

Traçado	Extensão m	Poço de Visita	Terminal de Limpeza	Nº Trecos	Declividade m/m
<b>1ª REDE</b>	11.915,90	122	63	185	0,00098 – 0,07175
<b>2ª REDE</b>	11.915,90	122	63	185	0,00098 – 0,07175
<b>3ª REDE</b>	11.920,10	123	61	184	0,00098 – 0,07175
<b>4ª REDE</b>	11.916,00	122	63	185	0,00098 – 0,07175
<b>5ª REDE</b>	11.915,90	122	63	185	0,00098 – 0,07175
<b>6ª REDE</b>	11.916,00	122	63	185	0,00098 – 0,07175
<b>7ª REDE</b>	11.881,80	122	63	185	0,00098 – 0,07175
<b>8ª REDE</b>	11.915,80	122	63	185	0,00098 – 0,07175

Foram dimensionadas oito alternativas de traçado para a mesma rede coletora, variando, em geral, o sentido do fluxo do esgoto e conseqüentemente a disposição das pontas secas e/ou demais singularidades ao longo da rede. No entanto, vale ressaltar que o comprimento virtual da rede foi mantido sem grandes alterações, em virtude do projeto prever 100% de atendimento para a sub-bacia.

Os diferentes traçados de rede coletora foram dimensionados por meio do programa UFC9, versão 12 de novembro de 2014, desenvolvido pela Universidade Federal do Ceará, com o objetivo de auxiliar os projetistas no dimensionamento de redes coletoras de esgoto, iniciado a partir do AutoCAD que utiliza como linguagem de programação o AutoLISP, o *Visual Basic for Applications* e o *Visual Basic* [8].

A partir do traçado original, os traçados subsequentes foram dimensionados alterando a disposição das pontas secas, com exceção da 3ª e 7ª alternativas de traçado. A tabela 2 apresenta os dados utilizados para o dimensionamento das alternativas.

**Tabela 2: Parâmetros considerados para o projeto.**

<b>População de Início de Projeto</b>	P = 7569 hab
<b>População de Fim de Projeto</b>	P = 9243 hab
<b>Consumo de água efetivo per capita</b>	q = 130,23 l/s
<b>Coefficiente de Retorno</b>	C = 0,80
<b>Índice de Atendimento</b>	I <sub>a</sub> = 1,00 (100%)
<b>Coefficiente de máxima vazão diária</b>	K <sub>1</sub> = 1,20
<b>Coefficiente de máxima vazão horária</b>	K <sub>2</sub> = 1,50
<b>Taxa de Contribuição de Infiltração</b>	T <sub>inf</sub> = 0,1 l/s x km = 0,0001 l/s x m

Fonte: Dados fornecidos pela SEMPLAN [9].

Com o auxílio do programa *Microsoft Excel*®, versão 2013, foram elaboradas planilhas orçamentárias de cada um dos oito traçados dimensionados, subdividindo o orçamento nas categorias apresentadas abaixo:

- **Serviços Preliminares:** nesta categoria encontram-se os serviços que deverão ser realizados na fase inicial da obra, como por exemplo locação de rede coletora, sinalização, colocação de proteções.
- **Movimento de Terra:** relativo aos serviços de escavação manual e mecânica, bem como movimento de terras em geral, como por exemplo aterro, reaterro.

- **Escoramento:** relativo a necessidade de escorar as valas dos trechos escavados. De acordo com a NBR 12266, trechos com profundidade superior a 1,25m devem ser escorados [10].
- **Esgotamento:** relativo ao esgotamento dos trechos escavados.
- **Fundações e Estruturas:** nesta categoria encontra-se os poços de visita e os terminais de limpeza.
- **Assentamento de Tubulações:** relativo ao assentamento das tubulações nas valas escavadas.
- **Fornecimento de Tubulações e Conexões:** relativo a aquisição dos tubos e conexões da rede coletora.
- **Pavimentação:** nesta categoria encontra-se os serviços de demolição e reposição da pavimentação das ruas onde passam a rede coletora.
- **Serviços Finais:** Neste item encontra-se o serviço de teste final da rede coletora, para garantir seu perfeito funcionamento.

Vale ressaltar que a base de referência utilizada para análise dos custos foi o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), referente ao mês de fevereiro de 2013, data do projeto original, organizado pela CAIXA, em parceria com o IBGE. Entretanto, para os serviços de retirada de pavimentação poliédrica, demolição de pavimentação asfáltica, pavimentação em pedra tosca, teste de rede coletora e terminal de limpeza, em virtude da falta de informações no SINAPI, foram realizadas composições com coeficientes extraídos do ORSE e do SEINFRA, para estimar o preço unitário dos serviços mencionados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### COMPARAÇÃO TÉCNICA

A análise técnica de um empreendimento de grande impacto, como a implantação de uma rede coletora, é essencial para garantir a viabilidade de iniciativas no setor de saneamento básico do país, pois a construção de um sistema de esgotamento sanitário pode trazer grandes benefícios para a comunidade na qual está inserida. No entanto, tais benefícios são materializados apenas após a implantação do sistema, visto que durante a construção ela pode causar transtornos aos transeuntes e residentes locais.

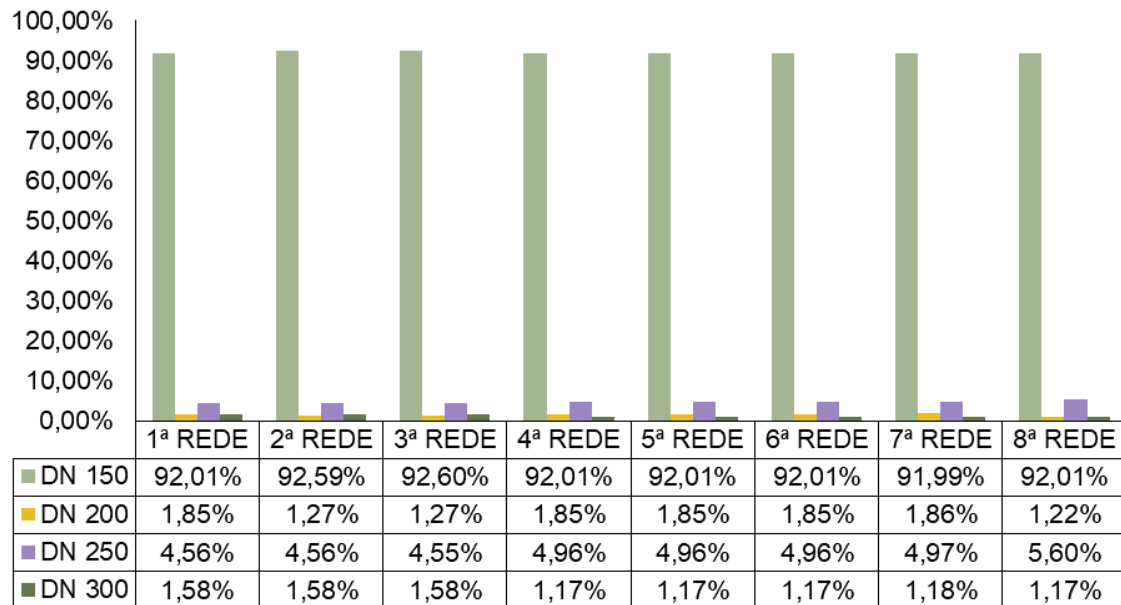
Dessa maneira, comparar tecnicamente os diferentes traçados da rede coletora é importante para minimizar os impactos e os possíveis transtornos causados pelas obras de implantação do sistema de esgotamento sanitário. Além de atestar as características mais vantajosas para cada uma das redes dimensionadas.

### DIÂMETRO

Em relação ao diâmetro da rede coletora, pode-se ressaltar que, para todas as alternativas, o diâmetro mínimo utilizado foi de 150 milímetros e o máximo foi de 300 milímetros. Entretanto, após os dimensionamentos, foi possível observar uma variação na distribuição do comprimento das tubulações, em relação aos diâmetros. Dessa forma, a tabela 3 mostra a extensão total da rede coletora por diâmetro, e a figura 2 apresenta a extensão da rede coletora por diâmetro em porcentagem.

**Tabela 3: Comprimento, em metros, da rede organizado por diâmetro.**

TRAÇADO	DN 150	DN 200	DN 250	DN 300	TOTAL
1ª REDE	10.964,10	221,00	542,80	188,00	11.915,90
2ª REDE	11.033,50	151,60	542,80	188,00	11.915,90
3ª REDE	11.037,70	151,60	542,80	188,00	11.920,10
4ª REDE	10.964,20	221,00	591,10	139,70	11.916,00
5ª REDE	10.964,10	221,00	591,10	139,70	11.915,90
6ª REDE	10.964,20	221,00	591,10	139,70	11.916,00
7ª REDE	10.930,00	221,00	591,10	139,70	11.881,80
8ª REDE	10.964,00	144,90	667,20	139,70	11.915,80



**Figura 2: Distribuição dos diâmetros ao longo das redes coletoras dimensionadas, em porcentagem.**

Essa variação foi possível devido a mudança do traçado e, portanto, no fluxo de efluente, alterando os diâmetros de alguns trechos. De acordo com o gráfico é possível perceber que, a partir da 4ª alternativa de traçado, alguns trechos que possuíam diâmetro de 300 milímetros foram reduzidos para o diâmetro imediatamente inferior. É importante mencionar que, para essas alternativas, com exceção da 8ª Rede, os trechos de 250 milímetros também foram convertidos em diâmetros de 200 milímetros, evidenciando a relevância do traçado da rede coletora no dimensionamento do sistema.

Em relação a 8ª alternativa de traçado, foi possível perceber que, em virtude do sentido do fluxo de efluente adotado, houve uma elevação do diâmetro, para o imediatamente superior, de alguns trechos antes dimensionados com 200 milímetros, devido a isso o comprimento dos trechos com 250 milímetros aumentou, consideravelmente, em relação as demais alternativas.

## PROFUNDIDADES

Um dos parâmetros mais relevantes na construção de uma rede coletora é a profundidade dos elementos do sistema pois, tubulações excessivamente profundas exigem uma maior complexidade de execução, podendo muitas vezes inviabilizar, do ponto de vista técnico, a implantação do sistema, uma vez que para alcançar maiores profundidades deve-se criar uma logística mais elaborada, com acréscimo de maquinário, escoramentos e mão de obra.

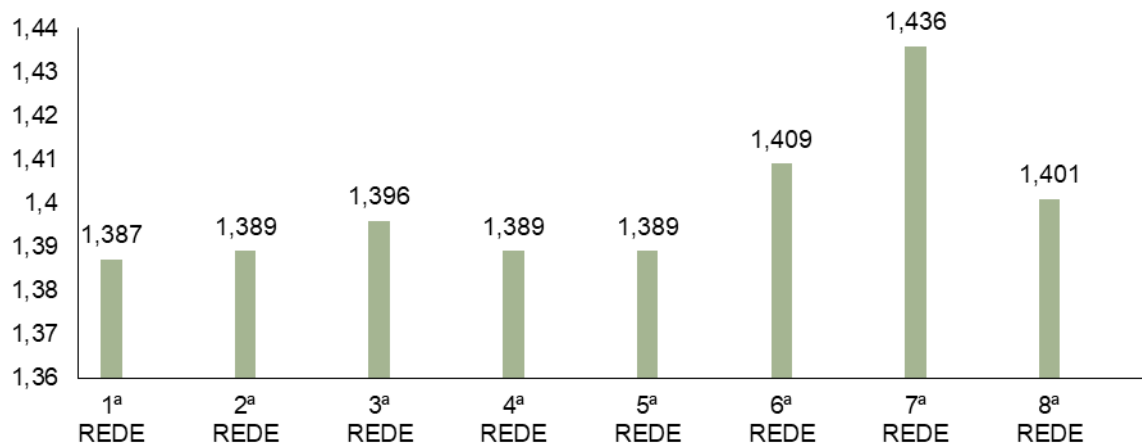
Além de prejudicar a execução da rede coletora, profundidades elevadas implicam em aumento dos custos de construção, podendo até dobrar o valor da obra, haja vista que os itens relacionados a escavação e escoramento das valas correspondem a quase 50% do preço final da obra [4].

Em relação aos resultados obtidos na pesquisa, é possível notar que a menor profundidade utilizada foi de 1,05 metros, e que, em geral as profundidades máximas mantiveram-se equivalentes e as profundidades médias apresentaram uma leve variação. No entanto, a 7ª alternativa de traçado comportou-se de maneira diferente, em relação as demais, pois apresentou uma profundidade máxima superior as outras em 34 centímetros, além de apresentar a maior profundidade média, conforme mostra a figura 3.

Usualmente, o parâmetro profundidade está intimamente relacionado à topografia do terreno e à declividade dimensionada para a rede coletora. Entretanto, estes não são os únicos fatores preponderantes para a determinação da profundidade da rede coletora, uma vez que o traçado da rede também interfere neste

parâmetro, pois ao mudar o traçado, altera-se o sentido do fluxo, o que pode impactar nas declividades dos trechos dimensionados, ocasionando, portanto, mudanças na profundidade de alguns destes trechos.

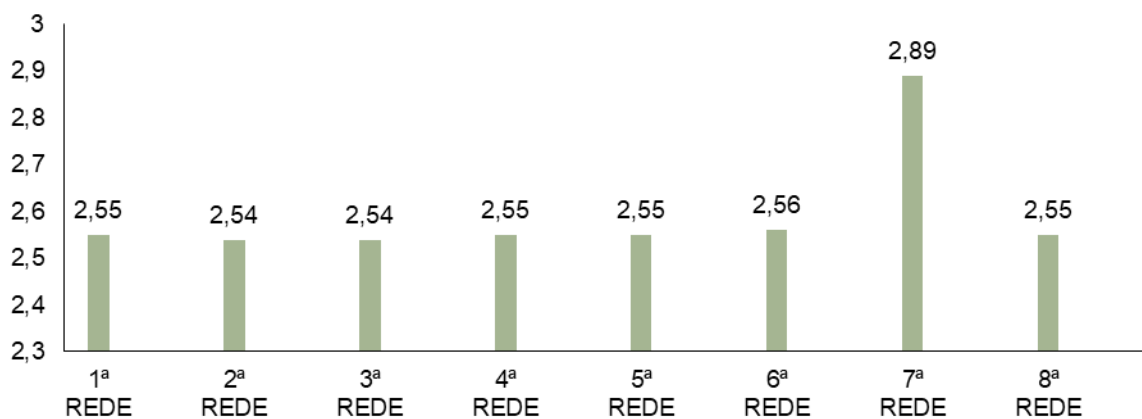
Como parâmetro para identificar o grau de profundidade de uma rede coletora, é comum comparar as profundidades médias do sistema. Assim, a figura 3 apresenta este parâmetro para cada uma das alternativas dimensionadas.



**Figura 3: Profundidade média, em metros, para as alternativas dimensionadas.**

Analisando a figura 3 é possível visualizar, de maneira mais evidente, a variação na profundidade média da rede coletora, quando da mudança do traçado na referida rede. Dessa forma, é importante ressaltar que a profundidade da 7ª alternativa de traçado apresenta-se como um fator de desvantagem da mesma, visto que sua execução exigiria um volume de serviços maior que as demais.

Outro fator relevante para mensurar o nível de profundidade e, portanto, de dificuldade de execução da obra, é a profundidade do último elemento da rede coletora, ou seja, da profundidade de saída do sistema. A figura 4 apresenta a profundidade de saída para cada uma das alternativas dimensionadas.



**Figura 4: Profundidade de saída, em metros, para as alternativas dimensionadas.**

Em geral, as profundidades de saída de todas as alternativas apresentaram-se semelhantes, ou seja, sem grandes alterações. No entanto, novamente, a 7ª alternativa de traçado exibiu uma profundidade mais acentuada, em relação as demais, evidenciando a dificuldade de execução da mesma.

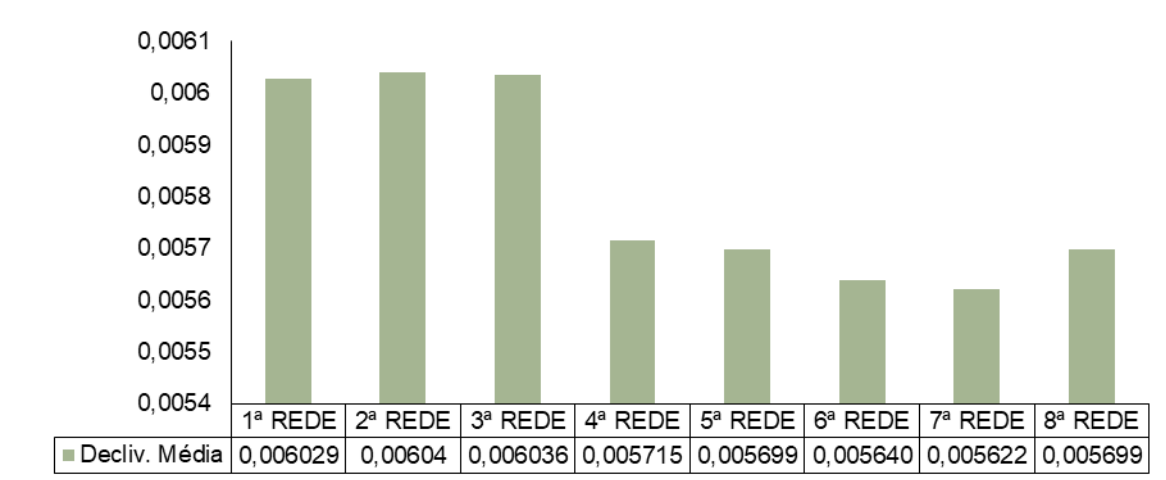


## DECLIVIDADE

O parâmetro declividade é outro fator importante para a determinação das profundidades. Porém, esse fator também está diretamente relacionado a determinação do diâmetro, das velocidades e tensão trativa. Dessa maneira, o parâmetro declividade é de extrema importância durante o dimensionamento da rede coletora.

Compreender o comportamento da declividade na variação do traçado é um fator preponderante para mensurar o impacto econômico do sistema. Além disso, como exposto anteriormente a inclinação da rede coletora é um parâmetro muito importante na determinação da profundidade do sistema, ou seja, é relevante, também, do ponto de vista técnico, uma vez que redes muito profundas demandam maiores cuidados.

A figura 5 apresenta as declividades médias para cada uma das alternativas dimensionadas, pois as declividades mínimas e máximas foram iguais para todas elas.

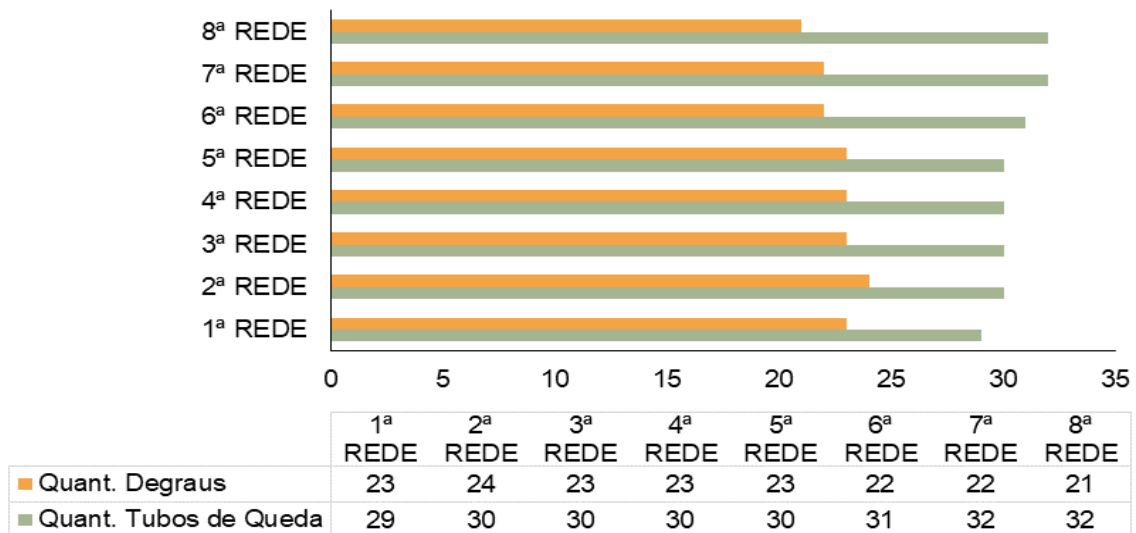


**Figura 5: Declividades (m/m) média para as alternativas dimensionadas.**

Em relação a figura 5, observa-se que todas as alternativas apresentaram uma leve variação na declividade média. Além disso, é importante mencionar que a 7ª alternativa de traçado apresentou a menor declividade média mostrando que esta alternativa apresentou o uso da declividade mínima mais do que as outras, em virtude desta alternativa ter mostrado a maior profundidade média e, portanto, obrigando mais trechos a se adequarem a declividade mínima, em detrimento da declividade do terreno.

## DEGRAUS E TUBOS DE QUEDA

Para a realização do controle de remanso é necessário a previsão de degraus que evitem o refluxo do esgoto. Além disso, conforme a NBR 9649 [11], sempre que o coletor afluente apresentar um degrau com altura igual ou superior a 0,50 metros, deve-se substituir esse degrau por um tubo de queda. Dessa maneira, a figura 6 demonstra as quantidades de degraus e tubos de queda para cada uma das alternativas dimensionadas.



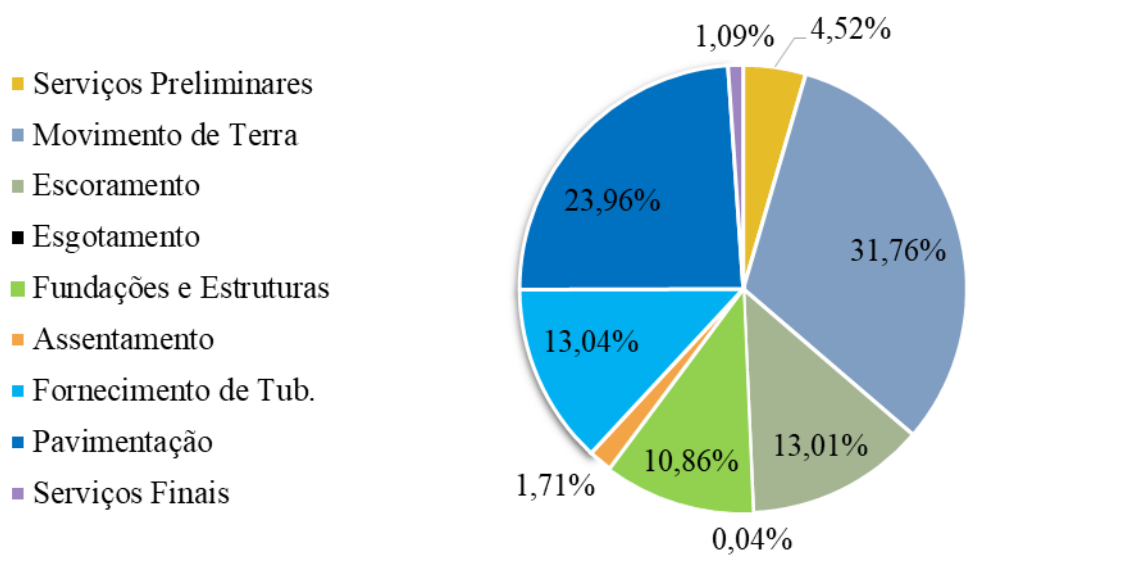
**Figura 6: Quantidade de degraus e tubos de queda nas alternativas dimensionadas.**

Conforme exposto na figura 6 a quantidade de degraus e tubos de queda tiveram uma leve variação ao longo das alternativas de traçado. Dessa maneira, as dificuldades e inconvenientes que poderiam prejudicar a implantação da rede coletora não apresentariam grandes variações entre as alternativas de traçado dimensionadas.

### COMPARAÇÃO ECONÔMICA

O orçamento é um componente, no âmbito da concepção de projetos de esgotamento sanitário, de grande relevância, uma vez que segundo Rodrigues [12], custos excessivamente dispendiosos provocam desinteresse pela implantação do sistema, além de desestimular a concepção de novos projetos no setor de saneamento básico do país.

Com base nos dados obtidos durante a pesquisa, foi possível construir a figura 7, que apresenta a distribuição média do custo da obra em relação ao valor total do empreendimento, em valores percentuais.

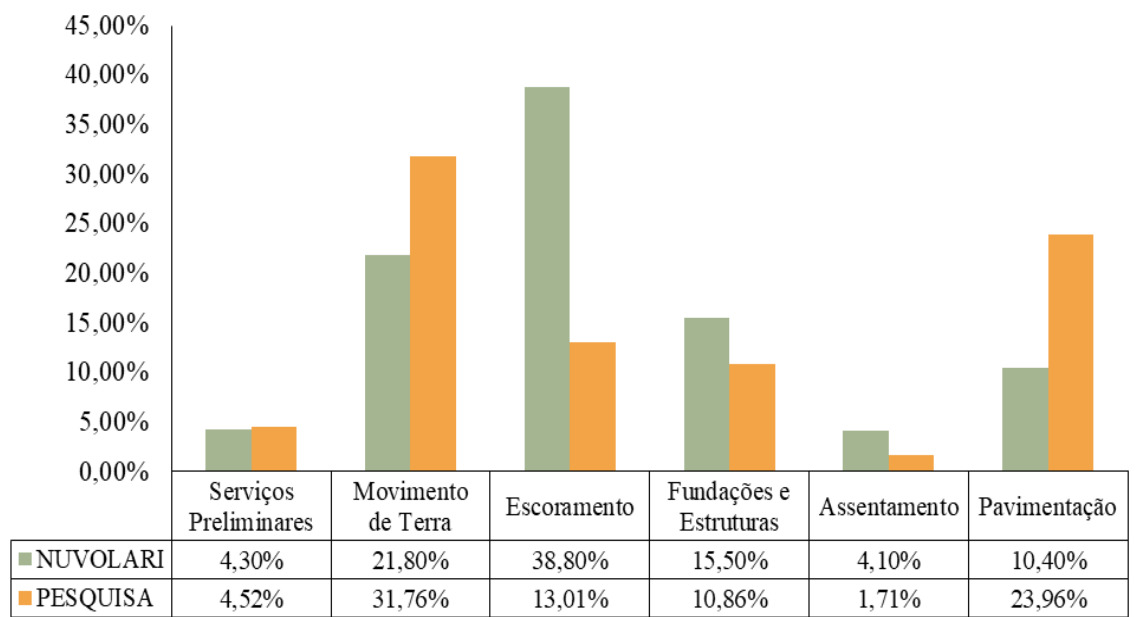


**Figura 7: Distribuição média do custo da obra em relação ao valor total do empreendimento, em porcentagem (%).**



Analisando a figura 7 é possível notar que o grande responsável pela elevação dos custos de um projeto de esgotamento sanitário é a profundidade do sistema, ou seja, quanto mais profundo, mais inviável, do ponto de vista econômico, será o orçamento. Pois, os itens diretamente relacionados ao parâmetro profundidade, movimento de terra e escoramento, representam, juntos, aproximadamente 44,77% do custo total, perfazendo quase metade do orçamento. No entanto, levando-se em consideração os itens influenciados de forma indireta pela profundidade, essa estimativa aumentaria ainda mais, enfatizando o problema ocasionado por redes muito profundas.

Ainda sobre o aprofundamento do sistema de esgotamento, Nuvolari [4] afirma que, o encarecimento da rede coletora se deve aos serviços relacionados a profundidade dos trechos do sistema. Dessa forma, a figura 8, compara alguns resultados obtidos pelo renomado autor com os resultados alcançados neste estudo.

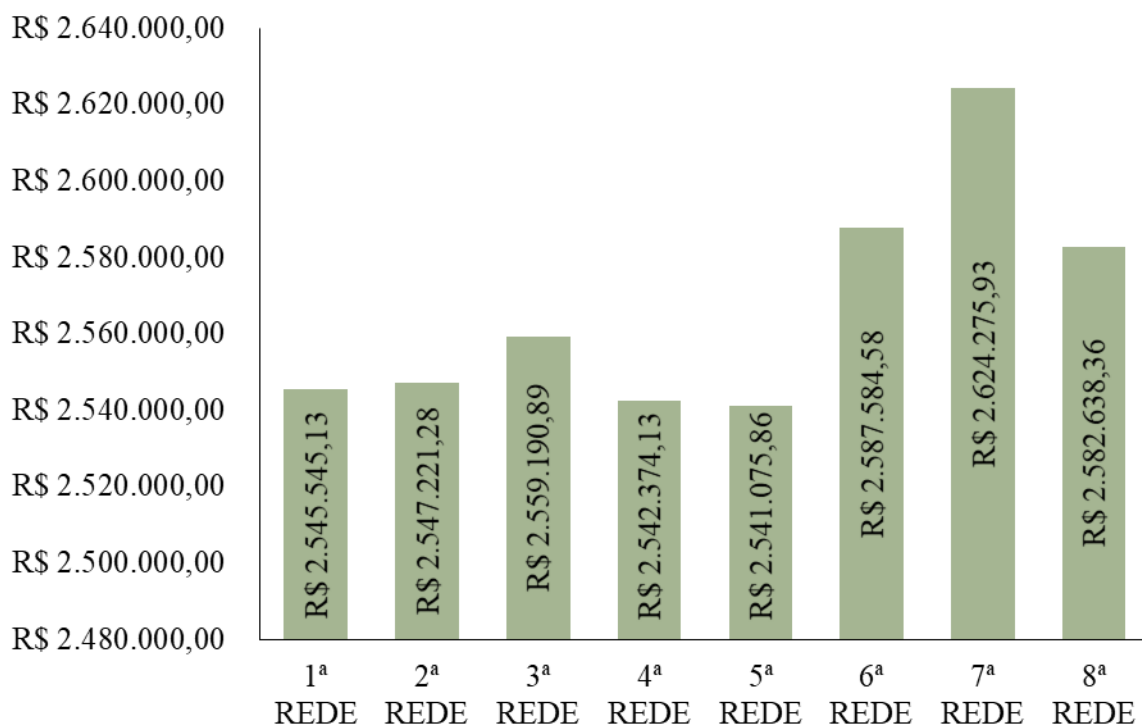


**Figura 8: Comparação dos dados da pesquisa, para os custos dos serviços, em porcentagem (%).**

É importante mencionar que alguns serviços, como esgotamento, fornecimento de tubulações e serviços finais não puderam ser incluídos na figura 8, em virtude da insuficiência de dados.

De acordo com a figura 8, pode-se verificar que o percentual correspondente aos serviços preliminares, praticamente coincidiram. No entanto, o item escoramento apresentou a maior incompatibilidade de resultados, com uma diferença percentual de 25,79%. Essa diferença nos resultados pode estar relacionada ao método utilizado na quantificação dos serviços, e/ou, pode ser em virtude das características da sub-bacia adotada pela pesquisa, que se caracteriza por ser uma área de porte médio e relativamente plana.

A aferição dos custos para cada uma das 8 alternativas de traçado dimensionadas apresentou variação em alguns serviços. Dessa maneira, a figura 9 expõe os valores totais para cada uma das alternativas de traçado, em unidade monetária.



**Figura 9: Custo das alternativas de traçado dimensionadas, em reais (R\$).**

Em relação à figura 9, pode-se interpretar que a 7ª alternativa de traçado se apresentou como a mais onerosa. Fato esse, que já era esperado, em virtude de a mesma ter apresentado as maiores profundidades entre as alternativas dimensionadas.

Analisando a figura 9, pode-se visualizar que o traçado mais econômico para a rede coletora da sub-bacia do Bairro Alvorada, é a 5ª alternativa de traçado. Dessa forma, a 1ª alternativa, traçada para reproduzir o comportamento da rede coletora original, que foi a alternativa escolhida para ser implantada, não corresponde, do ponto de vista econômico, a melhor escolha a ser executada para a referida sub-bacia.

Utilizando a 1ª alternativa de traçado, em virtude de a mesma equivaler ao traçado original da sub-bacia, como parâmetro, foi possível construir a tabela 4, que apresenta a diferença econômica em unidades monetárias e porcentagem das alternativas de traçado dimensionadas.

**Tabela 4: Diferença econômica, em relação a 1ª alternativa de traçado.**

Traçado	Valor R\$	Porcentagem %
5ª Rede	R\$ 4.469,26	0,22%
4ª Rede	R\$ 3.171,00	0,16%
2ª Rede	-R\$ 1.676,15	-0,08%
3ª Rede	-R\$ 13.645,76	-0,67%
8ª Rede	-R\$ 37.093,24	-1,82%
6ª Rede	-R\$ 42.039,45	-2,06%
7ª Rede	-R\$ 78.730,80	-3,87%

Em relação a tabela 4, é possível entender que a 4ª e 5ª alternativas de traçado apresentaram-se mais econômicas, em relação ao traçado a ser implantado na referida sub-bacia. O percentual de economia atingido não ultrapassou 0,22%. Entretanto, é importante mencionar que essa porcentagem está relacionada às características da sub-bacia, ou seja, para sub-bacia de grande porte esses resultados poderiam ser mais significativos, em virtude do elevado custo de implantação e da extensão total da rede coletora.

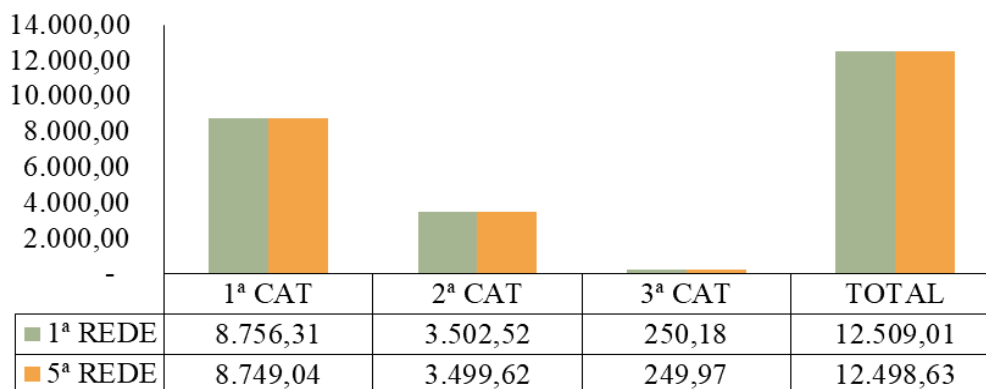
A tabela 5 apresenta um comparativo mais detalhado entre a 1ª e a 5ª alternativas de traçado dimensionadas, com a respectiva diferença monetária entre cada um dos serviços presentes nas planilhas orçamentárias.

**Tabela 5: Diferença econômica, entre a 1ª e a 5ª alternativas de traçado, em unidades monetárias (R\$).**

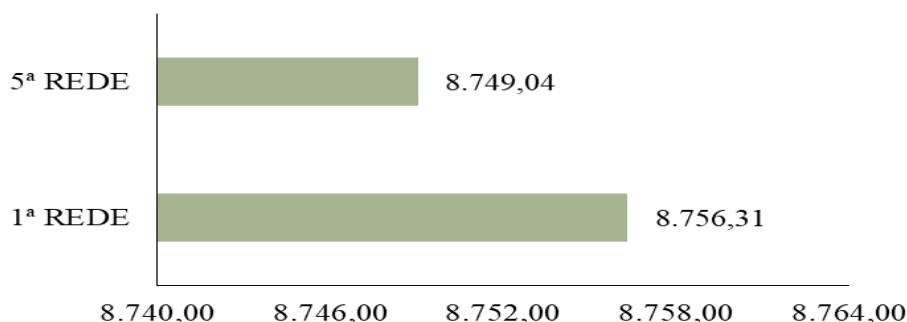
SERVIÇOS	1ª REDE	5ª REDE	DIFERENÇA
Serviços Preliminares	R\$ 92.767,04	R\$ 92.766,07	R\$ 0,97
Movimento de Terra	R\$ 645.658,70	R\$ 645.046,48	R\$ 612,22
Escoramento	R\$ 256.153,08	R\$ 255.160,27	R\$ 992,81
Esgotamento	R\$ 917,29	R\$ 916,24	R\$ 1,05
Fundações e Estruturas	R\$ 222.903,40	R\$ 222.903,40	R\$ 0,00
Assentamento	R\$ 35.110,37	R\$ 35.092,98	R\$ 17,39
Fornecimento de Tubulações	R\$ 268.721,72	R\$ 267.283,94	R\$ 1.437,78
Pavimentação	R\$ 491.802,61	R\$ 491.289,42	R\$ 513,19
Serviços Finais	R\$ 22.401,89	R\$ 22.401,89	R\$ 0,00
<b>TOTAL (BDI=25%)</b>	<b>R\$ 2.545.545,13</b>	<b>R\$ 2.541.075,86</b>	<b>R\$ 4.469,26</b>

De acordo com a tabela 5, é possível entender que apesar de os comprimentos dessas duas alternativas terem coincidido, a redistribuição dos traçados da rede coletora gerou uma variação diminuta no preço dos serviços preliminares, uma vez que os itens que compõem esse serviço estão diretamente relacionados ao comprimento da rede coletora e foram quantificados trecho a trecho.

Em relação ao serviço de movimento de terra, houve uma redução de R\$ 612,22 (seiscentos e doze reais e vinte e dois centavos), apesar de a 5ª alternativa apresentar uma profundidade média, ligeiramente, superior a 1ª alternativa dimensionada. O responsável por essa redução no custo final desse serviço pode ter sido a redução dos diâmetros, conforme mostrado na tabela 3, apresentada anteriormente, o que reduziu a largura das valas, haja vista que esta última está diretamente relacionada ao diâmetro do trecho. As figuras 10 e 11 expõem, respectivamente, a comparação entre os volumes escavados e o volume de reaterro para as duas alternativas.

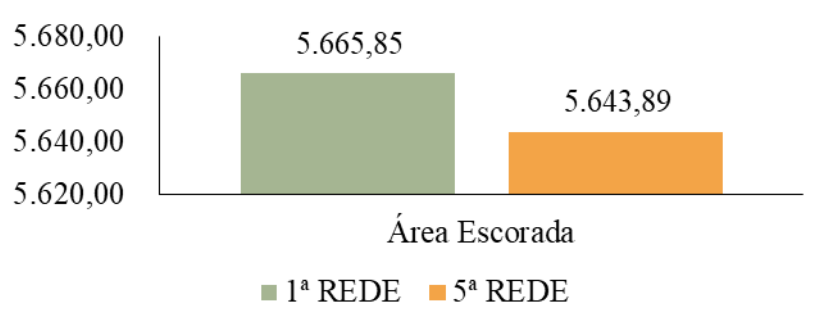


**Figura 10: Comparação entre os volumes de escavação da 1ª e 5ª alternativas, em metros cúbicos (m³).**



**Figura 11: Comparação entre o volume de reaterro da 1ª e 5ª alternativas, em metros cúbicos (m³).**

Em relação ao serviço de escoramento, a redução foi mais significativa que o serviço anterior, perfazendo um total de R\$ 992,81 (novecentos e noventa e dois reais e oitenta e um centavos), em virtude da melhor distribuição das profundidades pelos trechos. A figura 12 mostra a área total escorada para a 1ª e 5ª alternativas de traçado dimensionadas.



**Figura 12: Área que necessitou de escoramento, em metros quadrados (m<sup>2</sup>).**

Apesar de a 1ª alternativa de traçado ter apresentado uma quantidade menor de trechos que necessitaram de escoramento, analisando a figura 12, é possível perceber que ela expôs uma área a ser escorada superior a 5ª alternativa.

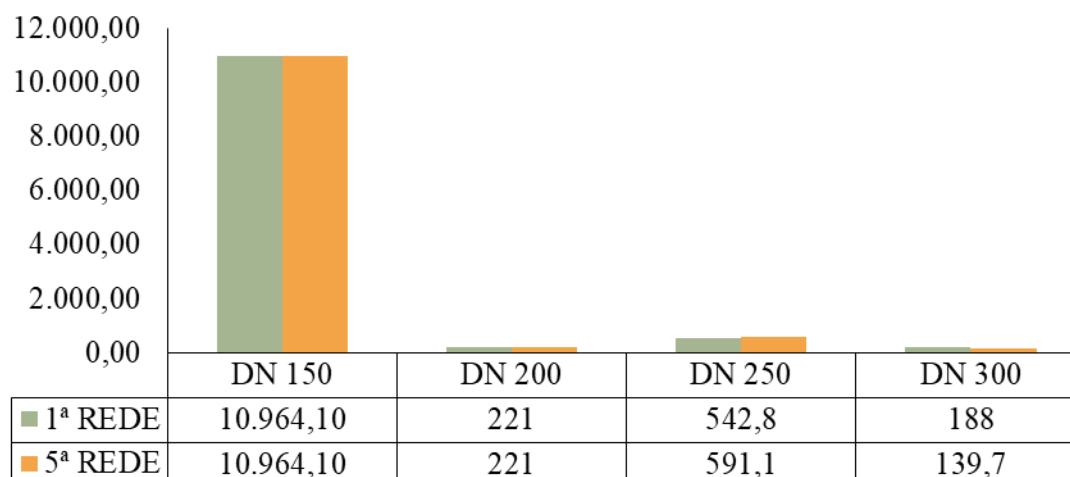
Em relação aos serviços de esgotamento, a diferença de custos não apresentou grande significância, visto que para a quantificação deste item utilizou-se de um coeficiente fixo para ambas as redes. Nesse sentido, a variação no custo deste serviço deveu-se a diferenças de arredondamento na soma das extensões em cada trecho da rede.

Os itens inerentes ao serviço de fundações e estruturas mantiveram-se equivalentes, haja vista que a quantidade de poços de visita e terminais de limpeza manteve-se o mesmo em ambas as alternativas.

De acordo com a tabela 5, a diferença no preço dos itens incorporados pelo serviço assentamento mantiveram-se semelhantes, com leve variação, em virtude deste serviço depender do comprimento da rede e do diâmetro da mesma, ou seja, devido as alternativas apresentarem diâmetros diferentes, em alguns trechos, houve uma variação dos custos deste serviço.

Em relação aos serviços de fornecimento de tubulações, a tabela 5 mostra que houve a maior variação do custo, perfazendo um total de R\$ 1.437,78 (um mil, quatrocentos e trinta e sete reais e setenta e oito centavos). Dessa forma, pode-se deduzir que o grande responsável por essa diferença no custo deste serviço é a alternância nos diâmetros da rede coletora, conforme mostra a figura 13.

De acordo com a figura 13, é possível entender que, em virtude da menor extensão de tubulação com diâmetros de 300 milímetros, a 5ª alternativa apresentou uma relevante economia no quesito aquisição de tubulações. Dessa maneira é possível atestar a importância do traçado no dimensionamento de uma rede coletora



**Figura 13: Comprimento das redes coletora, por diâmetro da tubulação, em metros (m).**

Em relação aos itens inerentes ao serviço de pavimentação, é possível demonstrar, com o auxílio da tabela 5, que houve uma redução nos custos de R\$ 513,19 (quinhentos e treze reais e dezenove centavos), em virtude da redução dos diâmetros de 300 milímetros para o diâmetro imediatamente inferior, reduzindo, portanto, a largura das valas e consequentemente da área de pavimento removida e restaurada.

Ainda de acordo com a tabela 5, pode-se extrair que no item relativo ao teste da rede coletora, inerente aos serviços finais, não houve alteração, como esperado, em virtude de o comprimento das duas alternativas terem coincidido.

## CONCLUSÕES

O traçado de uma rede coletora é de suma importância, do ponto de vista técnico e econômico, para o seu dimensionamento, uma vez que o mesmo influencia diretamente no fluxo do efluente e, portanto, nos parâmetros inerentes ao sistema de esgotamento sanitário.

Durante a elaboração das planilhas orçamentárias, observou-se que os serviços mais impactantes no custo final de implantação de uma rede coletora são os relacionados a movimentação de terra, sobretudo as escavações, ratificando a importância do parâmetro profundidade, haja vista que este é o grande responsável por onerar o orçamento.

No entanto, analisando os resultados, é possível interpretar que, para a sub-bacia em estudo, o parâmetro diâmetro do trecho teve uma maior participação na redução dos custos, em especial para a 5ª alternativa dimensionada, que em virtude da diminuição do diâmetro de alguns trechos, apresentou a maior redução no custo final da rede coletora.

Dessa maneira, pode-se afirmar que a 5ª alternativa de traçado dimensionada apresentou-se como o traçado mais próximo do ideal para a sub-bacia do Parque Alvorada, uma vez que esta, além de ter obtido o menor custo final de implantação do sistema, demonstrou, também, menos trechos com diâmetros de 300 milímetros, diâmetro máximo dimensionado, o que se apresenta como uma vantagem técnica/construtiva em relação as demais alternativas.

Em geral, o parâmetro profundidade de saída da rede coletora serve de orientação para estimar qual alternativa de traçado poderia gerar um maior volume de escavações. Entretanto, para a referida sub-bacia, essa premissa não se confirmou, pois apesar de a 2ª e a 3ª alternativas de traçado terem apresentado as menores profundidades de saída, sendo que as mesmas não foram as mais econômicas.

De modo geral, a redução dos custos, em relação ao traçado original da rede coletora, apresentou-se satisfatório, levando-se em consideração a extensão da sub-bacia, de pequeno a médio porte. Nesse sentido, pode-se interpretar que em sub-bacias de grande porte, essa redução dos custos pode ser ainda mais vantajosa, tanto do ponto de vista econômico quanto do ponto de vista técnico, uma vez que a mudança no traçado pode reduzir os diâmetros e profundidades de alguns trechos da rede.

Outrossim, apesar do valor reduzido ter significado muito pouco, em relação ao custo total da obra, pode-se expor que a verba economizada constitui-se em dinheiro público e, portanto, poderia ser utilizada em outras áreas, como por exemplo, na educação ou saúde.

Considerando a diferença de custo entre a 5ª e a 7ª alternativas de traçado, essa economia saltaria para valores bem significantes, uma vez que a 7ª alternativa idealizada, apresentou o maior custo entre as opções de traçado para a rede coletora em estudo.

Diante do exposto, a fim de melhorar a viabilidade técnica e econômica do empreendimento, os projetistas devem prever alternativas de traçado para a rede coletora, sobretudo para sub-bacias de grande porte, haja vista que estas representam um maior impacto nas finanças do município e nos hábitos da população afetada pelo empreendimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GALVÃO JÚNIOR, A. C. Desafios para a universalização dos serviços de água e esgoto no Brasil. *Rev Panam Salud Publica*, v.25, n.6, p.548-556, 2009.
2. KUNDU, S.; ROY, S. D. *Urbanisation and de-sanitation: a de-compositional analysis by taking a case study of few Indian cities 2012. Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v.37, p.427-436, 2012.
3. TEIXEIRA, J. C.; OLIVEIRA, G. S.; VIALI, A. M.; MUNIZ, S. S. Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. *Eng Sanit Ambient.*, v.19, n.1, p.87-96, 2014.
4. NUVOLARI, A. *Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011. v. 1. 565 p.
5. PAN, T.; KAO, J. *GA-QP Model to Optimize Sewer System Design. J. Environ. Eng.*, v.135, p;17-24, 2009.
6. IZQUIERDO, J.; MONTALVO, I.; PEREZ, R.; FUERTES, V. *Design optimization of wastewater collection networks by PSO. Computers and Mathematics with Applications*, v. 56, p.777-784, 2008.
7. HALL, D; LOBINA, E. *Public policy options for financing sewerage systems*. In: CASTRO, J. E.; HELLER, L. (Edit). *Water and Sanitation Service: public policy and management. United Kingdom: Earthscan*, 2009, p.104-121.
8. BEZERRA, A. A.; RODRIGUES, G. P. W.; CASTRO, M. A. H. UFC9 – computação gráfica aplicada a redes coletoras de esgoto sanitário. In: 24º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. Belo Horizonte: ABES, 2007.
9. TERESINA. Perfil dos bairros. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação, 2014. Disponível em: <[www.semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2014/09/PARQUE-ALVORADA.pdf](http://www.semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2014/09/PARQUE-ALVORADA.pdf)>. Acesso em: 01 nov 2014.
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12266: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto ou drenagem urbana. Rio de Janeiro, 1992.
11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9649: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. Rio de Janeiro, 1986.
12. RODRIGUES, G. P. W. Concepção dos sistemas de esgotamento sanitário. In: ReCESA. Esgotamento sanitário: projetos e construção de sistemas de esgotamento sanitário. Salvador, 2008.