

II-374 - ANÁLISE DO CUSTO UNITÁRIO DA IMPLANTAÇÃO DE DIFERENTES TUBOS NA REDE DE ESGOTO

Bruno Quirino Leal⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pela Unesp. Mestre em Engenharia Civil pela Unesp. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG.

Tiago Alves De Jesus Abe⁽²⁾

Engenheiro Civil pelo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG.

Murilo Teles Domingues⁽³⁾

Engenheiro Ambiental pela Unesp. Mestre em Ciências Ambientais pela Unesp. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG.

Endereço⁽¹⁾: Rua 64, s/n - Esq. c/ Rua 11 - Parque Lago, Formosa - GO, CEP 73813-816- Brasil - Tel: (61) 3642-9450 - e-mail: bruno.leal@ifg.edu.br

Endereço⁽²⁾: Av. Posto Agropecuário, nº 856, Setor Ferroviário, Formosa - GO, CEP 73805-055- Brasil - Tel: (61) 99687-0393 - e-mail: tiagooabe@gmail.com

Endereço⁽³⁾: Rua 64, s/n - Esq. c/ Rua 11 - Parque Lago, Formosa - GO, CEP 73813-816- Brasil - Tel: (61) 3642-9450 - e-mail: murilo.domingues@ifg.edu.br

RESUMO

Por se tratar de uma obra de infraestrutura, a implantação de um sistema de esgoto sanitário possui um entrave bastante relevante que é seu alto custo de implantação. Tudo isso levando em consideração todas as etapas construtivas para consolidação do serviço, indo desde a movimentação de terra até o recapeamento asfáltico, quando houver. Para que se assegure ou até mesmo prolongue o tempo de vida útil das obras realizadas dentro da construção civil é importante a realização manutenções preventivas, fazendo com que os materiais empregados para determinado fim continuem com suas características físicas e químicas. O presente trabalho tem como finalidade realizar uma análise de qual tipo de material de tubo para rede de esgoto deve ser utilizado, sendo levado em consideração o custo direto de implantação. Para o dimensionamento do custo de implantação foram avaliadas as etapas construtivas para implantação de rede. Foram considerados, a partir da fórmula de vazão de contribuição, treze valores para vazão de escoamento do efluente interno ao tubo. Para cada vazão foram testados em três tipos de tubo diferente, o tubo de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), tubo de Policloreto de Vinila (PVC) e tubos de concreto, onde para cada vazão estabelecida será apontado qual diâmetro e tipo de tubo devem ser utilizados. A análise do custo foi realizada pontualmente, sendo considerado o custo por metro de tubulação instalada. Para metodologia de cálculo foram obedecidas as normas vigentes e práticas construtivas usuais. Para vazões menores, de até 33,33 L/s, o tubo que obteve o menor custo de implantação foi o de PVC, a partir de 33,33 L/s até 166,67 L/s, o tubo recomendado é o de PEAD, para vazões maiores que 166,67 L/s e menores que 1166,67 L/s recomenda-se o tubo de concreto e a partir de 1166,67 L/s até a vazão de 1666,67 L/s o tubo mais viável foi o de PEAD.

PALAVRAS-CHAVE: Rede de esgoto, materiais da rede, viabilidade econômica.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico é definido por Brudeki (2007) como um conjunto de ações realizadas com o intuito de disponibilizar serviços de abastecimento de água, esgotamento sanitário, destinação de resíduos sólidos, drenagem urbana, controle de animais e vetores, educação sanitária e ambiental. Segundo Menezes (1984), o saneamento é um conjunto de medidas que visam modificar as condições do meio ambiente com a finalidade de prevenir doenças e promover a saúde.

Todavia, é importante salientar que a maioria dos investimentos em saneamento tem sido voltada para a universalização do abastecimento de água, pois tem efeito político maior que a coleta e tratamento de esgoto (NOSAKI, 2007). Mesmo com as privatizações no setor de saneamento, essa tendência não foi alterada, uma vez que água torna-se cada vez mais valorizada à medida que se torna escassa. Porém, se não há tratamento do

esgoto, há contaminação das fontes hídricas, conferindo maior valor ao bem escasso e os investimentos da iniciativa privada priorizam as redes de abastecimento de água e não a coleta e tratamento de esgoto (OLIVEIRA, 2005), o que deveria ser diferente, já que um melhor esgotamento sanitário estaria ajudando na conservação dos recursos hídricos e consequentemente uma maior abundância do mesmo.

Assim, no Brasil, o saneamento ainda está muito longe do ideal, principalmente em relação à coleta e ao tratamento do esgoto sanitário. Embora o abastecimento de água esteja presente em 99,4% dos municípios brasileiros, índices bem inferiores caracterizam a coleta de esgoto sanitário – em 55,2% dos municípios e o tratamento de esgoto sanitário em apenas 28,5% dos municípios – de acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes a 2008 (IBGE, 2010).

As redes de esgoto representam aproximadamente 75% do custo de implantação de um Sistema de Esgoto Sanitário - SES, os coletores tronco configuram cerca de 10%, as elevatórias 1% e as estações de tratamento por volta de 14%. (SOBRINHO; TSUTIYA, 1999). A onerosidade para implantação deste tipo de obra se encontra em: escoramento de valas; poços de visita; escavação de valas; reaterro de valas e reposição de pavimento, asfalto. Ou seja, por se tratar de obra enterrada, o estabelecimento do sistema de esgoto sanitário é um tipo de serviço que custa caro.

Ao analisar o custo de implantação de um trecho de rede de esgoto com a tubulação sendo fabricada em três tipos de materiais diferentes, isso poderá converter para custos que sejam diferentes daqueles já praticados dentro do mercado atual, podendo assim fazer com que a implantação de um SES seja mais difundida para aquela parcela da população não contemplada com este tipo de serviço público, e este tipo de obra possa ser mais segura e duradoura, dentro do parâmetro de vida útil da edificação, já que esse será um parâmetro relevante para a escolha do melhor tipo de tubo a ser utilizado.

O objetivo geral deste trabalho foi analisar o custo direto de implantação do tubo de esgoto e verificar qual melhor tipo de tubulação a ser utilizada a partir de vazões e declividade pré-estabelecidas. Para isso, sendo considerado, além do custo direto do material, os diversos serviços atrelados para realização da obra.

MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da pesquisa foi feito a partir de formulações de custos unitários em planilhas, baseando no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e nas análises hidráulicas como: diâmetro da tubulação a ser adotada, velocidade de escoamento, coeficientes de rugosidade e vazão de escoamento.

Para os parâmetros hidrossanitários adotados, serão obedecidas prescrições e formulações a partir das normas vigentes, juntamente com apontamentos e exigências contidas no Manual geral de obras da Companhia Saneamento de Goiás (Saneago) de 2016 e práticas usuais de autores como Nuvolari (2011).

Para o estudo e composição dos custos de implantação da rede de esgoto serão adotados preços estipulados pelo SINAPI, tomando como base o desonerado do estado de Goiás, do mês de julho de 2018. Isso se dará pela característica em que uma obra de infraestrutura pública possui, com todo seu caráter público e licitatório. A pesquisa está focada em estudar o custo direto unitário por metro de tubulação instalada de rede de esgoto, onde serão analisadas, a partir de vazões determinadas, qual tipo de tubo é mais viável economicamente, fazendo um comparativo entre três PEAD, concreto e PVC.

Cada tipo de material do tubo possui um coeficiente de Manning específico que é o que determina a rugosidade do tipo do material, influenciando na capacidade de arrasto do efluente lançado, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Coeficiente de Manning. (Autor, 2018).

Material do tubo	Coeficiente de Manning
PEAD	0,007
Cerâmica ou Concreto	0,013
PVC	0,010

MÉTODO DE CÁLCULO

A dinâmica da simulação de implantação de rede de esgoto foi executada da seguinte forma:

- As 13 vazões estipuladas para o cálculo do diâmetro mínimo da rede de esgoto serão calculadas a partir da Eq. 01.
- A declividade do terreno se manterá constante para todos os tipos de tubo. Atentando-se para declividade mínima estipulada por norma vigente;
- Para cada vazão estabelecida, foi analisado a variação do diâmetro do tubo para que o mesmo se adeque dentro dos limites de velocidade estipulados por norma vigente;
- A partir do diâmetro mínimo calculado, foi adotado um diâmetro comercial baseado nos disponíveis no referencial de insumos do SINAPI;
- A partir do diâmetro adotado, foram calculadas as vazões finais e cheia, para que possa chegar na velocidade final. Onde, a mesma foi analisada para que não ultrapasse a velocidade limite de escoamento estipulado por norma, que é a de 5 m/s (ABNT NBR 9649, 1986).

Como a intenção foi mensurar o custo direto por metro linear de rede de esgoto, logo, para o cálculo do custo, foi adotada uma obra hipotética com um intervalo de vazões calculadas a partir da Eq. 01.

$$Q = \frac{C \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot P \cdot q}{86400} \quad (Eq.01)$$

Onde,

Q = Vazão de contribuição (l/s)

P = População estimada (hab.);

q = Consumo per capita (l/hab.dia);

*K*₁ = Coeficiente do dia de maior consumo;

*K*₂ = Coeficiente de hora de maior consumo;

C = Coeficiente de retorno.

Após a determinação das vazões calculou-se os diâmetros comerciais aplicados a cada vazão, com os parâmetros pré-definidos de declividade geral a 1,0% ou 0,01 m/m e coeficiente de manning de acordo com o material de referência.

A partir da variabilidade dos diâmetros para cada vazão estabelecida, serviços e insumos inerentes ao diâmetro escolhido nortearam o estudo do custo de implantação, com base na tabela SINAPI. Os parâmetros analisados foram: locação de vala, locação, tipo de escoramento, regularização do fundo de vala, reaterro e compactação e limpeza final. Assim, foi gerado o custo unitário total em reais por metro de tubo.

RESULTADOS

VAZÃO DE CONTRIBUIÇÃO

Para a determinação das vazões foi utilizada a Eq. 01 com os seguintes parâmetros pré-definidos: *q*=200L/hab.dia; *K*₁=1,2; *K*₂=1,5 e *C*=0,8. A população também foi um parâmetro definido, porém variável, os resultados das vazões de contribuição assim como as populações utilizadas estão na tabela 02.

Tabela 2 – Vazões de contribuição. (Autor, 2018).

População (hab.)	Vazão (L/s)
5000	16,67
10000	33,33
20000	66,67
30000	100,00
40000	133,33
50000	166,67
60000	200,00
70000	233,33
150000	500,00
250000	833,33
350000	1166,67
450000	1500,00
500000	1666,67

Cada quantidade de habitantes resultou numa vazão que foi a balizadora para os demais coeficientes que devem ser analisados para determinação do diâmetro da rede. Vale ressaltar que a população considerada para o cálculo é apenas hipotética e para que seja possível a aplicação da Eq. 01 no decorrer da pesquisa. A escolha da população é totalmente aleatória de forma a resultar em vazões que possa atender o maior intervalo de diâmetros diferente, englobando os 3 tipos de tubo.

DIÂMETROS COMERCIAIS

Para determinar os diâmetros comerciais (Dc) foi necessário calcular os parâmetros hidráulicos de declividade mínima (Im), diâmetro em seção plena (Dp), velocidade em seção plena (Vp) e seção comercial (Vc). Na tabela 3 estão contidos os parâmetros hidráulicos obtidos para cada vazão (Q) presente na tabela 2 e para cada tipo de material proposto à este trabalho.

Tabela 3 – Parâmetros hidráulicos. (Autor, 2018).

Q	Concreto					PVC					PEAD				
	Im	Dp	Dc	Vp	Vc	Im	Dp	Dc	Vp	Vc	Im	Dp	Dc	Vp	Vc
16,67	0,0014	160,5	300	1,4	0,7	0,0014	145,4	150	1,1	0,9	0,0014	127,2	250	2,3	0,7
33,33	0,0010	208,1	300	1,4	0,9	0,0010	188,6	200	1,3	1,3	0,001	165	250	2,3	0,7
66,67	0,0007	269,9	300	1,4	1,0	0,0007	244,6	250	1,5	1,7	0,0007	214	250	2,3	0,7
100,00	0,0006	314,2	300	1,4	1,1	0,0006	284,7	300	1,7	1,7	0,0006	149,1	250	2,3	0,9
133,33	0,0005	350,0	400	1,7	1,4	0,0005	317,	350	1,9	2,0	0,0005	277,5	300	2,5	1,0
166,67	0,0004	380,6	400	1,7	1,5	0,0004	344,9	400	2,1	2,3	0,0004	301,7	300	2,5	1,1
200,00	0,0004	407,5	400	1,7	1,5	0,0004	369,3	400	2,1	2,4	0,0004	323,1	400	3,1	1,4
233,33	0,0004	431,7	500	1,9	1,9	0,0004	391,2	400	2,1	2,2	0,0004	342,3	400	3,1	1,5
500,00	0,0002	574,6	600	2,2	2,3	-	-	-	-	-	0,0002	455,4	600	4,0	2,7
833,33	0,0002	695,9	700	2,4	2,7	-	-	-	-	-	0,0002	551,7	600	4,0	3,1
1166,6	0,0001	789,5	800	2,6	2,9	-	-	-	-	-	0,0001	625,9	800	4,9	4
1500,0	0,0001	867,5	900	2,8	3,2	-	-	-	-	-	0,0001	687,8	800	4,9	4,2
1666,6	0,0001	902,5	1000	3,0	3,4	-	-	-	-	-	0,0001	715,5	800	4,9	4,7

Nota: As unidade de medida de cada parâmetro são L/s (Q), m/m (Im), mm (Dp e Dc), m/s (Vp e Vc).

Os parâmetros hidráulicos para tubos de PVC possuem uma limitação devido sua fabricação ser somente até 400 mm, onde, para uma vazão acima de 233,33 L/s e na declividade estabelecida, este tipo de material inviabiliza o transporte do efluente. Já os tubos de PEAD possui uma limitação devido ao seu diâmetro mínimo comerciável, que é o de 250 mm, a mesma complicação sofre os tubos de concreto, que possui diâmetro mínimo de 300 mm.

A velocidade plena para os tubos de PEAD é relativamente alta em comparação com os demais tubos, isso devido a rugosidade interna do tubo ser menor que as outras. Porém, mesmo a velocidade sendo alta, ainda se enquadra no limite estabelecido por norma que é de 5 m/s estabelecido por norma vigente.

SERVIÇOS E INSUMOS

Após a determinação dos diâmetros comerciais aplicáveis foi determinado os serviços e insumos inerentes ao diâmetro escolhido com base na tabela SINAPI. Na tabela 4 estão contidos os custos unitários de cada parâmetros analisados.

Tabela 4 – Custos de serviços e insumos. (Autor, 2018).

Q	Material	Custo unitário (R\$)					
		Locação de vala	Escavação mecanizada	Escoramento	Regularização do fundo da vala	Reaterro e compactação	Limpeza Final
16,67	Concreto	1,15	12,53	46,48	3,87	25,39	1,90
	PVC	1,15	10,65	46,48	3,29	22,02	1,62
	PEAD	1,15	12,53	46,48	3,87	25,61	1,90
33,33	Concreto	1,15	12,53	46,48	3,87	25,39	1,90
	PVC	1,15	11,27	46,48	3,48	23,18	1,71
	PEAD	1,15	12,53	46,48	3,87	25,61	1,90
66,67	Concreto	1,15	12,53	46,48	3,87	25,39	1,90
	PVC	1,15	12,53	46,48	3,87	25,61	1,90
	PEAD	1,15	12,53	46,48	3,87	25,61	1,90
100,00	Concreto	1,15	12,53	46,48	3,87	25,39	1,90
	PVC	1,15	12,53	46,48	3,87	25,39	1,90
	PEAD	1,15	12,53	46,48	3,87	25,61	1,90
133,33	Concreto	1,15	16,28	46,48	5,03	32,65	2,47
	PVC	1,15	16,28	46,48	5,03	32,96	2,47
	PEAD	1,15	12,53	46,48	3,87	25,39	1,90
166,67	Concreto	1,15	16,28	46,48	5,03	32,65	2,47
	PVC	1,15	16,28	46,48	5,03	32,65	2,47
	PEAD	1,15	12,53	46,48	3,87	25,39	1,90
200,00	Concreto	1,15	16,28	46,48	5,03	32,65	2,47
	PVC	1,15	16,28	46,48	5,03	32,65	2,47
	PEAD	1,15	16,28	46,48	5,03	32,65	2,47
233,33	Concreto	1,15	18,79	63,50	2,93	37,14	2,85
	PVC	1,15	16,28	46,48	5,03	32,65	2,47
	PEAD	1,15	16,28	46,48	5,03	32,65	2,47
500,00	Concreto	1,15	20,04	63,50	3,12	38,85	3,04
	PVC	1,15	-	-	-	-	-
	PEAD	1,15	20,04	63,50	3,12	38,85	3,04
833,33	Concreto	1,15	21,29	63,50	3,32	40,39	3,23
	PVC	1,15	-	-	-	-	-
	PEAD	1,15	20,04	63,50	3,12	38,85	3,04
1166,67	Concreto	1,15	22,55	63,50	3,51	41,77	3,42
	PVC	1,15	-	-	-	-	-
	PEAD	1,15	22,55	63,50	3,51	41,77	3,42
1500,00	Concreto	1,15	23,80	63,50	3,71	42,99	3,61
	PVC	1,15	-	-	-	-	-
	PEAD	1,15	22,55	63,50	3,51	41,77	3,42
1666,67	Concreto	1,15	25,05	63,50	3,90	44,04	3,80
	PVC	1,15	-	-	-	-	-
	PEAD	1,15	22,55	63,50	3,51	41,77	3,42

Como a locação da vala ou da rede independe do diâmetro estipulado para o trecho de implantação, e sua marcação é feita estaqueando os locais de PV's e TIL's, o custo para este serviço é o mesmo para os 3 tipos de tubulações analisadas, visto que, a marcação é realizada determinando o eixo da vala, sendo marcado com cal ou areia para facilidade na hora da escavação.

Já para o serviço de escavação, dependendo do diâmetro estipulado para o trecho havendo uma alteração no custo de um tipo para outro, onde a própria ABNT NBR 12266/1992 estipula uma largura de vala para cada diâmetro adotado, tendo uma variação fixada na cota de corte da val. Diante disso, foi possível o dimensionamento do volume a ser escavado por metro de tubulação instalada, o custo unitário da escavação se resume a quantidade de metros cúbicos que são escavados em cada metro linear de cada tipo de tubulação.

Arelado ao custo da escavação estão os custos de escoramento e limpeza do fundo da vala. O serviço de escoramento foi definido com o uso do escoramento descontínuo, por se tratar de uma obra hipotética e o solo não possuir altos índices de interferências, ou seja, com baixa possibilidade de desmoronamento. O serviço de regularização de fundo de vala fica por conta do apiloamento, serviço no qual destinado para regularização e compactação de terrenos podendo ser feita de forma manual ou mecânica.

O material a ser utilizado para o reaterro é totalmente isento de entulho, pedra, raízes e demais materiais que o caracterizem como descartado para execução de tal serviço. O reaterro é analisado considerando o volume de material escavado, ou seja, primeiramente foi definido o volume que deve ser escavado. Como a análise está sendo unitária por metro de tubulação, utilizou-se desse cálculo e foi subtraído a área do tubo a ser considerado para aquela determinada vazão. Desta forma, chegou-se no volume a ser reaterrado e consequentemente no volume a ser compactado.

Assim como a regularização do fundo de vala, a limpeza final é calculada por metro quadrado executado. Os serviços relevantes para implantação da rede de esgoto se findam com a disposição do custo para execução de limpeza final,

CUSTO TOTAL

Após a determinação dos custos de serviços e insumos foi calculado o custo dos tubos e o custo total. Na tabela 5 estão contidos os custos unitários de cada parâmetros analisados.

Tabela 5 – Custo total para implantação da rede por metro de tuno. (Autor, 2018).

Q	Tipo do tubo	Dadotado (mm)	Código SINAPI	Custo Tubos (R\$/m)	Custo Serv. (R\$/m)	Custo Unit. Total (R\$/m)
16,67	Concreto	300	92833	97,38	90,16	187,54
	PVC	150	90695	44,52	84,05	128,57
	PEAD	250	94869	70,52	90,38	160,90
33,33	Concreto	300	92833	97,38	90,16	187,54
	PVC	200	90696	63,84	86,12	149,96
	PEAD	250	94869	70,52	90,38	160,90
66,67	Concreto	300	92833	97,38	90,16	187,54
	PVC	250	90697	113,87	90,38	204,25
	PEAD	250	94869	70,52	90,38	160,90
100,00	Concreto	300	92833	97,38	90,16	187,54
	PVC	300	90698	182,46	90,16	272,62
	PEAD	250	94869	70,52	90,38	160,90
133,33	Concreto	400	92835	128,17	102,91	231,08
	PVC	350	90699	225,66	103,22	328,88

	PEAD	300	94871	104,33	90,16	194,49
166,67	Concreto	400	92835	128,17	102,91	231,08
	PVC	400	90700	296,55	102,91	399,46
	PEAD	300	94871	104,33	90,16	194,49
200,00	Concreto	400	92835	128,17	102,91	231,08
	PVC	400	90700	296,55	102,91	399,46
	PEAD	400	90760	217,57	102,91	320,48
233,33	Concreto	500	92837	161,43	125,20	286,63
	PVC	400	90700	296,55	102,91	399,46
	PEAD	400	90760	217,57	102,91	320,48
500,00	Concreto	600	92839	211,64	128,55	340,19
	PVC	-	-	-	-	-
	PEAD	600	90708	411,53	128,55	540,08
833,33	Concreto	700	92841	239,79	131,73	371,52
	PVC	-	-	-	-	-
	PEAD	600	90708	411,53	128,55	540,08
1166,67	Concreto	800	92844	539,39	134,75	674,14
	PVC	-	-	-	-	-
	PEAD	800	94875	610,75	134,75	745,50
1500,00	Concreto	900	92846	646,68	137,60	784,28
	PVC	-	-	-	-	-
	PEAD	800	94875	610,75	134,75	745,50
1666,67	Concreto	1000	92847	714,97	140,29	855,26
	PVC	-	-	-	-	-
	PEAD	800	94875	610,75	134,75	745,50

Na disposição do custo do tubo está incluso o fornecimento e o assentamento, sendo considerado o serviço de assentamento para locais com baixa interferência. Como o fornecimento do material está sendo considerado pelo SINAPI e a base de cálculo para serviços e insumos para implantação de rede esgoto é o de Goiás, considera-se que, em qualquer município do estado em que esteja sendo executado a obra, o custo seja o mesmo.

Atualmente, as redes de esgoto possuem uma configuração de tubulação comum, onde os coletores prediais, coletores secundários e parte dos primários são instalados com o assentamento com tubos de PVC, parte dos coletores prediais, interceptores e emissários são instalados com a utilização de tubos de concreto. Tal configuração se dá pela diminuição de implantação de novas redes, havendo somente reforma ou manutenção das redes já existentes. Os tubos PEAD são mais utilizados em emissários submarinos e em linhas de recalque, por possuírem resistência em rede pressurizada.

Analisando o custo unitário total (R\$/m) para cada vazão estipulada, é possível concluir qual tipo de tubo, economicamente falando, é mais viável. Os serviços analisados possuem pouca variação de custo, no que diz respeito ao diâmetro da tubulação considerada, uma vez que, a maior variabilidade da onerosidade de implantação ficará por conta do insumo para execução da obra, nesse caso, tubos a serem utilizados.

O comparativo entre os 3 tipos de tubos é possível somente até a vazão de 233,33 L/s, essa limitação se deve ao sistema de pesquisa de preço estipulado para pesquisa não fornecer tubos de PVC com diâmetros superiores à 400 mm, onde até os próprios fabricantes não disponibilizam tubos com diâmetros maiores que este.

Para a primeira vazão adotada o diâmetro dos tubos analisados foram os mínimos para concreto e PEAD, ou seja, 300 mm e 250 mm, respectivamente, e de 150 mm para PVC, sendo que esse último teve o menor custo de implantação, com o valor de 128,57 R\$/m.

Ao ser analisada, a vazão 33,33 L/s exigiu do PVC um diâmetro de 200 mm, que ao comparada com os outros tipos de tubo que permaneceram no diâmetro mínimo contido no SINAPI, é a de 300 mm para o concreto e 250 mm para o PEAD, mesmo tendo que aumentar o diâmetro o tubo de PVC, apresentou-se como o mais viável.

Na terceira vazão considerada para a pesquisa (Gráfico 4.3), os diâmetros dos tubos de concreto e PEAD permaneceram os mesmos, porém, para atender a vazão de 66,67 l/s, o tubo de PVC teve um acréscimo para o diâmetro de 250 mm. Desta forma, o que apresentou maior economia quanto ao custo de implantação foi o de PEAD, com custo de 160,9 R\$/m.

Para atender a vazão de 100,00 L/s o único diâmetro que sofreu alteração foi o de PVC, com isso, o de PEAD permaneceu sendo o mais viável. Os tubos de concreto e PEAD começam a mudar de diâmetro a partir da vazão de 133,33 L/s, onde para atender tal vazão os mesmos sofreram alteração para os diâmetros de 400 mm para concreto e 300 mm para PEAD, já para o tubo de PVC a vazão exigiu um diâmetro de 350 mm. no comparativo entre os 3 tipos de tubos, o que apresentou maior economia para implantação foi o de PEAD, o que prevaleceu até a vazão de 166,67 L/s.

Nas vazões de 200 L/s até a de 1166,67 L/s o menor custo unitário foi obtido para os tubos de concreto, cabendo destacar eu a partir da vazão de 500 L/s não foi mais possível calcular o custo para os tubos PVC, já que o diâmetro a ser utilizado não estava disponível na tabela SINAPI.

Por fim nas vazões de 1500,00 e 1666,67 L/s, volta a ser vantajoso utilizar tubos PEAD, com diâmetro de 800 mm para atender ambas vazões, já para os tubos de concreto foi necessário 900 mm e 1000 mm, respectivamente.

Ressalta-se que, a determinação de qual diâmetro usar para cada tipo de tubo analisado fica restrito para que sua implantação seja realizada a partir do momento em que a vazão do efluente atinja a estipulada para aquele diâmetro específico. A implantação de um diâmetro diferente daquele resultante na pesquisa no trecho de rede de esgoto pode comprometer tanto para o regime de escoamento quanto para a capacidade de arrasto do efluente.

CONCLUSÕES

Analisar o custo de implantação de rede de esgoto, considerando qual tipo de material do tubo é mais viável a partir das etapas de cada serviço necessárias para concepção da mesma, fornece à construção civil e as empresas concessionárias uma noção da viabilidade de qual tubo usar, podendo diminuir a onerosidade destes tipos de obra, a fim de maior ampliação do oferecimento de serviço de esgotamento sanitário para população.

As diferenças de custos nem sempre foram feitas com tubulações de mesmo diâmetro em decorrência do referencial de insumos disponíveis do SINAPI e dos diferentes coeficientes de manning de cada material, quando o coeficiente é menor há possibilidade do diâmetro do tubo ser menor e atender a mesma vazão para outro material com coeficiente e diâmetro maiores. Também foi necessário fixar a declividade da rede possibilitando uma menor variação nas alternativas de adequação para atender a vazão.

Para vazões menores, de até 33,33 L/s, o tubo que obteve o menor custo de implantação foi o de PVC. São tubos que comercialmente são fáceis de ser encontrados, possuem facilidade de assentamento e não exige mão de obra com grandes qualificações e ainda cabe destacar que nessas vazões os cálculos indicaram a necessidade de diâmetros menores, como para o PEAD e o concreto não existiam dados de custo de tubo com diâmetros menores do que 250 e 300 mm, respectivamente, o PVC teve menor custo.

A partir de 33,33 L/s até 166,67 L/s, o tubo recomendado é o de PEAD. O tubo de PEAD possui a característica de se adaptar as pequenas imperfeições de fundo de vala e traçado, por possuir a camada de tubo

externa corrugada, porém, a utilização deste tipo de tubulação requer mão de obra especializada, com treinamento em fusão de tubos pelo fato de o mesmo não ser do tipo ponta e bolsa como o de PVC e muito das vezes a necessidade deste tipo de mão de obra se torna empecilho para a escolha deste tipo de tubo. Nesse intervalo de vazões é possível averiguar também que o tubo de PVC começa a ter um custo alto, possivelmente pela necessidade de reforçar a sua estrutura, porém, ao comparar diâmetros, o menor custo é do tubo de concreto e o que faz o PEAD ser vantajoso se deve ao fato de ter um menor coeficiente de manning, consequentemente uma maior eficiência hidráulica.

Para vazões maiores que 166,67 L/s e menores que 1166,67 L/s recomenda-se o tubo de concreto, neste caso a análise indica que quando os cálculos indicam tubos de mesmo diâmetro ou até mesmo para tubo de concreto com diâmetro maior, o tubo de menor custo é o de concreto e consequentemente será o com menor custo de implantação, nesse intervalo a eficiência hidráulica não fez diferença no custo a ponto de tornar o PEAD mais vantajoso.

A partir de 1166,67 L/s até a vazão de 1666,67 L/s o tubo mais viável foi o de PEAD que nesse intervalo a sua eficiência hidráulica fez diferença, proporcionando a possibilidade do uso de tubos de menores diâmetros, porém este não foi o único fato, já que a partir do diâmetro de 800 mm para tubos de concreto o seu custo passou a ter um valor muito alto. .

Vale ressaltar que essa análise foi feita para o estado de Goiás, problemas externos ao da implantação de rede de esgoto, como por exemplo, problemas socioeconômicos que venham a surgir ou restrições em âmbito municipal não foram consideradas para o dimensionamento do custo de implantação. Outro fato que cabe destacar é em relação a vida útil dos materiais utilizados, principalmente em relação ao concreto que se não for construído de acordo com as exigências contidas na norma vigente pode resultar num menor tempo de vida e aumentar a taxa de infiltração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRUDEKI, N.M. Gestão de serviços públicos municipais. 20 ed. Curitiba: IBPEX, 2007. p.290.
2. NOZAKI, V.T. Análise do setor de saneamento básico do Brasil. 2007. 109 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada)- FEA-RP, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2007.
3. OLIVEIRA, C. F. A gestão dos serviços de saneamento básico no Brasil. Scripta Nova, v. IX, n. 194, tomo 73, 1 ago. 2005.
4. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2010. Pesquisa nacional de saneamento básico 2008. Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf>. Acesso em: 27 de outubro, 2018.
5. NUVOLARI, A. Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Uso Agrícola. 2. ed. São Paulo, Ed. Blucher, 2011.
6. OLIVEIRA, C. F. A gestão dos serviços de saneamento básico no Brasil. Scripta Nova, v. IX, n. 194, tomo 73, 1 ago. 2005.