

11º CONGRESSO
BRASILEIRO
DE ENGENHARIA
SANITÁRIA
E AMBIENTAL

FORTALEZA, 20 A 25 DE SETEMBRO DE 1981

ABES - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA
SANITÁRIA E AMBIENTAL

TANQUES FLUXÍVEIS,
TECNOLOGIA DE BAIXO CUSTO

AFFONSO AUGUSTO NAEGELE ACCIOLI

IESA – INTERNACIONAL DE ENGENHARIA S.A

MIGUEL FERNÁNDEZ Y FERNÁNDEZ

IESA – INTERNACIONAL DE ENGENHARIA S.A

ÍNDICE

1. SUMÁRIO

2. INTRODUÇÃO

3. DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

4. PROTEÇÃO SANITÁRIA

5. AVALIAÇÃO ECONÔMICA (EXEMPLOS)

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7. BIBLIOGRAFIA

8. DESENHOS

1. SUMÁRIO

No desenvolvimento do cálculo de redes de esgotos em regiões planas, especialmente quando se verificavam baixas vazões específicas nas cabeceiras por causa do tipo de ocupação ou vazões muito diferenciadas entre a etapa inicial de implantação e final de saturação urbanística, os autores observaram que podiam ser diminuídos os custos se especificados aparelhos fluxíveis para as cabeceiras das redes. No entanto, não é possível adotar o equipamento porque as normas não o prevêm, os livros o tratam como mera curiosidade histórica e inclusive não se sabe quem seria o fornecedor.

O trabalho almeja trazer à discussão o equipamento, solução antiga que se apresenta como adequada e propõe solução para a crítica de interconexão das redes de água e esgotos através dos tanques fluxíveis automáticos.

2. INTRODUÇÃO

2.1 Considerações Gerais

O projeto de redes de esgotamento sanitário é regido pela NB-567, que não prevê diversos dispositivos ou simplificações que poderiam acarretar custos menores para as instalações. Por se tratar de norma brasileira, ela consta de todos os contratos, e o projetista vê-se impossibilitado de adotar soluções ali não contempladas, ainda que lhe pareçam as mais indicadas, ou se o faz, vê seu projeto recusado em alguma instância da fiscalização por não seguir a norma.

É o caso dos tanques fluxíveis. Antigamente eram indicados para todas as cabeceiras, como pode ser visto em diversos livros antigos e hoje são vetados "a priori", em nome de uma proteção sanitária que pode ser resolvida e outras considerações do tipo consumo de água tratada.

Aparentemente a condenação desse acessório teve origem nos manuais americanos tipo WPCF Manual of Practice nº. 9 (ASCE nº. 37) e textos de livros estrangeiros. Evidentemente, a utilização de pequenas elevatórias intermediárias, em época de energia barata e com o advento de bombas submersíveis, que diminuíram muito o custo de implantação de elevatórias, além da confiança dos técnicos desses países nos sistemas de manutenção e operação quanto ao funcionamento dos equipamentos eletromecânicos e/ou manutenção do tipo descargas periódicas de cabeceira através de carro pipa, contribuiu em boa parte para o abandono do tanque fluxível (t.f.), o que talvez tenha contribuído para a situação inversa.

Por outro lado, cumpre ressaltar que não se pretende apresentar o tanque fluxível como uma solução para todos os casos, mas apenas para alguns casos, que devem ser pesquisados em função do custo total da instalação.

2.2 Análise do Problema

Os tanques fluxíveis, como o próprio nome indica, destinam-se a fornecer um fluxo periódico de grande vazão que vai lavar as cabeceiras das redes, onde as contribuições de esgotos, pelo pequeno volume, são insuficientes para garantir a velocidade e lâmina d'água necessárias ao carreamento do material presente, principalmente nas regiões de baixa declividade, onde não se deseja aprofundar a rede coletora pelos custos adicionais de escavação acarretados ou até para evitar uma elevatória.

Com esse artifício, garante-se uma descarga adequada no coletor, num intervalo determinável, podendo-se dimensionar o coletor para sua declividade mínima (velocidade mínima) que será sempre menor do que para uma vazão inferior, evitando-se o “mergulho” de toda a rede já que os centímetros economizados nas cabeceiras repercutem em todo sistema.

Esta necessidade de fluxo mínimo pode até ser atendida ao longo do tempo pela ocupação do terreno e aumento de densidade populacional e de contribuintes, o que torna ainda mais evidente o absurdo de mergulhar o coletor por uma situação transitória. Além disso, pode ocorrer que os fluxos intermitentes gerados pelos próprios contribuintes tenham um histograma tal que por si só garantam a vazão necessária à periódica limpeza da linha, o que conduz a conclusão de que os tanques fluxíveis só devem ser instalados após a constatação de sua necessidade e as redes devem ser projetadas para declividades mínimas em qualquer circunstância, sempre que a topografia não for favorável.

3. DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

3.1 Premissas

A. O diâmetro de descarga de um aparelho fluxível deve ser aproximadamente igual ao do coletor que vai receber o fluxo.

B. A vazão de descarga do aparelho fluxível deve ser igual ou maior do que a capacidade de vazão do coletor a plena secção (observe-se que estas descargas só ocorrem em cabeceiras, ou seja, diâmetros pequenos).

C. O trecho do coletor próximo ao t.f. deve ser construído com cuidado e reforçado.

D. O volume de descarga deve ser tal que o tempo de descarga seja suficiente para garantir um comprimento de lavagem do coletor adequado pelo caminhamento da "onda" provocada. Sob determinadas condições hidráulicas pode ser mais conveniente colocar mais de um tanque fluxível no percurso, o que se acredita muito raro.

E. A frequência de descarga deve ser diária (para corresponder ao pico dos histogramas que também é diário).

3.2 Tipos

Podem-se dividir os aparelhos fluxíveis em dois tipos: automáticos e não automáticos.

Os aparelhos fluxíveis não automáticos são aqueles que requerem operação e podem ser fixos ou não. Os fixos são compostos de um reservatório obturado por comporta ou tampão em sua saída, que é aberta periodicamente de forma brusca, por um operador.

Pode ser um tanque construído para esse fim ou simples poço de visita dotado do equipamento adequado. Seu enchimento pode dar-se por meio da rede de água ou por retenção dos próprios esgotos que seriam liberados periodicamente. Em todos os casos convém não esquecer de prover um extravasor. Os aparelhos fluxíveis não automáticos e não fixos são os "terminais de limpeza", que podem ser estruturas econômicas especiais ou meros poços de cabeceira, onde um caminhão pipa, ou um operador com uma mangueira desde um hidrante próximo, fornecem a vazão necessária ao fluxo de limpeza.

Os aparelhos fluxíveis automáticos são os "tanques fluxíveis propriamente ditos".

Há diversos tipos de tanques fluxíveis automáticos, baseados todos num sifão (campânula) que periodicamente se auto-escova, dando descarga ao volume acumulado a montante em um tanque. Este tanque se enche de água através de um

sistema de suprimento a partir da rede de água potável, regulado de forma tal que o volume seja cheio dentro do período que se desejar. O acionamento do sistema e pelo próprio nível de água no tanque como descrito a seguir (descrição extraída de 1), acompanhando a figura 1:

"O sifão atua da seguinte maneira: imediatamente após ter-se esvaziado o tanque o nível d'água em ambos os ramos do sifão é o mesmo do tubo de saída A; dentro do tanque o nível é o do pequeno orifício de suspiro B. À medida que o tanque se enche, a água cobre o orifício e penetra na campânula C, comprimindo o ar sob a campânula e abaixando o nível d'água no ramo mais extenso do sifão; quando a água no tanque atingir a linha de descarga, o nível no sifão deverá se apresentar como indicado na figura, e então, uma pequena quantidade d'água a mais, no tanque, será suficiente - para comprimindo o ar na campânula - fazer com que parte da água escape pelo tubo de saída A, com grande violência. Esta súbita descompressão do ar ocasiona uma entrada da água do tanque na campânula, processando-se assim, através do tubo U, uma descarga contínua até que o nível do tanque atinja o orifício de suspiro. O ar sob pressão atmosférica pode então penetrar na campânula e desfazer o vácuo, interrompendo a descarga através do sifão; a repetição deste ciclo é indefinida. O orifício de saída A deve projetar-se acima do fundo do tubo de saída, pois caso contrário o sifão simplesmente gotejaria e nunca esvaziaria o tanque; a obstrução do orifício de suspiro também impediria o esvaziamento do tanque."

Os autores sugerem eliminar o extravasor do detalhe do desenho 1 para que o eventual não funcionamento seja detectado imediatamente.

O equipamento necessário (campânula, sifão invertido, etc.) que era fabricado em ferro fundido pode ser substituído pelo plástico com prováveis vantagens econômicas.

O volume padrão que se propõe para o tanque é de $1\text{m}^3/\text{s}$ que descarregando em um tubo de $\varnothing 150$ mm corresponde a um tempo de descarga de aproximadamente 100 segundos e em um tubo de $\varnothing 200$ mm a aproximadamente 60 segundos.

4. PROTEÇÃO SANITÁRIA

A grande crítica que se faz contra o tanque fluxível diz respeito a possibilidade de interconexões com a rede de água potável (conexão cruzada - cross-connection), o que realmente pode ocorrer segundo todos os exemplos que encontramos na bibliografia. No entanto não ocorreu a ninguém que o problema é de fácil solução, não devendo se constituir num impeditivo. No desenho nº. 2, os autores apresentam um exemplo do como pode ser feita a ligação, sem nenhum risco de interconexão da rede de água com a de esgotos. Basicamente, deve-se buscar um local "a salvo" para quebrar a continuidade do sistema. O que se propõe, é um dispositivo; simples e barato, que pode ou não ser colocado ao lado de um poste, onde se estabelece a garantia de pressão atmosférica ao terminal do tubo de água potável, sem possibilidade de afogamento. Para proteger o sistema, envolve-se com um tubo de diâmetro suficiente, que pode ser obtido junto à sucata do próprio órgão concessionário e que deverá ir até uma altura de pelo menos 2,5 metros evitando vandalismos. Esse tubo do encamisamento também deverá ter uma série de furos próximos a sua base para evitar a eventualidade de vir a se encher de água por alguma razão, o que, embora menos grave do que com o esgoto também poderia caracterizar uma interconexão.

Considerações sobre o custo da água utilizada em cada descarga podem e devem ser feitas, no entanto não parece que seja fator impeditivo, principalmente quando se considera que a maioria dos tanques servirá apenas até a taxa de ocupação do local, atingir determinado mínimo, exatamente o período em que, por conseguinte deve haver disponibilidade maior de água por haver menos consumidores (capacidade ociosa). Além disso, sempre poderá ser estudada uma fonte de água servida de usuário próximo em cota favorável. Enfim, a crítica sob este aspecto deverá ser analisada em cada caso, porém parece que seria do tipo de condenar-se o fluxo contínuo da amostragem de água tratada no laboratório das ETAs invocando economia.

5. AVALIAÇÃO ECONÔMICA (EXEMPLOS)

A seguir apresentamos o cálculo e orçamento de dois casos distintos, com e sem a utilização de aparelho fluxível:

CASO Nº. 1

Refere-se a um trecho de rede ramificada, onde a taxa inicial de ocupação do solo corresponde à metade da taxa de ocupação final. Projetou-se a rede sem tanque fluxível e introduzindo um tanque na cabeceira da rede até que a saturação fosse alcançada. Verificou-se a necessidade de implantação de uma estação elevatória no caso sem tanque fluxível. Não foram computados os custos das ligações prediais nem o de consumo de energia de bombeamento.

- a. Custo sem Tanque fluxível 102×10^6 Cr\$ 101.608.667,00
- b. Custo com Tanque fluxível 93×10^6 Cr\$ 93.414.580,00

$$a / b = 1,09$$

Redução de custo de 9,0% no trecho.

CASO Nº2

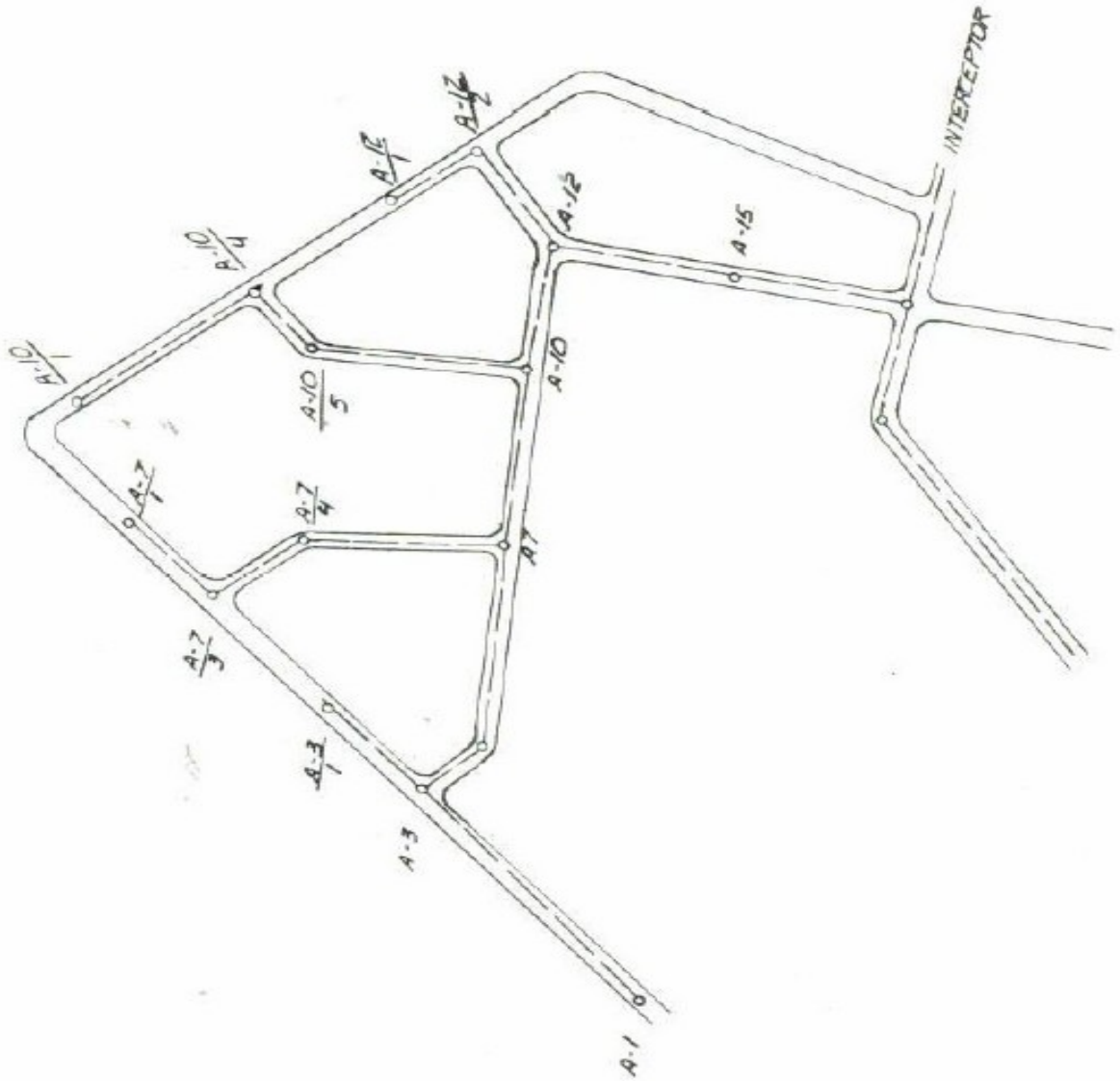
Refere-se a um trecho hipotético onde além da acentuada diferença de contribuição inicial e final ao longo do coletor principal, existe uma grande contribuição na saturação no início do coletor.

- a. Custo sem Tanque fluxível: $18,5 \times 10^6$ Cr\$ 17.003.935,00
- b. Custo com Tanque fluxível: $13,4 \times 10^6$ Cr\$ 13.992.086,00

$$a / b = 1,22$$

Redução de custo de 22% no trecho.

CASO N°1



CASO Nº1

		A		B	
		CR\$		CR\$	
1.	Trabalhos em Terra				
	Escavação	13.795 m ²	3.870.665,00	12.590 m ²	3.257.853,00
	Reaterro	13.114 m ²	3.247.026,00	11.902 m ²	2.946.935,00
	Embassamento	678 m ²	1.740.426,00	682 m ²	1.750.694,00
	Escoramento	26.583 m ²	84.134.319,00	25.734 m ²	79.002.084,00
2.	Poços de Vvita				
	Anéis de Concreto pré-moldados para 53 poços	3,11 (h)	2.552.740,00	2,77(h)	2.361.195,00
3.	Tubulações				
	Fornecimento e assentamento de manilhas cerâmicas				
	φ 150 mm	3.148 m	2.396.887,00	3.058 m	2.328.361,00
	φ 200 mm	720 m	806.832,00	810 m	907.686,00
	φ 250 mm	170 m	307.802,00	170 m	307.802,00
	φ 300 mm	225 m	551.970,00	225 m	551.970,00
4.	Elevatória com o conjunto motor-bomba submerso	2 unidades	2.000.000,00		
TOTAL			101.608.667,00		93.414.580,00

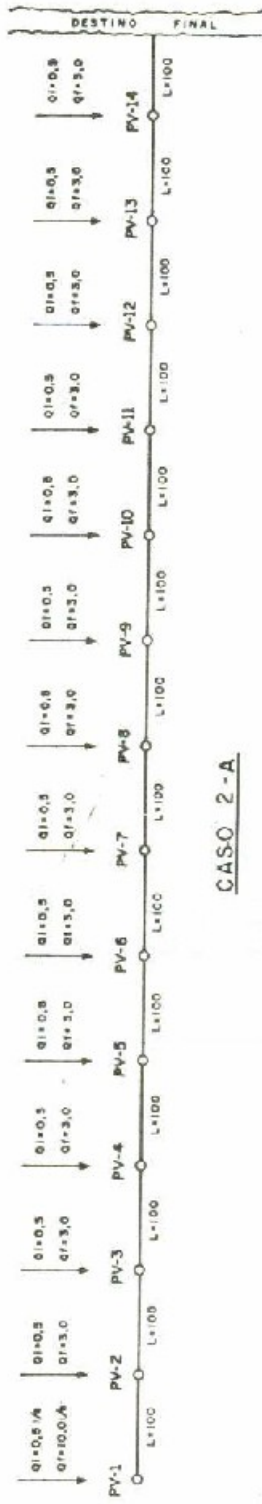
PREÇO EMOP-JUL 81

CASO 1-A (CONT. 02 de 03)

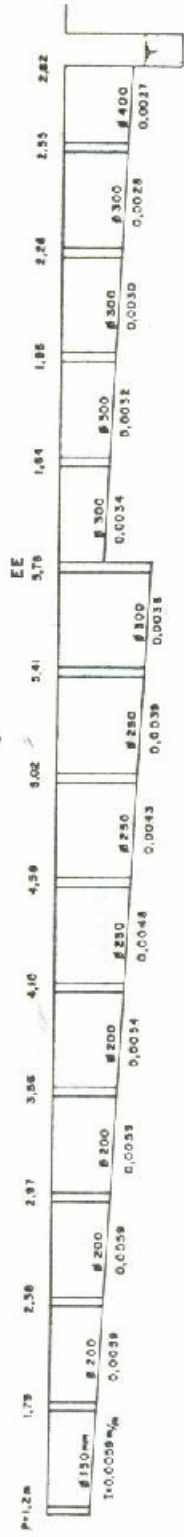
POÇO DE VISITA	COTAS (M)		PROF POÇO (M)	DIS (M)	EXT CONTRIB (M)		DESC MAX UNITÁRIA (L/S/KM)		DESC MÁXIMA TOTAL (L/S)		DECL (M/M)	DIAM (MM)	ALT MOLHADA (MM)		VEL MÁXIMA (M/S)		OBSERVAÇÕES	
	TERRENO	FUNDO			AT	SAT	AT	SAT	AT	SAT			AT	SAT	AT	SAT		AT
A7-1	2,500	1,300																
		1,300	1,20	70	70	70	2,97	4,94	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		
A7-2	2,500	0,901																
		0,901	1,60	70	140	140	2,97	4,94	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		
A7-3	2,500	0,502																
		0,502	2,00	100	365	365	4,94	8,88	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		
A7-4	2,500	-0,068																
		-0,068	2,57	100	465	465	4,94	8,88	2,20	3,09	0,0057	150	29,8	36,2	0,50	0,56		
A7-5	2,500	-0,638																
		-0,638	3,14	100	565	565	4,94	8,88	2,27	3,97	0,0055	150	30,6	41,1	0,50	0,58		
A7	2,500	-1,188																
		-1,350	3,85															
A7-3-1	2,500	1,300																
		1,300	1,20	50	50	50	2,97	4,94	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		
A7-3-2	2,500	1,015																
		1,015	1,45	75	125	125	2,97	4,94	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		
A7-3	2,500	0,587																
		0,502	2,00															
A10-1	2,500	1,300																
		1,300	1,20	80	80	80	4,94	8,88	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		
A10-2	2,500	0,844																
		0,844	1,66	80	160	160	4,94	8,88	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		
A10-3	2,500	0,888																
		0,888	2,11	98	258	258	4,94	8,88	2,20	2,29	0,0057	150	29,8	30,6	0,50	0,51		
A10-4	2,680	-0,171																
		-0,171	2,67	96	484	484	4,94	8,88	2,39	4,30	0,0052	150	32,2	43,6	0,50	0,58		
A10-5	2,920	-0,670																
		-0,670	3,17	100	584	584	4,94	8,88	4,30	5,19	0,0045	150	37,0	51,3	0,50	0,58		
A10-6	3,000	-1,120																
		-1,120	3,62	100	684	684	4,94	8,88	5,19	6,07	0,0041	150	41,1	57,2	0,50	0,58		
A10	2,500	-1,530																
		-2,033	4,53															
A10-4-1	2,500	1,300																
		1,300	1,20	60	60	60	4,94	8,88	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		

CASO 1-B (CONT.02 de 03)

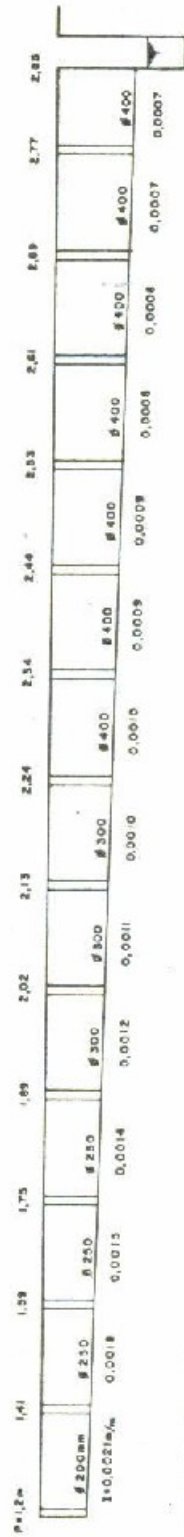
POÇO DE VISITA	COTAS (M)		PROF POÇO (M)	DIS (M)	EXT CONTRIB (M)		DESC MAX UNITARIA (L/S/KM)		DESC MÁXIMA TOTAL (L/S)		DECL (M/M)	DIAM (MM)	ALT MOLHADA (MM)		VEL MÁXIMA (M/S)		OBSERVAÇÕES	
	TERRENO	FUNDO			AT	SAT	AT	SAT	AT	SAT			AT	SAT	AT	SAT		AT
A7-1	2,500	1,300																
		1,300	1,20	70	70	70	4,94	4,94	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		
A7-2	2,500	0,901																
		0,901	1,20	70	140	140	4,94	4,94	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		
A7-3	2,500	0,502																
		0,502	2,00	100	365	365	8,88	8,88	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		
A7-4	2,500	-0,068																
		-0,068	2,57	100	465	465	8,88	8,88	3,09	3,09	0,0043	150	38,6	38,6	0,50	0,50		
A7-5	2,500	-0,499																
		-0,499	3,00	100	565	565	8,88	8,88	3,97	3,97	0,0037	150	46,2	46,2	0,51	0,51		
A7	2,500	-0,870																
		-0,990	3,49															
A7-3-1	2,500	1,300																
		1,300	1,20	50	50	50	4,94	4,94	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		
A7-3-2	2,500	1,015																
		1,015	1,49	75	125	125	4,94	4,94	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		
A7-3	2,500	0,587																
		0,502	2,00															
A10-1	2,500	1,300																
		1,300	1,20	80	80	80	8,88	8,88	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		
A10-2	2,500	0,844																
		0,844	1,66	80	160	160	8,88	8,88	2,20	2,20	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		
A10-3	2,500	0,388																
		0,388	2,11	98	258	258	8,88	8,88	2,29	2,29	0,0054	150	31,4	31,4	0,50	0,50		
A10-4	2,500	-0,142																
		-0,142	2,64	96	484	484	8,88	8,88	4,30	4,30	0,0034	150	49,6	49,6	0,50	0,50		
A10-5	2,500	-0,470																
		-0,470	2,97	100	584	584	8,88	8,88	5,19	5,19	0,0031	150	57,2	57,2	0,51	0,51		
A10-6	2,500	-0,781																
		-0,781	3,28	100	684	684	8,88	8,88	6,07	6,07	0,0028	150	65,4	65,4	0,51	0,51		
A10	2,500	-1,062																
		-1,471	3,97															
A10-4-1	2,500	1,300																
		1,300	1,20	60	60	60	8,88	8,88	2,2	2,2	0,0057	150	29,8	29,8	0,50	0,50		



CASO 2-A



CASO 2-B



- qi = VAZÃO INICIAL (l/s)
- qf = VAZÃO FINAL (l/s)
- L = DISTÂNCIA (m)
- P = PROFUNDIDADE (m)
- I = DECLIVIDADE (‰)
- Ø = DIÂMETRO (mm)
- EE = ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

CASO Nº2

		A		B	
		CR\$		CR\$	
1.	Trabalhos em Terra				
	Escavação	4.800 m ²	1.344.643,00	3.200 m ³	473.730,00
	Reaterro	4.180 m ²	1.034.968,00	2.230 m ³	553.148,00
	Embassamento	314 m ²	806.038,00	456 m ³	1.170.552,00
	Escoramento	9.400 m ²	8.468.380,00	7.400 m ²	7.575.000,00
2.	Poços de Vsita				
	Anéis de Concreto pré-moldados para 14 poços	3,23 (h)	724.876,00	2,12(h)	513.366,00
3.	Tubulações				
	Fornecimento e assentamento				
	φ 150 mm	100m	76.140,00	-	
	φ 200 mm	400m	448.240,00	100 m	112.060,00
	φ 250 mm	300m	543.180,00	300 m	543.180,00
	φ 300 mm	500m	1.226.600,00	300 m	735.960,00
	φ 400 mm	100m	330.870,00	700 m	2.316.090,00
4.	Elevatória com o conjunto motor-bomba submerso	2 unidades	2.000.000,00		
TOTAL			17.003.935,00		13.993.086,00

PREÇO EMOP-JUL 81

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conclusões

1. os aparelhos fluxíveis podem acarretar economias sensíveis numa rede de esgotos de região plana
2. esta economia aumenta na medida em que se incorporaram os custos das ligações prediais que quanto mais rasas serão mais baratas
3. a conveniência ou não da utilização de aparelho fluxível deve ser analisada caso a caso, pois haverá situações em que será mais econômico a instalação do aparelho e situações em que o aumento da declividade ou a interposição de elevatória será preferível por acarretar menores custos
4. não há motivos técnicos impeditivos da utilização desses dispositivos.

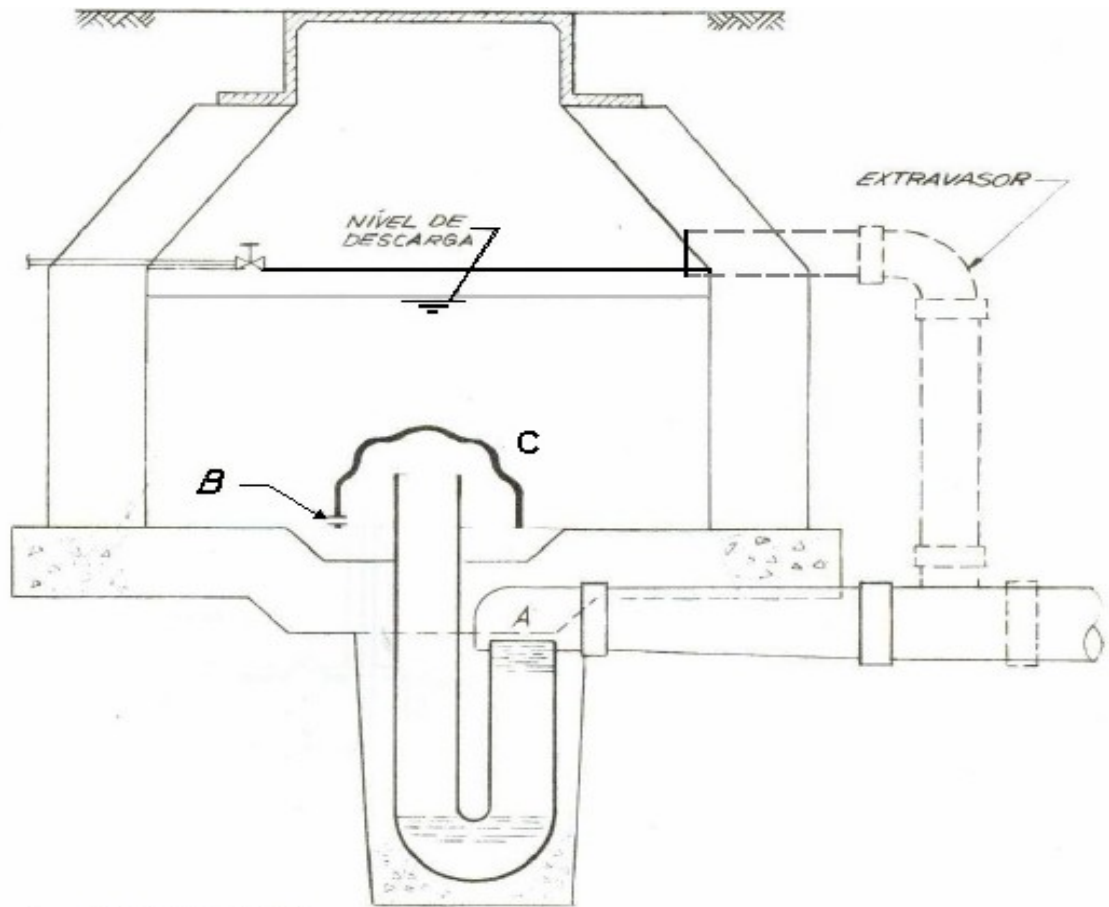
Recomendações

1. que a norma brasileira preveja a hipótese de a rede ser dotada de aparelhos fluxíveis (tanques automáticos, tanques não automáticos e terminais de limpeza).
2. que os operadores de sistemas e projetistas se manifestem a respeito, divulgando as experiências brasileiras de operação de tanques fluxíveis.

BIBLIOGRAFIA

1. Water Supply and Sewerage - Ernst W. Steel - 4ª. edição - The MacGraw-Hill Book Company Inc. 1960
2. Engenharia Sanitária - Antonio de Siqueira - Livraria do Globo - Porto Alegre - 1947
3. Sistemas de Esgotos Sanitários - CETESB -1977
4. Design and Construction of Sanitary, and Storm Sewers - (Water Pollution Control Federation M.P. nº 9/ American Society of Civil Engineers MPE nº 37) - 1960
5. Adilson Coutinho Serôa da Motta - Notas de Aula e Apostilas para os alunos da turma de 1970 da Escola de Engenharia da UFRJ.

FIGURA 1 - TANQUE FLUXÍVEL AUTOMÁTICO



A - TUBO DE SAÍDA

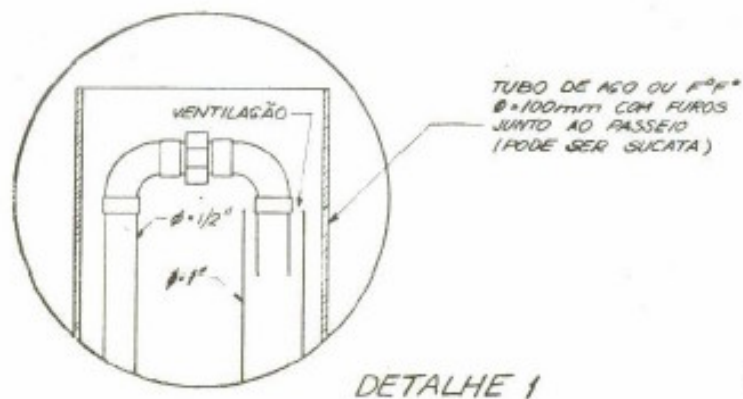
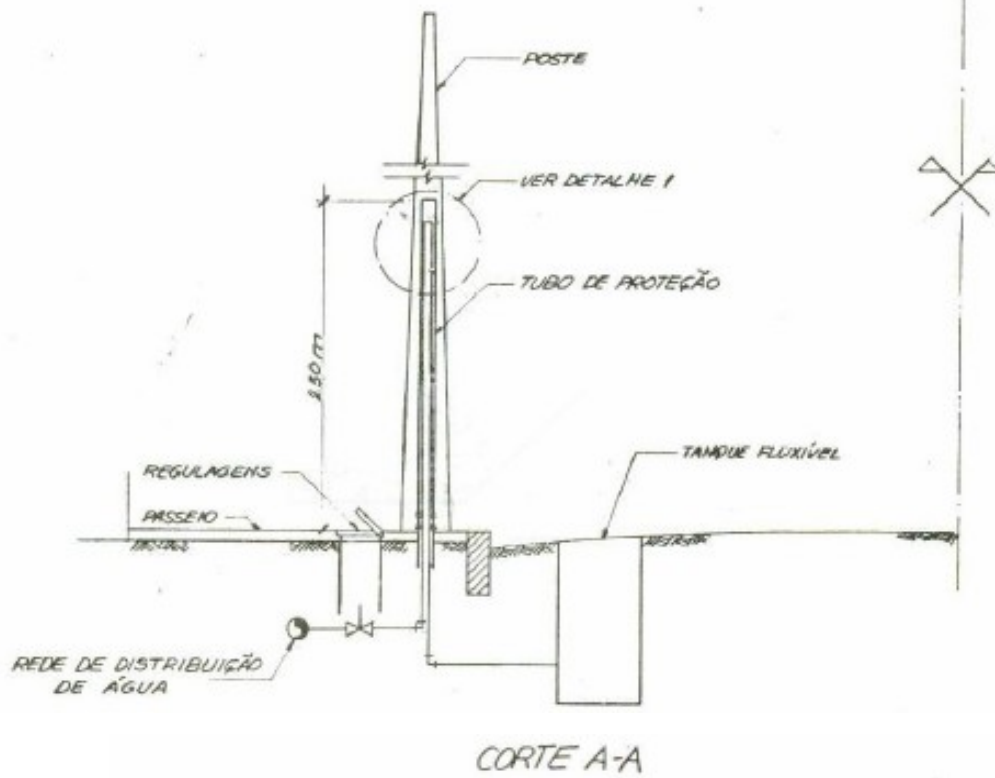
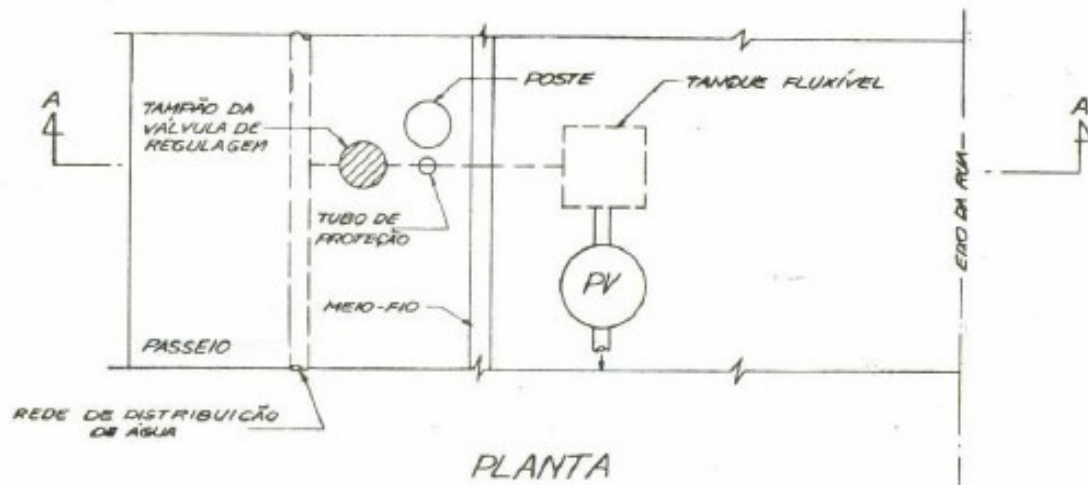
B - ORIFÍCIO DE SUSPIRO

C - CAMPÂNULA

OBS: SUGERE-SE NÃO COLOCAR EXTRAVASOR (VER TEXTO)

FONTE: BIBLIOGRAFIA [1]

FIGURA 2- ESQUEMA DE LIGAÇÃO PROPOSTO PARA PROTEÇÃO DE CONEXÃO CRUZADA



SEM ESCALA
AGOSTO/81

FIGURA 3 - TERMINAL DE LIMPEZA

