

Ministério da Saúde
Fundação Oswaldo Cruz
Escola Nacional de Saúde Pública

**“Viabilidade Econômico-Financeira para Implantação de
Sistemas Unitários em Pequenas Localidades”**

por

Paulo Cesar de Almeida Tourinho

*Dissertação apresentada com vistas à obtenção do título de Mestre em
Ciências na área de Saúde Pública*

Orientador: Prof. Dr. Teófilo Carlos do Nascimento Monteiro

Rio de Janeiro, 24 de setembro de 2001

DEDICATÓRIA

Dedico esta obra a minha mãe
Hygia M. de Almeida Tourinho
(in memoriam)

AGRADECIMENTOS

- A Fundação Oswaldo Cruz, pela oportunidade.
- Ao meu orientador Prof. Dr. Teófilo Carlos do Nascimento Monteiro.
- Aos professores Drs. Odir C. da Cruz Roque, Carlos Alberto Miranda, Ogenis Magno Brilhante e Ana Marcela Ugarte Ramos.
- Aos Eng^{os} da FUNASA Marcos Roberto Muffareg, Francisco de Assis Quintieri e Lúcio Henrique Bandeira.
- Ao grande amigo Eng^o José Antonio da Motta Ribeiro.
- Ao responsável
- Ao corpo técnico do DSSA.
- Aos meus filhos que compreenderam e me apoiaram em minhas ausências.
- A minha esposa Lúcia C. Chagas de Oliveira que muito me incentivou na participação no mestrado e principalmente compreendeu minhas ausências, sendo a responsável pelo logro do presente trabalho.
- A todos que direta ou indiretamente colaboraram de alguma forma à realização deste trabalho.

Resumo da dissertação apresentada à FIOCRUZ/ENSP como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Ciências (M. Sc.)

VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA PARA IMPLANTAÇÃO DE SISTEMAS UNITÁRIOS EM PEQUENAS LOCALIDADES

Os sistemas de esgotamento sanitários implantados no Brasil atendem 37,7% de sua população, sendo que muito desses sistemas cuidam única e exclusivamente de seu afastamento, uma vez que não são dotados de sistemas seguros de tratamento e final adequados.

Além da grande carência de sistemas de esgotamento sanitário, o Brasil se ressentia da falta de sistemas de drenagem pluvial que normalmente é a segunda grande obra realizada nos municípios, sendo a primeira, os sistemas de abastecimento de água.

Devido a falta de recursos, diversos sistemas unitários ou combinados vêm sendo implantados, aproveitando-se redes coletoras de sistemas de drenagem existentes para o lançamento de esgoto *in-natura*, sem que se tenha conhecimento técnico adequado sobre as conseqüências dessa utilização, gerando como conseqüência, impactos nos corpos receptores.

Surge então a necessidade da criação de uma cultura voltada para a recuperação dos sistemas implantados conforme acima descrito ou quando for necessário, da elaboração de estudo de viabilidade técnica para sua implantação, segundo critérios a serem estabelecidos conforme as características locais, tendo como segundo objetivo sua viabilidade econômico-financeira.

Para verificar a possibilidade de utilização de sistemas unitários em pequenas localidades, foram comparados os custos de implantação de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial do tipo separadores absolutos, de implantação de um sistema unitário, da recuperação de sistemas erroneamente chamados de unitários e de transformação de um sistema de drenagem pluvial do tipo separador absoluto em sistema unitário.

O presente estudo mostrou que economicamente um sistema unitário é viável, mas se faz necessário um maior aprofundamento no que se refere a minimização dos riscos ambientais ao corpo receptor, quando da ocorrência de transbordamentos tanto em relação a quantidade quanto em relação a qualidade e suas conseqüências à biota.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema Unitário, Sistema Combinado, Sistema de Esgotamento Sanitário

Abstract of Dissertation presented to FIOCRUZ/ENSP as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M. Sc.)

ECONOMIC VIABILITY FOR THE IMPLEMENTATION OF SEWAGE UNITARY SYSTEMS EM SMALL LOCALITIES

The sanitary sewage systems implemented in Brazilian soil attend to 37.7% (thirty seven point seven percent) of its population (BI↓ march/2001), in which great part of it exclusively deals with its collection, since there are no implemented secure systems to the final destination.

Apart from the great shortage of sanitary sewage systems, Brazil lacks systems of pluvial drainage systems, which is normally the second most important construction work performed by the local government, the most important being water supply systems.

Due to the lack of resources, various unitary or combined sewage systems have been implemented, taking advantage of already existent collecting networks of drainage systems for the disposal of raw sewage, without any technical acknowledgement of this described usage. With this, there are great impacts concerning the receptory bodies.

A necessity is therefore emerged to create the ideal that focuses on re-establishing implemented systems, as mentioned above or whenever necessary, to elaborate further research of technical viability, in accordance to local characteristics, having as a secondary aim its economical viability.

To verify the possibility of the usage of unitary systems in small localities, the costs of implementation of sanitary sewage systems and pluvial drainage systems of the absolute separation types, of the implementation of a unitary system, of the re-establishment of systems mistankingly labelled as unitary and the transformation of a pluvial drainage system of the absolute separator in unitary systems were compared.

The current research has shown that a unitary system is economically possible, however making a further in-depth research necessary, in reference to the implementation of the reduction of environmental hazards to the receptive body, in the event of overflow, in respect to the quantitative and qualitative effects to the water quality from potential presence of pathogens.

KEY WORDS: Unitary Systems, Combined Systems, Sanitary Sewage Systems.

ABREVIATURAS UTILIZADAS NESTE TRABALHO:

BDI	.....	Bônus e Despesas Indiretas
CONAMA	.....	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CSO	.....	<i>Combined Sewer Overflow</i>
DBO	.....	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	.....	Demanda Química de Oxigênio
EPA	.....	<i>Environmental Protection Agency</i>
ETE	.....	Estação de Tratamento de Esgoto
ha	.....	Hectare
I	.....	Declividade
I(mm/h)	.....	Intensidade Pluviométrica em milímetros por hora
kgf/cm ²	.....	Quilograma força por centímetro quadrado
l/s	.....	Litros por segundo
LTCP	.....	<i>Long Time Control Program</i>
Mg/l	.....	Miligramma por litro
H	.....	Coefficiente de rugosidade de Manning
NMC	.....	<i>Nine Minimum Control</i>
Pa	.....	Pascal
PLANASA	.....	Plano Nacional de Saneamento
PV	.....	Poço de Visita
Q	.....	Vazão
RH	.....	Raio Hidráulico
SS	.....	Sólido em Suspensão
SSO	.....	<i>Sanitary Sewer Overflow</i>
SU	.....	Sistema Unitário
TIL	.....	Terminal de Inspeção e Limpeza
TL	.....	Terminal de limpeza
TA	.....	Tanque de Acumulação
TR	.....	Tempo de Recorrência

ÍNDICE DE FIGURAS	PÁG	
Figura 01	Circulo de dispersão de excretas infectados	10
Figura 02	Microrganismos patogênicos que sobrevivem a um sistema de tratamento convencional	11
Figura 03	Equipamento utilizado em um Sistema Unitário para tratamento do fluxo em tempo chuvoso	22
Figura 04	Mapa da Baía de Ipanema com a localização dos pontos de monitoramento (IPA0 a IPA3) e a batimetria da Baía	26
Figura 05	Esquema das redes coletoras e acessórios de um sistema unitário	36
Figura 06	Terminal de Limpeza (TL) utilizando conexões e tampões existentes no mercado	37
Figura 07	Terminal de inspeção e limpeza (TIL)	37
Figura 08	Poço de visita (PV) com tubo de queda (TQ) nas situações onde for necessário o seu uso	38
Figura 09	Curva de intensidade pluviométrica para $T_R=5$ anos na região de Campos/RJ	49
Figura 10	Esquema da interligação entre Tanque de Acumulação e Estação de Tratamento de Esgoto - ETE em um sistema unitário	58
Figura 11	Corte AA' do Tanque de Acumulação TA	59
Figura 12	Esquema da Caixa de, "By Pass"	59
Figura 13	Corte transversal de uma vala no Sistema Unitário	71
Figura 14	Posicionamento das redes coletoras	79
Figura 15	Comparação de custos entre Sistemas de Esgotos Sanitários e Drenagem Pluvial do Tipo Separador Absoluto	80
Figura 16	Comparação de custos entre Sistema Unitário sem Tanque de Acumulação e Sistemas do Tipo Separador Absoluto	81
Figura 17	Comparação de custos entre Sistema Unitário com Tanque de Acumulação e Sistemas do Tipo Separador Absoluto	83
Figura 18	Comparação de custos entre transformação em Sistema Unitário e implantação e de um Sistema de Esgoto	84
Figura 19	Custos das várias opções de sistemas	86

ÍNDICE DOS QUADROS		PÁG
Quadro 01	Comparação dos Parâmetros de Descargas Pluviais	18
Quadro 02	Evolução da qualidade da água de escoamento superficial	23
Quadro 03	Situação atual do Sistema de Esgoto na Grande Porto Alegre/RS	25
Quadro 04	Dimensionamento da rede coletora do Sistema de Esgotamento Sanitário	41 a 46
Quadro 05	Parâmetros para um período de retorno $T_R=5$ anos na região de Campos/RJ	48
Quadro 06	Dimensionamento da rede coletora de Sistema de Drenagem	51 a 54
Quadro 07	Verificação do dimensionamento dos trechos principais da rede coletora do Sistema de Drenagem para SU	61
Quadro 08	As maiores precipitações desde 1997 ocorridas na Cidade do Rio de Janeiro (Geo-Rio)	64
Quadro 09	As maiores precipitações e as respectivas alturas totais no mês de ocorrência desde 1997 ocorridas na Cidade do Rio de Janeiro (Geo-Rio)	66
Quadro 10	Planilha Orçamentária de transformação de um sistema de drenagem do tipo separador absoluto em sistema unitário	72
Quadro 11	Planilha Orçamentária do sistema de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto	73
Quadro 12	Planilha Orçamentária do sistema de drenagem do tipo separador absoluto	74 e 75
Quadro 13	Planilha Orçamentária do sistema unitário	76 e 77
Quadro 14	Comparação de custos entre sistema de esgoto sanitário e drenagem pluvial do tipo separador absoluto e sistema unitário	78

ÍNDICE DE TABELAS		PÁG
Tabela 01	Valores de α em função do tempo de duração do evento chuvoso	35
Tabela 02	Correlação de valores entre o coeficiente de Runoff e “m”	49

**ÍNDICE DE
PLANTAS****PÁG**

Planta 01	Planta da rede coletora de esgotos sanitários	47
Planta 02	Planta da rede de drenagem pluvial	55
Planta 03	Planta da rede coletora do sistema unitário	62

SUMÁRIO

	PÁG
1. INTRODUÇÃO	01
1.1 Objetivo Geral	05
1.2 Objetivos Específicos	06
2. REVISÃO DA LITERATURA	07
3. METODOLOGIA	31
3.1 Sistemas Separadores Absolutos	34
3.1.1 Esgotamento Sanitário	34
3.1.2 Drenagem Pluvial	35
3.2 Sistema Unitário	36
4. DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS	39
4.1 Sistema de Esgotamento Sanitário	39
4.2 Sistema de Drenagem Pluvial	48
4.3 Sistema Unitário	56
4.3.1 Impactos Esperados	63
5. LEVANTAMENTO DE CUSTOS	69
5.1 Sistema de Esgotamento sanitário	69
5.2 Sistema de Drenagem Pluvial	70
5.3 Sistema Unitário	70
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	79
7. CONCLUSÃO	85
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

1. INTRODUÇÃO

A natureza humana é agregadora e, por conseguinte busca incessantemente a convivência em comunidade que fatalmente cria transformações ambientais. Essas transformações são sempre adversas ao meio ambiente quando consideramos apenas a biodiversidade local antes da chegada do homem, da criação de aglomerados, povoados, cidades, enfim uma mudança radical no meio ambiente local.

Aliada a essa característica gregária encontramos também uma outra característica sedentária, ou seja, quando surge um povoado, dificilmente esse regride voltando a ser uma área desabitada.

A necessidade primordial passa a ser a água, fonte natural de toda a vida e que, após sua utilização, é devolvida ao meio ambiente com características adversas de quando foi captada, podendo estar nessa fase poluída e/ou contaminada. Quanto maior a concentração populacional, maiores são as modificações adversas na fauna, flora, ar, solo e no próprio ser humano. Uma vez ocorridas as mudanças, não se pode mais retornar o sítio às suas características anteriores devido as alterações locais nos habitats naturais preferenciais, com a geração de novos habitats, com a fuga de alguns e invasão de outros tanto em relação a flora, quanto em relação a fauna.

Nessa fase toda atenção deve estar voltada para a minimização dos efeitos danosos do contato do ser humano com as águas servidas que devem ser afastadas sem que essas possam causar qualquer dano ao grupo gerador ou a outros grupos a jusante.

Com as construções de abrigos reduz-se a área permeável do solo, eleva-se o nível do lençol freático e acaba-se com as barreiras naturais que dificultam o escoamento superficial com conseqüente ocorrência de erosão e/ou inundação nas áreas mais baixas da bacia.

Em sistemas humanos organizados é primordial a construção de sistemas de abastecimento de água compatível com a população a ser atendida tanto em quantidade quanto em qualidade e, por uma questão de economia, evitando-se o refazer, projeta-se sistemas para datas futuras, levando-se em conta a durabilidade do material empregado e a estimativa do crescimento dos beneficiários durante a vida útil dos mesmos.

Após vencida a etapa inicial, relativa ao abastecimento de água, inicia-se a segunda etapa, que pode ser o sistema de esgotamento sanitário ou o sistema de

drenagem pluvial. A escolha da segunda etapa está vinculada diretamente às características geofísicas, do nível de aglomeração do sistema humano e das características hidrológicas locais. As características geomorfológicas estão ligadas às declividades do sítio (montanhoso, planície, vale, etc.) que impõem uma maior ou menor velocidade ao escoamento das águas para os talvegues naturais e a constituição do solo com relação às suas características de permeabilidade. As características do sistema humano estão ligadas ao grau de concentração, nível de mudanças no sítio e elevação de áreas impermeáveis com a construção de abrigos e arruamento, implicando em redução da área permeável e elevação do volume e da velocidade do escoamento superficial, podendo ocorrer inundações em áreas de cotas inferiores. Também aliada à aglomeração, que trás como consequência a elevação do nível do lençol freático e acréscimo das águas servidas que, mesmo com a utilização de tratamento individual, como é o caso da fossa séptica e sumidouro que pode apresentar uma baixa eficiência, contaminando o lençol freático e levando essa contaminação a rios córregos, lagos etc. As características hidrológicas estão ligadas à intensidade, à distribuição temporal e duração dos eventos chuvosos no sítio e de sua constância que somente passam a ser mais previsíveis após alguns anos de estudo local. Pode-se utilizar dados de regiões circunvizinhas, com características pelo menos próximas e nesse caso, com margem de erro maior.

Para a solução dos problemas causados pelas águas servidas e provenientes das chuvas, contamos com os sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial, independentes ou como são conhecidos “do tipo separador absoluto”, que por se tratar de dois sistemas independentes e de elevado custo de implantação, operação e manutenção, normalmente são implantados em épocas distintas. Os sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem pluvial são considerados os mais caros, principalmente com relação à implantação, tanto em relação ao custo financeiro quanto ao custo social, devido ao constrangimento das obras de implantação impingida aos beneficiários. Além disso, a melhor época para a implantação deles seria antes da pavimentação do arruamento.

Pelas razões acima descritas, temos verificado que nos últimos 05 (cinco) anos diversas Prefeituras Municipais de todas as regiões brasileiras com população, em sua maioria, inferior a 50.000 habitantes buscam financiamento para obras de saneamento

que contemplam sistemas de esgotamento sanitário tanto para coletar o esgoto bruto quanto o proveniente de fossas sépticas, assim como drenagem de águas pluviais, muitas vezes em um único sistema, denominando-os erroneamente de Sistemas Unitários. Como consequência, encontramos muitos sistemas de drenagem que recebem lançamentos de esgoto sem tratamento e/ou efluentes de fossas sépticas que, como já mencionado, podem apresentar uma baixa eficiência. Dessa forma, durante o tempo chuvoso, seus pontos de lançamento apresentam uma mistura de esgoto sanitário e águas pluviais e, em tempo seco, apenas esgoto sanitário, sem nenhum tratamento.

A principal preocupação em um sistema unitário ou combinado, sistemas capazes de transportar concomitantemente os fluxos de esgotos sanitários e oriundos da drenagem pluvial, é o transbordamento, que pode se dar em duas situações distintas:

- 1^a) Durante um evento de chuva: transbordamento do sistema em pontos a montante da estação de tratamento *Combined Sewer Overflow – CSO*, que representa o lançamento, no corpo receptor, do esgoto diluído com água coletada pelo sistema de drenagem por ter sido ultrapassada a vazão suportada pela ETE ou devido a sua paralisação; falha no sistema de bombeamento ou falta de manutenção (limpeza) na grade de retenção de material grosseiro;
- 2^a) Em tempo seco: transbordamento do sistema em pontos a montante da estação de tratamento *Sanitary Sewer Overflow – SSO* que corresponde ao lançamento de esgoto sem tratamento devido a paralisação do sistema de bombeamento ou da ETE ou falha na manutenção (limpeza) da grade de retenção de material grosseiro.

Transbordamentos também podem ocorrer nos sistemas de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto pela existência de “*by pass*” tanto nas estações elevatórias de esgotos quanto na entrada da estação de tratamento – grade e caixa de areia.

Por outro lado as necessidades práticas de manutenção da qualidade de vida ambiental urbana vieram a obrigar também aos que, em termos de drenagem pluvial urbana cuidavam apenas da quantidade e de variações temporais, a entender que os corpos d'água urbanos vem recebendo progressivamente maiores cargas orgânicas dos sistemas ditos como único e exclusivamente de drenagem pluvial, ou seja, os sistemas tipo separador absoluto.

Os projetos de infra-estrutura urbana devem atender as preocupações ambientais vigentes, não mais sendo admissível que se cuide apenas de escoar "quantidades". Os custos econômicos, sociais e ambientais decorrentes de projetos tradicionais exigem, hoje em dia, controle da "qualidade" dos efluentes. Entretanto, projetos de drenagem pluvial, construídos em contra partida e em paralelo aos sistemas de esgotamento sanitário, continuam como no século passado, a contar apenas com redes, lançando seus efluentes em cursos d'água (rios, córregos, lagos, áreas costeiras, etc.) como se transportassem carga não poluidora, o que pode ser desmentido pela prática. Dos esgotos sanitários porém, já se exige, teoricamente, um pouco mais, sendo raros os projetos que não cogitam seu tratamento. Não obstante, na prática, por uma questão de opção tecnológica, o custo de tratamento é em geral elevado que este passa a ser relegado a uma segunda etapa na implantação, indefinida no tempo.

Teoricamente, pelo menos, os sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários compreendem a mistura dos seguintes tipos de águas: as águas da cozinha, as águas de lavagem, as águas cloacais e os efluentes industriais e comerciais. Estes dois últimos correspondem, freqüentemente, apenas uma pequena parcela do total dos líquidos escoados, porém, possuem, na maioria das vezes, um alto poder poluidor. No conjunto admite-se que os sistemas de coleta e transporte de esgotos devem conduzir efluentes que, pelas suas características, sejam consideradas como assimiláveis pelas redes e acessórios. Sob essa combinação, tais sistemas são descritos no meio técnico como "separadores absolutos", uma antiga denominação que espelha mal a sua realidade no contexto das cidades brasileiras. Além de esses sistemas admitirem a entrada inevitável das águas de infiltração.

Os sistemas de drenagem pluvial do tipo "separadores absolutos" teoricamente deveriam ser construídos em paralelo aos sistemas de esgoto sanitário, onde seriam englobados os seguintes tipos de águas: provenientes das águas dos telhados e pátios das edificações, águas das calçadas, caixas das ruas e praças, bem como águas de pequenas bacias naturais de drenagem urbana. As águas de infiltração, águas do lençol freático absorvidas pela rede coletora, são também admitidas como inexoráveis, ao menos qualitativamente.

A realidade de muitas cidades brasileiras tem sido a reunião informal - e em muitas vezes ilegal - de ambos os sistemas, buscando o aproveitamento das redes

pluviais existentes, em função da redução dos custos da rede de esgotos. O escoamento das águas provenientes de ambos os sistemas, pluviais e esgotos, em um único conduto define o que chamamos de "sistema unitário ou combinado".

Por questões econômicas muitas cidades brasileiras estão adotando, cada vez mais e com maior frequência, sistemas não separadores para captar os vários tipos de escoamentos dos esgotos sanitários em conjunto com as águas pluviais. O que antes era considerado uma questão cultural de alguns Estados, como é o caso do Rio Grande do Sul, passou a ser usual em outros Estados, de regiões distintas. Entretanto esses sistemas vêm sendo adotados "informalmente" em muitos casos, ou construídos sem a mínima condição técnica e operacional, limitando-se a propiciar apenas o afastamento das águas poluídas (ou contaminadas) das proximidades de alguns segmentos da população. Do ponto de vista de Saúde Pública e Ambiental, soluções informais - não separadoras - continuam produzindo impactos negativos.

Podemos aqui citar o caso da grande Porto Alegre, onde 79,72% da população dispõe de sistema de coleta de esgoto sanitário e que 28,98% consiste de "Rede Pluvial (misto)", BRASIL (2000), ou seja, praticamente um terço utiliza um sistema não convencional e que de alguma forma traz benefício à população.

Entretanto a existência de grandes déficits de infra-estrutura nessa área e o informalismo quanto a aplicação desses sistemas, recomenda a introdução de critérios e procedimentos de projeto que assumam como fato a existência dos sistemas unitários. Esses devem considerar que, desde que sejam adequadamente projetados, construídos, operados e mantidos, possam propiciar alguns benefícios sanitários e ambientais advindos dos sistemas separadores absolutos, ainda considerados como os melhores.

1.1 Objetivo Geral

Solucionar problemas decorrentes da falta de saneamento com relação ao afastamento das águas servidas (esgoto sanitário) e águas pluviais (controle de enchentes), grandes responsáveis pela disseminação de inúmeras doenças de veiculação hídrica, especificamente para pequenas localidades a baixo custo, de modo que não continue a prática da construção de um único sistema para solucionar ambos, com as conseqüências já conhecidas.

1.2 Objetivos Específicos

Verificar a possibilidade de implantação de sistemas unitários em pequenas localidades, a partir de um estudo econômico financeiro, em detrimento da implantação de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial, concomitantemente.

Elaborar projetos de esgotamento sanitário e drenagem pluvial do tipo separador absoluto para uma área fictícia, bem como a elaboração de projeto de um sistema unitário para a mesma área considerada.

Proceder ao levantamento das principais etapas construtivas dos sistemas e seus respectivos custos.

Elaborar um estudo comparativo dos custos dos sistemas separadores absolutos em relação aos custos do sistema unitário em diversos cenários, focando a relação custo x benefício em função da capacidade de investimento ou endividamento da referida localidade.

Mostrar que quanto maior a capacidade de investimento ou endividamento, menor será o risco de ocorrência de transbordamento em sistemas unitários, tanto em tempo seco – *SSO* quanto em tempo de chuva – *CSO* e em consequência, uma melhor performance do sistema.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A necessidade de afastamento das águas servidas e dos excretas e a proteção das cidades com relação às águas de chuva datam do século IV a.C. Conhecida como “*Cloaca Máxima de Roma*”, o sistema criado para receber esgoto sanitário do Fórum de Roma também recebia as águas pluviais de suas proximidades; este primeiro sistema unitário conhecido, tinha como função o controle da malária. A “*Cloaca Máxima de Roma*” interligava o Fórum ao Rio Tibre com uma extensão de 800m. Um século após sua construção, foram implantados dutos de barro para coleta das águas servidas e cloacais das residências, bem com a coleta das águas pluviais de uma área bem maior que correspondia à bacia hidrográfica da referida “*Cloaca Máxima de Roma*”.

No século XIX, a Inglaterra se viu obrigada a construir sistemas que afastassem as águas servidas e pluviais devido a proliferação de pestes e doenças contagiosas em cidades que não adotavam medidas sanitárias, tornando cada vez mais difícil o intercâmbio comercial devido a recusa dos navios de atracarem nessas cidades.

Como descrito no Manual de Projetos de Pequenos Sistemas de Esgotamento Unitário (GUIMARÃES, 1999), nas principais cidades de alguns países europeus passaram a ser obrigatória a construção de latrinas providas de fossas. Nessa mesma época iniciou-se a construção dos primeiros sistemas de coleta e transporte de esgotos sanitários e águas pluviais, tanto na Europa quanto nos Estados Unidos da América. Em seu levantamento verificou que somente em 1815, em Londres foi autorizado o lançamento de efluentes domésticos nas galerias de águas pluviais, e em 1847, tornou-se compulsório o lançamento de todas as águas residuárias das habitações nas galerias públicas de Londres. Com o grande lançamento de esgotos “in-natura” nas galerias pluviais, iniciou um processo de poluição do Rio Tâmisa, sendo que em 1876, foi promulgada uma lei proibindo o lançamento dos esgotos cloacais sem tratamento na galeria e conseqüentemente no Rio Tâmisa.

Em 1842, em Hamburgo, na Alemanha, em decorrência de um incêndio que destruiu parcialmente a cidade, foi desenvolvido um dos mais significativos e avançados sistemas de esgoto, em acordo com as teorias inovadoras sobre o escoamento de águas residuárias, levando em conta as condições topográficas locais. Os princípios básicos que nortearam o projeto são ainda hoje válidos e nunca haviam sido aplicados

anteriormente. O sistema foi projetado para receber contribuição de águas pluviais, domésticas e eventualmente industriais, sendo denominado de “Sistema Unitário de Esgoto”. A construção desse sistema de esgoto propagou-se posteriormente pelas principais cidades do mundo, entre elas: Boston, Paris, Buenos Aires, Viena, Amsterdam, etc. (GUIMARÃES, 1999).

O sistema de esgoto mais famoso do mundo é o *tout-à-l'égout*, ie, “tudo junto”, em Paris, que foi iniciado por volta de 1370 com a construção de grandes galerias subterrâneas cobertas para receber as águas provenientes da chuva, águas servidas e o lixo proveniente da varrição das ruas, parques e jardins. Hoje, seu funcionamento consiste em transportar o esgoto em tempo seco para tratamento feito por quatro Estações de Tratamento de Esgoto do tipo lodo ativado com seus efluentes lançados no rio Sena. Durante o período chuvoso e devido ao grande acréscimo de volume, o excedente da vazão que não é suportado pelas estações de tratamento, é lançado no Rio Sena por intermédio de vários extravasores, onde em cada um é lançado uma pequena vazão com pouca quantidade de matéria orgânica devido a sua grande diluição (KRUPA, 1991).

Entre novembro de 1997 e setembro de 1998, ocorreram diversos seminários sobre Combined Sewer Overflow (CSO) para pequenas comunidades com população inferior a 75.000 habitantes, com grande ênfase nas comunidades com população inferior a 10.000 habitantes. Esses seminários ocorreram em: West Virginia (nov/97), Maine (dez/97), Ohio (jan/98), Indiana (fev/98), Pennsylvania (mar/98) e Washington (Set/98), produzindo o “*Combined Sewer Overflow (CSO) Handbook for Small Communities*” - Manual de Sistema Combinado para Pequenas Comunidades.

BRENNAN & DWYER (1989), descrevem que em todo o território Americano existem cerca de 950 Sistemas Combinados com mais de 10.000 pontos de lançamento, sendo que 85% dos sistemas estão localizados no Nordeste e Meio Oeste americano, servindo a 40 milhões de pessoas. Descrevem também que os dois principais aspectos para o controle do CSO:

- NMC – Os Nove Controles Mínimos e
- LTCP – Plano de Controle de Longo Alcance.

Os nove controles mínimos elaborados pela *EPA – Environmental Protection Agency*, são:

1. Operação e manutenção do sistema;
2. Sistemas de armazenamento para tempo chuvoso;
3. Revisão dos requisitos de pré-tratamento;
4. Maximização do fluxo para o tratamento (capacidade primária);
5. Proibição de ocorrência de transbordo em tempo seco;
6. Controle do material sólido flutuante;
7. Prevenção da poluição;
8. Conhecimento público de qualquer ocorrência; e
9. Monitorização dos impactos e eficácia para sua minimização.

Com relação ao Plano de Controle de Longo Alcance, também elaborado pela *EPA*, são apresentados nove itens abaixo:

1. Caracterização, monitorização e modelagem do sistema unitário implantado;
2. Agência de integração, com a participação do público;
3. Considerações sobre as áreas sensíveis;
4. Avaliação de alternativas;
5. Avaliação do custo-benefício;
6. Plano operativo;
7. Maximização do tratamento para o transbordo de tempo chuvoso;
8. Implantação programada; e
9. Monitorização do sistema como um todo.

CALAMITA (1999), expressa sua preocupação com relação a implantação de sistemas unitários, principalmente em pequenas comunidades, devido ao não conhecimento das recomendações feitas pela *EPA* que recomenda os *NMC – Nine Minimum Controls* para que no período chuvoso, situação crítica desse sistema, não venha ocorrer problemas de poluição no corpo receptor. Negligenciar as recomendações da *EPA* é correr um grande risco de tornar o sistema incapaz de atender as suas premissas.

Quando as análises de alternativas são feitas por profissional graduado, a escolha da alternativa mais adequada está diretamente relacionada com o nível de controle e o grau de tratamento desejado durante o período chuvoso. Outra consideração que devemos ter em mente é que as pequenas localidades dispõem de poucas alternativas, mas que devem ficar atentas à solução de melhor alternativa aliada

ao menor custo possível.

FEACHEM et al. (1983) nos apresenta o ciclo de transmissão de doenças representado na Figura 01 mostrando que as categorias:

- I e II → transmissão de doenças pessoa/pessoa e por veiculação hídrica, estão mais afetadas pela disposição correta dos excretas, ou seja, a existência de sistema de esgotamento sanitário que ofereça garantias sanitárias;
- III → transmissão de doenças por contaminação de vegetais no cultivo ou por sua ingestão;
- IV → transmissão de doenças por consumo de carnes vermelhas;
- V → transmissão de doenças por contato direto ou consumo de água contaminada; e
- VI → transmissão de doenças por picada de insetos.

As categorias III a VI são afetadas a uma grande relação de formas de dispersão.

Fonte: FEACHEM et al

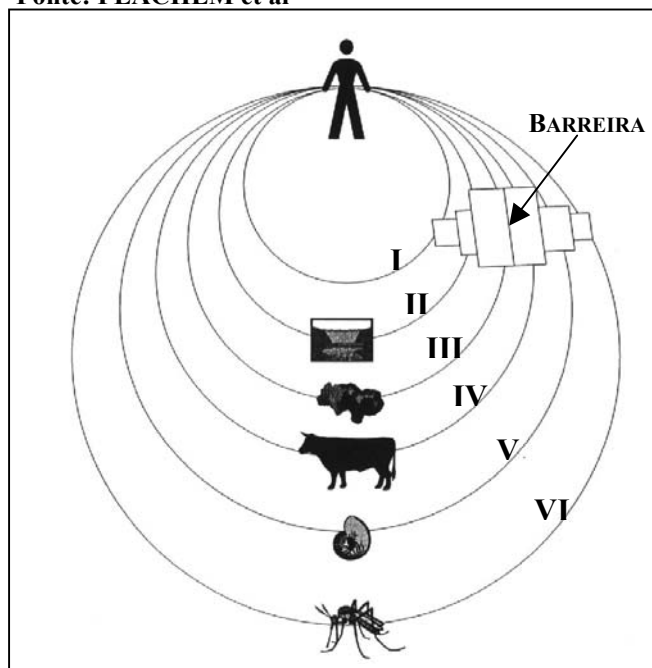


Figura 01: Circulo de dispersão de excretas infectados

As categorias de transmissão de doenças I e II são as mais importantes, relacionadas a correta utilização de um sistema de esgotamento sanitário que tem como prioridade o afastamento das águas servidas e sua disposição correta em um corpo receptor.

Conforme FEACHEM et al.(1983), o risco à saúde está diretamente relacionado

a sobrevivência de microrganismos patogênicos através de um sistema de tratamento, uma vez que sua remoção não atinge 100% de eficiência. Com a remoção de 99% ou 99,9% dos microrganismos, nos parece que não há risco à saúde, mas estes percentuais representam a sobrevivência de 1,0% e 0,1%, respectivamente, e este nível de sobrevivência representa ainda um risco, visto que nos esgotos sanitários encontramos aproximadamente 10^7 ou 10^8 microrganismos por litro. Considerando a taxa de 99%, ainda sobreviverão 10^5 ou 10^6 microrganismos por litro, muitos destes podendo ser patogênicos.

Maiores cuidados e rígidos controles deverão ser mantidos, quando da existência de captação de água para sistemas de abastecimento em pontos a jusante de lançamentos do efluente de sistemas de esgotamento sanitário. Existe uma idéia antiga e que atualmente volta a ser discutida, que é a obrigatoriedade de posicionar a captação de um sistema de abastecimento de água sempre a jusante do ponto de lançamento do sistema de esgotamento sanitário de uma mesma localidade, obrigando assim um controle rigoroso na qualidade do efluente da ETE.

Na Figura 02 é representado esquematicamente um sistema de tratamento muito difundido no Brasil, mostrando que apesar de grande eficiência, os sistemas de tratamento mesmo em sistema de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto representam um risco à saúde quando não mantidos sob rigoroso controle.

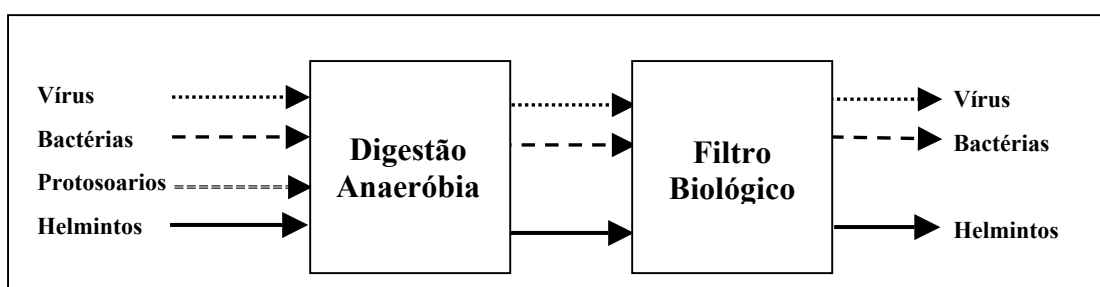


Figura 02: Microrganismos patogênicos que sobrevivem a um sistema de tratamento Convencional (FEACHEM et al. (1983))

Sendo que mesmo bem mantidos, os sistemas de tratamento de esgoto sanitário com tempos de detenção baixos, entre 13 e 28 dias, são incapazes de eliminar os vírus, bactérias e helmintos e os de até 120 dias são incapazes de eliminar helmintos, sendo que em muitos países, esta deficiência é amenizada com a utilização de um desinfetante, a exemplo do cloro no efluente da estação de tratamento de esgoto.

Para alcançar o objetivo de relacionar os problemas de poluição com as descargas do sistema unitário no corpo receptor, é primordial que ambos estejam perfeitamente caracterizados. A pesquisa nessa área tem dois componentes: (1) caracterização da descarga do sistema unitário, associando-o aos impactos causados no corpo receptor e (2) levantamento de dados característicos do corpo receptor.

Conhecer os impactos resultantes no corpo receptor devido à descarga do sistema unitário é a base para determinar a variedade dos problemas e o nível de controle apropriado. As pesquisas têm mostrado que as características físicas, químicas e biológicas da descarga de sistemas unitários tem causado impactos negativos nos corpos receptores. Outra preocupação dos efeitos dessas descargas são com o recebimento, pelo corpo receptor, de sedimentos contaminados, nutrientes, metais pesados, compostos orgânicos e elevação das demandas química e bioquímica de oxigênio. Embora pesquisas tenham mostrado que descargas de sistemas unitários (SU) causam baixos impactos como estressor físico e no ecossistema. Diferentes corpos receptores são afetados por diferentes impactos físicos, químicos ou biológicos com diferentes descargas de SU ou drenagem pluvial. Por exemplo, em alguns corpos receptores (lagos, estuários), impactos físicos, como por exemplo, variação de vazão etc., não são importantes; alguns corpos receptores, tais como riachos, são afetados por sistemas de drenagem pluvial e em rios maiores que passam pelas cidades são afetados por outras formas de poluição, tais como descarga de SU e lançamento de esgotos sem tratamento (FIELD & TUKELTAUB, 1981).

Existem controvérsias entre a relação direta causa-efeito na caracterização dos impactos relativos à descargas de SU com relação à qualidade ou quantidade. O foco é a qualidade, uma vez que é óbvia a quantidade do impacto (inundação, erosão, arraste etc.). A *Environmental Protection Agency* em *Strategic Research Directoris* acredita que existe correlação entre a chuva e a degradação do corpo receptor, associando impactos na qualidade e quantidade da água, priorizando esses dois pontos em seus programas. A melhor forma de controle é trabalhar com sistemas de gerenciamentos e modelos, tendo em vista o direcionamento da poluição ambiental; nos programas relacionados a poluição do ar, por exemplo, é difícil estabelecer o relacionamento direto de causa-efeito entre as descargas de automóveis e a degradação da qualidade do ar, mas apesar de tudo, devemos insistir na validade de controlar essa origem.

Algumas dificuldades na mensuração dos impactos nos corpos receptores devidos a descargas de SU são:

1. cada situação é única em termos de características da bacia hidrográfica e drenagem pluvial;
2. numa mesma área poderia existir diferenças extremas relacionadas a cada evento de chuva devido a grandes variações nas condições climáticas;
3. existem variações nas taxas de Demanda Bioquímica de Oxigênio, variações nas vazões e velocidades, variações nas taxas de diluição; e
4. confusões causadas em relação a descarga de SU e tributários.

O clássico problema relaciona o recebimento da carga de poluição urbana por corpos d'água e o consumo de oxigênio pelas Demandas Química e Biológica de Oxigênio. A baixa taxa de oxigênio dissolvido resulta na destruição de espécies sensíveis de peixes e organismos aquáticos, podendo surgir condições anaeróbias com considerável redução da biodiversidade (FIELD & TUKELTAUB, 1981).

Sob certas condições, a drenagem pluvial pode modificar a qualidade da água do corpo receptor. Com base em levantamentos anuais de Demanda Química e Bioquímica de Oxigênio, no período chuvoso é muito maior que em tempo seco na mesma área e com grande variação nos períodos chuvosos (FIELD, 1990).

HEANEY et. al. (1980) descrevem que os maiores problemas não ocorrem em eventos de chuva de baixa intensidade. O lançamento da drenagem pluvial no corpo receptor afeta a taxa de oxigênio dissolvido, devido principalmente aos sedimentos carregados e ocorrem sempre no período chuvoso com grande intensidade.

PITT & BOZEMAN (1982) apresentaram os resultados a *EPA* da monitorização durante três anos no Córrego Coyote em San Jose/California. Técnicas de amostragem foram utilizadas para avaliar os efeitos da drenagem pluvial no corpo receptor com relação a características dos sedimentos, peixes, macro-invertebrados, moluscos e flora aquática. As informações coletadas nesse estudo indicam que matéria orgânica e metais pesados, presentes na água, e poluentes, no sedimento do corpo receptor, são provavelmente os responsáveis pelas condições biológicas adversas observadas. Nos rios em áreas urbanas foram encontradas concentrações muito superiores no tempo chuvoso em relação ao tempo seco de: Demanda Química de Oxigênio – DQO, compostos orgânicos nitrogenados e metais pesados (zinco, cobre, cádmio, mercúrio,

ferro e níquel). A concentração de Oxigênio Dissolvido – OD nos rios de áreas urbanas estavam 20% abaixo da concentração em rios de áreas rurais.

Os vários pontos descargas de um sistema de drenagem pluvial em áreas urbanas durante os eventos de chuvas causam problemas tanto em relação a qualidade quanto em relação a quantidade. Normalmente não se faz controle deste tipo de poluição e do estresse físico, devido a grande variação de vazão e volume em vários pontos distintos no corpo receptor. Essas descargas são consideradas como descargas difusas.

Existem três tipos de descargas provenientes de sistemas coletores urbanos:

- Transbordamento do sistema unitário que compreende a mistura das águas provenientes das chuvas e esgotos sanitários ou descarga do sistema unitário em tempo seco devido a obstruções no sistema ou falha no sistema de desvio;
- Descarga da drenagem pluvial em sistemas separadores absolutos ou não; e
- Transbordamento de esgoto em sistema separador absoluto devido a ligações pluviais indevidas ou infiltrações na rede.

Além disso, existem os lançamentos difusos, em vários pontos distribuídos ao longo das margens, relativos as áreas rurais, infiltrações das águas subterrâneas causadas pelo escoamento das águas pluviais que causam preocupação.

Inicialmente, constroem-se sistemas de drenagem pluvial com pontos de lançamento em cursos d'água próximos. Em pouco tempo os esgotos domésticos são incluídos nos sistemas de drenagem pluvial, transformando-os em pseudos sistemas unitários, por considerarem que estes representam um menor custo de investimento em sua implantação, fazendo com que os sistemas unitários erroneamente construídos estejam sendo cada vez mais difundidos em substituição aos sistemas separadores absolutos.

Quando os problemas surgem e se faz necessária a construção de uma estação de tratamento de esgoto, verifica-se a necessidade de separar os fluxos de tempo seco e chuvoso. Eram então projetadas as estruturas de transbordo chamadas *Combined Sewer Overflow - CSO*, sistema de transbordamento do sistema unitário, do fluxo excedente à capacidade da estação de tratamento de esgoto, diretamente no corpo receptor em tempo chuvoso, enquanto que o fluxo de tempo seco é direcionado para a ETE.

Pontos de transbordamento ou alívio também são parte integrante de um sistema de esgoto, podendo ocorrer nas estações elevatórias e grades. Transbordamentos em sistemas de esgoto ocorrem normalmente nas elevatórias ou estações de tratamento, devido a infiltrações de águas subterrâneas provenientes das chuvas ou do lençol freático por intermédio de fissuras na tubulação e/ou danos nas juntas causadas pela idade do sistema ou paralisação do bombeamento.

O problema de excesso de fluxo no sistema de esgoto é causado por ligações indevidas ou ilegais de drenagem pluvial em um sistema de esgoto do tipo separador absoluto, infiltrações e entupimentos na rede.

Os alívios em sistemas de esgoto do tipo separador absoluto tem sido usados como solução imediata e de baixo custo para os excessos de vazão. Estudos conduzidos por HAYES et al. (1970) e METCALF & EDDY (1971) consideram que o excesso de infiltrações e/ou ligações indevidas transformam estes em sistemas unitários.

O transbordamento de um sistema unitário ou descarga de um sistema de drenagem do tipo separador absoluto comprovadamente tem sido considerados como origens da poluição em termos da qualidade de água de um corpo receptor. Isto é verdade para sistemas unitários, considerando a percentagem de esgoto eliminado pelos sistemas de transbordamento com taxas entre 3% e 5% (DOBBINS, 1962 e CYWIN & ROZENKRANS, 1969). As águas pluviais e a concepção do sistema unitário representam uma grande influência na qualidade do transbordamento do sistema unitário, resultando em descargas simultâneas com a mistura dos esgotos sanitários e águas pluviais em diferentes concentrações. Essas descargas possuem diferentes concentrações de esgoto, desde altas taxas de esgoto sanitário, com grandes concentrações de poluentes, a altamente diluída, dependendo do ajuste do sistema a um particular padrão de chuva (FIELD & FAN, 1981). Como indicado pelo *National Research Council – NRC* (1993), Conselho Nacional de Investigação dos Estados Unidos, diferentes dos efluentes das estações de tratamento de esgotos com relativa constância de taxas em seus pontos de lançamento, os lançamentos difusos característicos de sistemas de drenagem, que compreende: vários pontos de lançamento no corpo receptor e são ligados a eventos chuvosos produzem poluição cíclica. A quantidade e tipo de poluentes nas descargas difusas dependem das atividades humanas e da intensidade e duração dos eventos de chuva. As distribuições randômicas dos

eventos chuvosos e a variação do nível das atividades humanas causam uma relativa dificuldade no controle desses lançamentos.

Existe uma grande diferença entre os efeitos causados nos corpos receptores entre uma descarga contínua e em fluxos intermitentes causados pelos sistemas de drenagem e unitários, onde geralmente o primeiro fluxo transporta a maior carga poluidora e o custo de redução da carga poluidora é muito mais alto quando comparado com sistemas de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto.

A grande dificuldade na remoção dos poluentes em um sistema unitário reside na variação tanto da vazão quanto em relação a concentração dos poluentes de um evento de chuva a outro, ou a um particular evento chuvoso. As dificuldades do tratamento em sistemas de drenagem e unitários são os mesmos dos sistemas de esgotamento sanitário, mas na maioria, o custo é excessivamente elevado (MANAGING WASTEWATER, 1993).

Problemas de poluição advindas dos sistemas unitários durante os eventos de chuva, dos sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial do tipo separador absoluto se espalham por grandes áreas principalmente ao Nordeste, Meio Oeste e Rural dos Estados Unidos com aproximadamente 1.100 municípios com sistemas unitários, 85% desses sistemas se encontram em onze Estados, atendendo 43 milhões de habitantes com mais de 15.000 pontos de deságüe desses sistemas. Descargas de sistemas de esgoto unitário ou do tipo separador absoluto ocorrem em mais de 1.000 municípios e descargas de drenagem pluvial de áreas pública, comercial, industrial, institucional e outras ocorrem em mais de 1,2 milhões de pontos.

Ainda conforme relatório do NCR, a concentração de DBO_5 nos sistemas unitários é aproximadamente a metade da concentração em sistemas de esgoto. Assim as descargas dos sistemas de drenagem causam um grande impacto quando ocorrem grandes intensidades de chuva em curtos períodos de tempo, com relação a DBO_5 . As descargas de drenagem nos períodos de chuva apresentam uma média de cinco a dez vezes superior a dos períodos de estiagem na mesma área. Da mesma forma um evento de chuva de intensidade média é dez vezes superior à média durante um evento de chuva e a descarga de um sistema de drenagem é de 50 a 100 vezes maior que no período de estiagem. Mesmo os sistemas de drenagem do tipo separadores

absolutos são um foco significativo de poluição, com relação a sólidos em suspensão, igual ou superior ao esgoto sanitário sem tratamento. A poluição viral e bacteriana durante os períodos chuvosos é muito severa em ambos os sistemas.

No Quadro 01 são apresentados os níveis médios de concentração de poluentes tipicamente encontrados nos corpos receptores, advindos de sistemas de esgotamento sanitário sem tratamento, drenagem pluvial do tipo separador absoluto e unitário. Os níveis típicos foram apresentados pela *U. S. Geological Survey – USGS* (Pesquisa Geológica Nacional) apresentada na *National Hydrologic Benchmark Network* (Rede Nacional de Hidrologia em Tempo Real), em valores médios dos USA.

Os valores dos esgotos sanitários são as médias características dos esgotos municipais. Os valores referentes a drenagem pluvial e de transbordo em sistemas unitários foram obtidos aleatoriamente através de amostragem. As amostras foram obtidas em diversas áreas urbanas num extenso período de tempo (LAGER et al., 1977).

Quadro 01: Comparação dos Parâmetros de Descargas Pluviais Fonte: (LAGER et al., 1977).^(a)

	Sólidos em Suspensão	Sólido Volátil em Suspensão	DBO ₅	DQO	Nitrogênio Kjeldhal	Nitrogênio Total (N)	Fosfato PO ₄ -O	Ortofosfato OPO ₄ -O	Chumbo ^(d)	Coliforme Fecal
CORPOS NATURAIS	5 - 100	...	0,5 – 3	20	....	0,05 - 0,5 ^(b)	0,01 - 0,2 ^(c)	....	< 0,1	.....
DRENAGEM PLUVIAL	415	90	20	115	1,4	03-10	0,6	0,4	0,35	14.500
SISTEMA UNITARIO	370	140	115	375	3,8	09-10	1,9	1	0,37	670.000
ESGOTO SANITÁRIO	200	150	200	500	40	40	5	4	^e	1.000.000

Notas:

- a. Todos os valores estão em mg/l, exceto coliforme fecal em organismos/100ml
- b. NO₃ como N
- c. Fósforo Total como P
- d. existente na gasolina de baixa qualidade
- e. Não estudado. Geralmente controlado nas águas residuárias de indústrias específicas

O Quadro 01 mostra as cargas potencialmente poluidoras nos três sistemas, esgotamento sanitário (sem tratamento) e drenagem pluvial, do tipo separador absolutos e sistema unitário, onde as cargas do sistema unitário se encontram em faixas intermediárias entre os sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial. Assim, verificamos que em termos de sólidos em suspensão, os valores encontrados em um sistema de drenagem são muito superiores aos encontrados no esgoto “in natura”.

Um estudo de DOBBINS (1962), em *Buffalo, New York*, mostrou que 20 a 30% dos sólidos em suspensão presentes nos esgotos domésticos são lançados pelos sistemas unitários durante os eventos de chuva. Ele é devido ao baixo fluxo característico dos sistemas unitários durante a estiagem. Uma chuva forte muitas vezes limpa o sistema, culminando com a liberação dos sólidos. Como resultado, uma quantidade razoável de resíduos poluentes são descarregados no corpo receptor, em um curto espaço de tempo produzindo um choque prejudicial ao mesmo.

Um estudo de BRYAN (1971) demonstrou que os maiores pontos de poluição são provenientes dos sistemas de drenagem pluvial. Quando comparado com esgoto sanitário municipal, a DQO da drenagem pluvial era igual a 91% desse; a DBO₅ era 67%; e sólidos em suspensão 2.000% do contido no esgoto municipal. O sistema de drenagem pluvial é um poluidor significativo em comparação a descarga de um sistema unitário com presença de esgotos domésticos e industriais sem tratamento. Em relação a drenagem pluvial urbana, ela transporta os resíduos acumulados de restos de animais, solo erodido, borracha e resíduos da combustão de veículos, poluição aérea, compostos presentes no degelo da neve, pesticidas, produtos químicos clorados, fertilizantes e outros aditivos químicos, restos de vegetais, metais pesados e muito outros contaminantes conhecidos ou não.

Em outro estudo FIELD (1990), mostrou que uma primeira análise de sistemas unitários e de drenagem pluvial em novas áreas, apresentando aproximadamente a metade dos 129 principais poluentes. Metais pesados foram encontrados em todas as amostras. Hidrocarbonetos Aromáticos Polinucleares de derivados de petróleo foram encontrados na seguinte ordem: phthalate ester, hidrocarbonetos aromáticos, hidrocarbonetos alogenados e fenóis. O programa Nacional de Drenagem Urbana da

EPA (1983) e outro estudo de JORDAN (1984) também demonstrou que a drenagem urbana e o sistema unitário contêm uma significativa quantidade dos principais poluentes.

Os sistemas separadores absolutos de esgotamento sanitário e drenagem pluvial são construídos em épocas distintas. Normalmente é construído inicialmente o sistema de drenagem pluvial, buscando a proteção da cidade contra enchentes e erosões que causam grandes transtornos aos habitantes de uma localidade, e posteriormente um outro sistema que funcionará em paralelo para a coleta das águas servidas (esgotamento sanitário).

Os sistemas de drenagem pluvial do tipo separador absoluto eram tidos como sistemas não poluidores. Com o passar do tempo constatou-se que estes sistemas causam poluição. Em função de existirem vários pontos de lançamento, a poluição é distribuída no corpo receptor de forma difusa, ou seja, não existe um único ponto de lançamento a partir do qual ocorrem as mudanças bióticas devido à elevação da DBO, DQO, SS, metais pesados, óleos, graxas etc.

Os projetos de infra-estrutura urbana devem atender às preocupações ambientais vigentes, não sendo mais admissível que se cuide apenas de escoar “quantidades”. Os custos econômicos, sociais e ambientais decorrentes de projetos tradicionais exigem, hoje em dia, um controle da “qualidade” dos efluentes.

Entretanto os sistemas de drenagem pluvial construídos em contra partida e em paralelo aos sistemas de esgotamento sanitário, continuam a contar apenas com redes, lançando seus efluentes em cursos d’água (rios, lagos, áreas costeiras, etc.) como se não transportassem cargas poluidoras, o que pode ser desmentido pela prática.

Pelo acima descrito, chegamos a conclusão da necessidade de tratamento dos efluentes de um sistema de drenagem pluvial. Sendo que em função da aleatoriedade dos eventos chuvosos e do custo muito elevado para se construir estações de tratamento com grandes vazões, não podemos pensar em sua implantação no Brasil, pelo menos no presente, tanto para sistemas de drenagem do tipo separador absoluto quanto para sistemas unitários.

Os projetos de sistemas unitários que abrangem uma grande área, construídos em vários países, demonstraram suas ineficiências devido a abrangência de grandes

áreas a serem drenadas e não em função do acréscimo do volume de esgoto a ser tratado.

O crescimento da concentração populacional e a pavimentação do solo reduzem as áreas permeáveis causando uma redução drástica do tempo de concentração e grande elevação do volume a escoar por unidade de tempo, uma vez que praticamente toda água oriunda da precipitação é transportada pelos sistemas unitários que trabalham basicamente em duas situações:

- CSS → “*Combined Sewer System*” onde o sistema é capaz de tratar integralmente sua vazão, seja em tempo de estiagem (fluxo composto integralmente por esgoto sanitário) seja durante um evento chuvoso (fluxo composto pela mistura da água oriunda do escoamento superficial e esgoto sanitário) e
- CSO → “*Combined Sewer Overflow*” quando o sistema é incapaz de tratar 100% (cem por cento) do fluxo, ocorrendo em duas situações, primeira, em tempo seco, devido a falhas na operação por: falta de limpeza no gradeamento, danos ou falta de energia no(s) sistema(s) elevatório(s) e a segunda, durante um evento chuvoso, pelas mesmas razões anteriores ou devido a vazão ultrapassar a capacidade de tratamento do sistema.

Com a proliferação indiscriminada dos sistemas unitários elevou-se sobremaneira a poluição que chega aos corpos receptores devido ao aumento da ocorrência de CSO aliado ao efeito cumulativo pela existência de vários sistemas unitários em uma mesma bacia hidrográfica.

Uma das formas de aliviar a poluição que chega aos corpos receptores devido o grande número de CSO é tratar o fluxo do sistema unitário durante um evento chuvoso. Na localidade de Onondaga Lake/USA, a utilização de grandes centrífugas, como a construída em 1970, reativada 1998 e em fase de teste para receber aprovação da *Environment Protection Agency* – EPA, (1999) visando a melhoria, pelo menos o aspecto visual, da sobrecarga do sistema.

Seu funcionamento consiste na criação de um vortex por centrifugação, sendo capturado na periferia do equipamento os sólidos pesados em suspensão, direcionando-

os para a estação de tratamento. O líquido restante clarificado é desinfetado e lançado no corpo receptor.

A Figura 03 a seguir mostra a centrífuga em fase de teste, utilizada em um dos SU da bacia hidrográfica do Lago Onondaga/New York/USA.

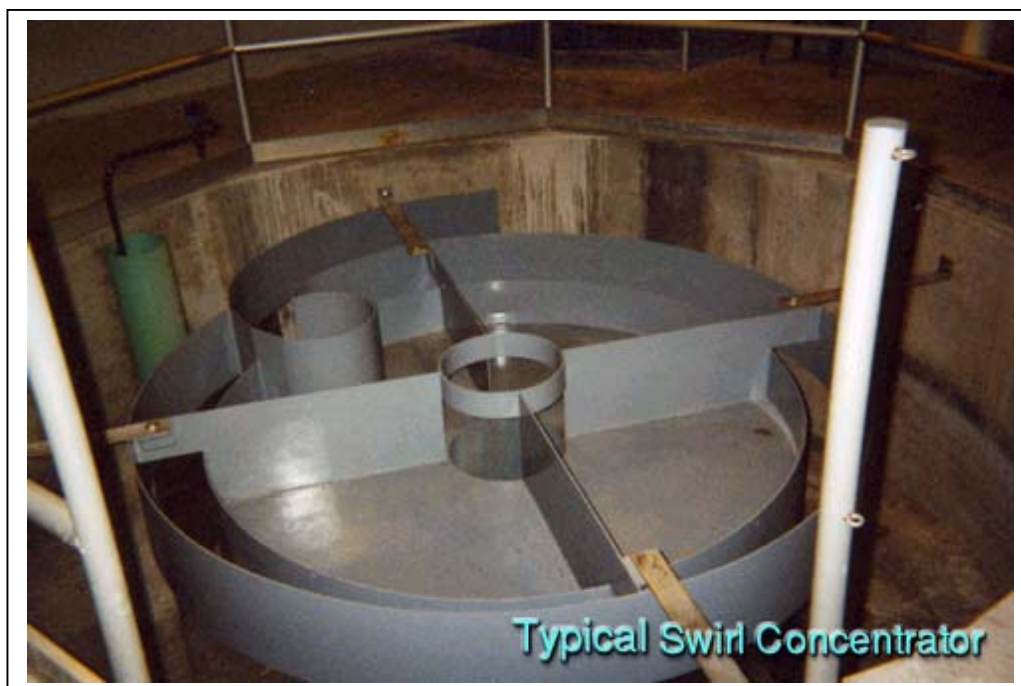


Figura 03: Equipamento utilizado em um Sistema Unitário para tratamento do fluxo em tempo chuvoso

Outra forma é a criação de vários Tanques de Acumulação – TA suficientes para reter o fluxo de um evento chuvoso com esvaziamento equivalente à capacidade de tratamento de grandes estações, a custos elevados.

No Brasil tem-se dado a denominação errônea de sistema unitário – SU a sistemas coletores de águas pluviais com presença de ligações indevidas de esgotos sanitários que pela falta de tratamento, causam degradação ao meio ambiente de forma contínua e ininterrupta. O sistema funciona em:

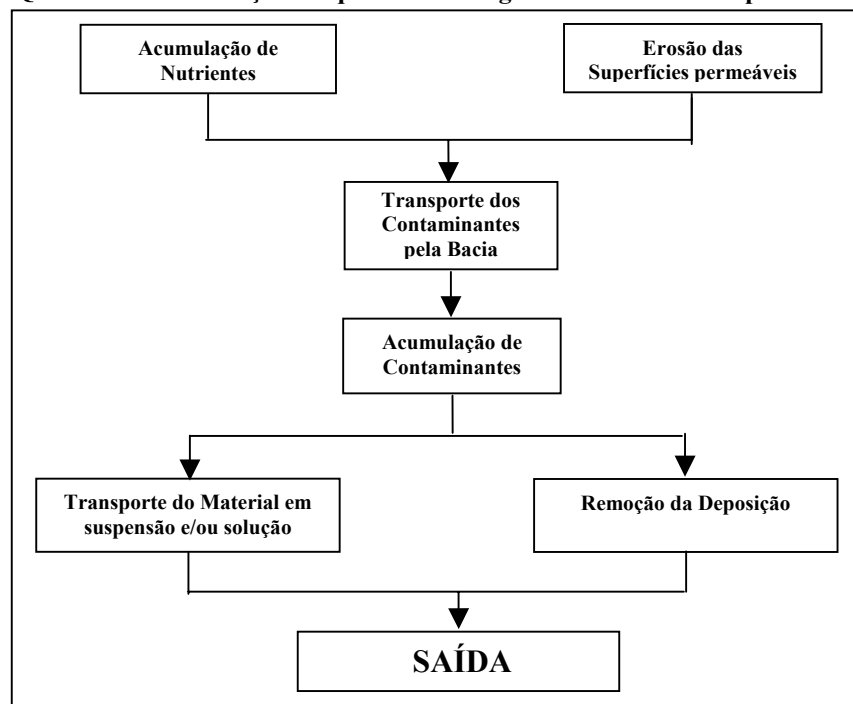
- tempo seco → todo esgoto é conduzido “in-natura” por tubulações de grandes diâmetros ao corpo receptor no(s) ponto(s) de descarga do sistema e
- tempo chuvoso → a mistura águas pluviais e esgotos sanitários é conduzido ao corpo receptor no(s) ponto(s) de descarga do sistema.

Em qualquer situação o dano causado à biodiversidade do corpo receptor é muito grande. Na primeira situação, (tempo seco) o funcionamento do sistema equivale a implantação de um sistema de esgotamento sanitário dotado apenas de rede coletora, situação encontrada em 2/3 (dois terços) da população dotada de sistemas de esgotos sanitários (ALEM & TISUTIYA, 1999). Não existe um levantamento da quantidade de utilização de sistemas de drenagem pluvial para o afastamento dos esgotos sanitários.

Na segunda situação, tempo chuvoso, a mistura águas pluviais e esgotos sanitários transportam toda a carga orgânica dos esgotos sanitários acrescida da carga poluidora transportada pelas águas pluviais com predominância de contaminantes minerais, com uma grande concentração de sólidos em suspensão e em solução. Não é possível considerar a mistura como uma simples diluição dos esgotos, nem mesmo em função da grande diluição da vazão dos cursos d'água, uma vez que as águas pluviais que aumentam a vazão, trazem consigo uma elevada DQO aliada a elevada DBO dos esgotos sanitários.

A evolução da qualidade da água de escoamento superficial no momento da chuva pode ser representada conforme Quadro 02 a seguir.

Quadro nº 02: Evolução da qualidade da água de escoamento superficial



As águas provenientes da precipitação pluvial se distinguem dos esgotos e podem ser denominadas como águas brancas definidas como procedentes da micro-drenagem (rede coletora de águas pluviais) e do escoamento superficial, caracterizada por grandes vazões intermitentes. A poluição incorporada à água pluvial ocorre em duas situações distintas: inicialmente na atmosfera e posteriormente lavando as superfícies de escoamento.

Podemos distinguir três fontes principais de poluição:

- (a) poluição incorporada às águas ainda na atmosfera;
- (b) poluições naturais ligadas às superfícies não urbanizadas e
- (c) poluição ligada às atividades humanas nas superfícies impermeabilizadas, diferenciando-se dos esgotos pelas características descritas a seguir:
 - poluição difusa, distribuída na bacia hidrográfica;
 - sua transferência ao meio é intermitente e ligada a um fenômeno aleatório (chuva);
 - extremamente variável no tempo, com uma grande amplitude para um mesmo indicador de um evento a outro, na mesma bacia e no mesmo evento e
 - os materiais em suspensão transportados pelas águas são de natureza predominantemente mineral.

Na realidade, seria necessário o tratamento das águas coletadas pelos sistemas de drenagem para mantermos a qualidade de nossos cursos d'água, mas no Brasil isto é uma utopia em função de não tratarmos se quer 20% dos esgotos sanitários coletados.

O Departamento Municipal de Água e Esgoto de Porto Alegre/RS – DMAE foi o primeiro órgão de saneamento a implantar no Brasil um sistema misto com acompanhamento das ocorrências de transbordamento desse sistema, levantando suas causas e conseqüências.

No Brasil, a implantação de sistemas unitários ou mistos, oficialmente, se deu no Rio Grande do Sul pela iniciativa de um pequeno grupo multidisciplinar do DMAE.

O quadro a seguir mostra a realidade da Cidade de Porto Alegre/RS onde o DMAE implantou alguns sistemas mistos no qual são lançados efluentes de fossas sépticas na rede de drenagem pluvial existente (BRASIL, 2000).

Quadro 03: Situação atual do Sistema de Esgoto na Grande Porto Alegre/RS (BRASIL, 2000)

% de Esgoto Coletado	Rede Cloacal: 50,74% Rede Pluvial (Mista): 28,98% Total: 79,72%
Volume de Esgoto Cloacal Coletado	4.755.584,64m ³ /mês
% Esgoto Tratado	Estações de Trat. de Esgotos: 15% Trat. Primário (fossas sépticas): 29%
Extensão da Rede de Esgoto	1.121.944,20m
Nº de Estações de Trat. de Esgoto	9 un
Nº de Estações de Bomb. de Esgoto	9 un
Nº de Ligações à Rede Coletora	Cloacal: 76.746 un Misto: 69.102 un
Nº de domicílios Atendidos com Coleta de Esgoto	Cloacal: 244.053 un Misto: 139.398 un

Conforme demonstrado no Quadro 03, foram implantados diversos sistemas sem levar em conta o tratamento em tempo seco, utilização de dispositivos de equalização de vazão, como é o caso dos tanques de retenção, em tempo chuvoso e o efeito cumulativo na utilização de vários sistemas, com a utilização de um único corpo receptor, além da ocorrência de grandes vazões devido a abrangência dos sistemas, tanto em relação à população servida quanto a área drenada.

Em função da utilização desse sistema indiscriminadamente, iniciou-se um processo de degradação do balneário de Ipanema no Rio Guaíba. Para reverter esse quadro, o DMAE desenvolveu um projeto para coleta e tratamento dos esgotos sanitários da zona sul da cidade de Porto Alegre.

O projeto, denominado Sistema Zona Sul, consiste na coleta e tratamento dos esgotos domésticos produzidos por cerca de 142 mil habitantes, com uma estação de tratamento a nível secundário composta por dois módulos de seis lagoas tipo australianas (uma anaeróbia, duas facultativas e três de maturação), com capacidade para tratar 21 mil metros cúbicos por dia a uma eficiência de 99,96%, com posterior implantação de sistema separador absoluto.

O sistema de saneamento da Praia de Ipanema, pequeno balneário localizado no Rio Guaíba em Porto Alegre/RS, consiste em:

Construção de um interceptor para coleta das águas que chegam a baía de Ipanema provenientes dos arroios (córregos) e dos sistemas de drenagem pluvial, que nos pontos de descarga, tanto dos arroios quanto dos sistemas de drenagem, foram encontradas grandes quantidades de coliformes fecais comprovando que os sistemas de drenagem também são utilizados para o transporte dos esgotos sanitários, emissário para ligação entre o interceptor e estação de tratamento de esgotos.

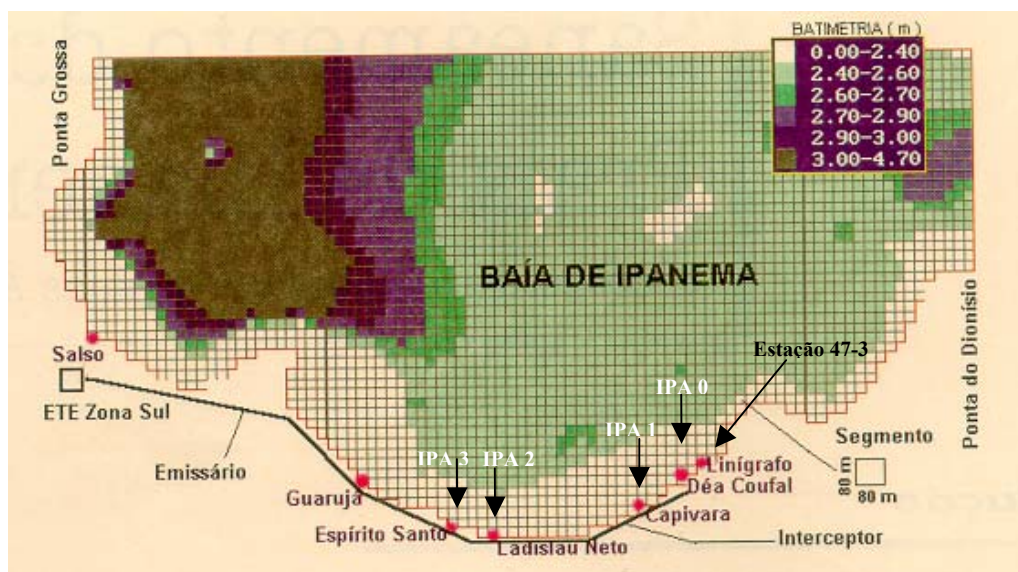


Figura 04 : Mapa da baía de Ipanema, com a localização dos pontos de monitoramento (IPA0 a IPA3) e a batimetria da Baía.

A Figura 04 apresenta a baía de Ipanema, situada à margem esquerda do Rio Guaíba, com cerca de 30km² de área e uma profundidade média de 2,5m, estendendo-se desde a Ponta do Dionísio até a Ponta Grossa.

Com regime lacustre, a baía de Ipanema recebe efluentes dos arroios, dos sistemas de drenagem e dos esgotos sanitários “in-natura”, com tratamento apenas primário e grande quantidade de carga poluidora a montante e em consequência, altos níveis de coliformes fecais, tornando suas águas impróprias para o lazer de contato direto.

Na baía de Ipanema propriamente ditas foram detectados trinta pontos de lançamentos entre arroios e saídas drenagens (lançamentos), alguns com vazões muito baixas que dificultaram sua coleta, o que levou a equipe de estudo a optar por amostragens em alguns pontos mais significativos. As análises dos arroios Capivara, Espírito Santo, Guarujá e Salso e nos pontos de lançamento da drenagem junto ao

linígrafo (Ver Figura 04) e Ruas Déa Coufal e Ladislau Neto variaram entre $2,8 \times 10^4$ coli/100ml e $1,7 \times 10^7$ coli/100ml, em pontos próximos à foz do arroio do Salso e do Linígrafo, respectivamente.

Com a implantação do interceptor e da estação de tratamento de esgoto, a baía de Ipanema apresentou vários dias com condição de balneabilidade conforme determinação da Resolução CONAMA nº 20/86, em tempo seco, quando os níveis do Rio Guaíba estavam em cotas inferiores aos dos tampões dos PVs do interceptor e mesmo em tempo chuvoso.

Após a análise de todos os dados, a equipe de trabalho que estuda o Sistema Zona Sul chegou as conclusões abaixo relacionadas:

- O sistema apresenta uma relativa eficiência nos períodos de seca, não garantindo balneabilidade no verão devido ao regime de chuvas nesse período e das cargas poluidoras que chegam ao Rio Guaíba a montante da baía de Ipanema;
- O comprometimento da qualidade das águas é maior no período chuvoso devido ao maior número de extravasamentos superar a capacidade do interceptor e também pelo seu afogamento com a elevação dos níveis do rio, além da alteração do regime hidráulico dos arroios, com acréscimo de sua velocidade, fazendo com que as cargas poluidoras de montante cheguem mais rápidas e em maior quantidade ao balneário;
- Quando da implantação do sistema de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto, desconectando-se os sistemas de drenagem pluvial e os arroios do interceptor, os casos de afogamento só ocorrerão quando os níveis do Rio Guaíba subirem muito na ocorrência de enxurradas, ou grandes períodos de chuvas intensas ou ainda pelo refluxo do esgoto nas falhas de operação ou interrupção do bombeamento; e
- Devido a grande complexidade do sistema hidráulico da baía de Ipanema, onde inúmeras variáveis interferem na qualidade de suas águas, somente serão alcançados índices satisfatórios da qualidade de suas águas quando forem corrigidas as falhas a montante dos pontos de lançamento da baía (FARIA, 1997).

Passou a ser usual em outros municípios de regiões distintas, como exemplo, Município de Tanguá, Queimados e outros no Rio de Janeiro, o lançamento dos efluentes de fossas sépticas seguidas de filtros anaeróbios sub-dimensionados na rede de drenagem pluvial em vários de seus bairros, com tendência de expansão do sistema para toda a região onde já houver implantado rede de drenagem. No caso específico de Paracambi, encontra-se em fase de conclusão a implantação de dois sistemas unitários, com o lançamento “in natura” dos esgotos na rede de drenagem pluvial que, no tempo seco, lança seu efluente numa ETE e durante o tempo chuvoso, quando é ultrapassada a capacidade da ETE, seu efluente é lançado diretamente no corpo receptor, sem nenhum tratamento, considerando apenas a mistura dos dois fluxos, sem levar em consideração os problemas causados pelo sistema, que mesmo com a diluição dos esgotos pelas águas da chuva, continuam a causar impacto ao meio ambiente.

Esses sistemas vêm sendo adotados informalmente em muitos casos, ou construídos sem a mínima condição técnica e operacional, limitando-se a propiciar apenas o afastamento de águas poluídas ou contaminadas da proximidade de alguns segmentos da população. Do ponto de vista de Saúde Pública e Ambiental, soluções não separadoras continuam produzindo impactos negativos.

Apesar do dito grande conhecimento a respeito dos sistemas de esgotamento sanitário, podemos citar um caso, dentre muitos, como é o da cidade de Nova Friburgo/RJ, que após a privatização dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, deparou-se com uma situação muito comum, mas inusitada, para a empresa prestadora dos serviços, onde as águas pluviais coletadas pelos telhados das casas e áreas impermeabilizadas dos lotes são lançadas nas redes coletoras dos esgotos sanitários.

O conhecimento deste fato só veio à tona quando da necessidade de implantação do tratamento das águas residuárias por força de contrato, a partir da medição das vazões nos pontos de lançamento dos esgotos “in-natura” nos rios da região.

O caso ocorrido no Município de Nova Friburgo não é o único nem um dos poucos que ocorrem no território brasileiro, onde as ligações das águas residuárias são lançadas nas redes de drenagem pluvial e por esta razão, lançadas diretamente nos corpos receptores.

A mistura de fluxos distintos em um único sistema pode ser devido a situação criada a época do PLANASA, quando os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário foram concedidos para empresa concessionária estadual, condição sine qua non para aprovação dos grandes projetos, mantendo os sistemas de drenagem pluvial sob a responsabilidade do Poder Público Municipal.

Provavelmente em função das dificuldades de comunicação entre os Poderes Públicos Estaduais e Municipais na época e, em muitos casos, no presente, continuam ocorrendo casos de ligações clandestinas de esgotos sanitários em sistemas de drenagem pluvial e vice-versa, conforme caso recente da Lagoa Rodrigo de Freitas na cidade do Rio de Janeiro/RJ onde persistem lançamentos de esgotos no sistema de drenagem que, enquanto se discute a responsabilidade do fato, o mesmo continua a degradar a biodiversidade além da poluição visual e aquela causada pelos odores exalados.

Não há como negar que na utilização de sistemas unitários corre-se um risco maior que em sistemas do tipo separador absoluto e que quanto maior a área de abrangência desses sistemas, as ocorrências de descargas diretas no corpo receptor são mais freqüentes e em maiores intensidades. Por outro lado, com a redução das áreas atendidas por um sistema unitário, o controle da vazão é facilitado, reduzindo-se sobremaneira impactos negativos nos corpos receptores.

WELKER et al. (1990) mostram que a gestão integrada das áreas atendidas por sistemas unitários é capaz de influir sobremaneira nos efeitos adversos causados por descargas em tempo chuvoso, tanto por sistemas unitários, quanto em sistemas de drenagem pluvial do tipo separador absoluto.

O gerenciamento integrado de sistemas de drenagem tem efetuado grandes mudanças no sistema de drenagem urbana. No futuro, dizem eles, os sistemas unitários e do tipo separador absoluto existirão de formas bem diferentes.

O levantamento dos principais eventos de chuva, a redução das áreas dos tanques de acumulação e o direcionamento das águas das chuvas em áreas específicas do sistema de drenagem, tem grande e direta influência não só em termos quantitativos, mas também sobre a poluição em sistemas de drenagem do tipo separador absoluto ou no sistema unitário.

Em estudos recentes, efeitos positivos oriundos do desmembramento de uma grande bacia em sub-bacias têm sido descritos, principalmente considerando a redução da vazão, resultando em volumes menores de tanque de acumulação no caso de sistemas unitários. Ainda que um pequeno esforço tenha sido feito a respeito da questão, sob essas condições, a poluição gerada por sistema unitário mudará quando se estabelecer uma estratégia de gestão. Isso depende dos parâmetros observados (nutrientes, poluentes) da mesma forma que dos procedimentos específicos na bacia hidrográfica (Ex: utilização de desconexão de áreas a um sistema). Neste contexto, parece ser um requisito indispensável e um objetivo principal deste estudo não apenas investigar componentes individuais do sistema de drenagem urbano (ex.: tanques de acumulação). Deste modo, todas as variáveis deveriam ser estimadas, inclusive considerando as interações do sistema unitário com a estação de tratamento de esgoto sanitário e águas pluviais.

3. METODOLOGIA

Inicialmente foram levantadas informações a respeito dos sistemas unitários, apresentando a história dos primeiros sistemas onde em alguns casos a principal preocupação era o afastamento das águas servidas e posteriormente, a inclusão no sistema das águas de escoamento superficial devido as chuvas. Em outros casos, deu-se o inverso, com a preocupação inicial da coleta das águas das chuvas, com posterior inclusão das águas servidas.

Um fato interessante foi o estudo conduzido por WELKER et al. (1990) onde a desconexão de áreas em sistemas já existentes proporcionou uma melhoria do sistema como um todo. Seguindo-se essa premissa, no presente estudo trabalharemos com pequenas áreas de contribuição para uma melhor performance, ou seja, em uma pequena área de contribuição fica mais fácil de se prever a vazão máxima de um evento chuvoso para um determinado tempo de recorrência.

Em função de o presente estudo ser teórico, sem a possibilidade de sua comprovação “in loco”, a área de abrangência será restringida, assim como o tempo de recorrência conforme abaixo:

- (1) área de abrangência do projeto seja igual ou inferior a 50ha e com população inferior a 7.500 habitantes, podendo uma mesma localidade ser atendida por diversos sistemas independentes, desde que cada sistema não ultrapasse a capacidade preconizada e
- (2) para o presente estudo de caso, será considerado um tempo de recorrência (TR) de um evento de chuva seja igual ou inferior a 5 anos, por se tratar de uma bacia hidrográfica relativamente pequena. Com o presente tempo considerado, as vazões serão razoáveis, como verificaremos a posteriori.

Com base nas delimitações acima, serão feitos estudos de viabilidade econômico-financeira para a implantação e/ou transformação de um sistema unitário, visto que a quase totalidade dos pequenos municípios brasileiros não terem capacidade de endividamento para implantação dos sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial funcionando como separadores absolutos.

Não será necessária a verificação do transporte do esgoto sanitário em tempo seco, pois a rede coletora no sistema unitário correspondente a grandes diâmetros

transportará única e exclusivamente efluentes de estações de tratamento individual ou comunitária e portanto apenas o líquido será coletado, ficando a parte sólida retida nas ETEs mencionadas.

A área escolhida para o presente estudo pertence ao Município de Bom Jesus de Itabapoana/RJ, sendo que algumas cotas foram modificadas para uma abrangência maior do estudo, reduzindo-se o número de subacias. Em função desta modificação, a área será tratada como fictícia, não podendo os projetos aqui apresentados serem futuramente utilizados para implantação.

A seguir são apresentadas as metodologias para os dimensionamentos de cada sistema separadamente, com relação ao sistema de esgotamento sanitário e drenagem pluvial como sistemas separadores absolutos e do sistema unitário, sendo que para o estudo econômico financeiro comparativo, serão estudados os macro-itens abaixo relacionados:

- Escavação;
- Escoramento;
- Retirada e recomposição da pavimentação;
- Tubulação;
- Acessórios;
- Reaterro;
- Tanque de acumulação (equalização) e
- Estação de tratamento de esgoto.

Esses itens são responsáveis por 89,4% do custo de implantação do projeto de sistemas de esgotamento sanitário ou drenagem pluvial (ALEM & TISUTIYA, 1999), sendo que no presente trabalho não foram considerados o Bônus e Despesas Indiretas – BDI que varia de 7 a 20%.

Alguns itens, tais como: mobilização e desmobilização de canteiro de obra, locação, sinalização, BDI e outros não serão objeto de estudo devido à pequena ou nenhuma variação de custo entre os sistemas de esgotamento sanitário, drenagem pluvial e sistema unitário. Quando entre esses itens ocorre alguma variação significativa, essa se deve única e exclusivamente aos custos indiretos das empreiteiras.

Além dos itens anteriormente descritos, para que sejam validadas as premissas mínimas de funcionamento de um sistema unitário, serão considerados também:

- As condições hidráulicas do sistema como um todo, tanto com relação ao escoamento em tempo seco apresentando uma baixa vazão em relação aos diâmetros da rede, dimensionados para suportar as vazões relativas aos esgotos e águas pluviais durante os eventos chuvosos;
- Os impactos decorrentes de descargas quando ocorrerem eventos de chuva que ultrapassem a capacidade do sistema de absorver, tanto em quantidade quanto em qualidade; e
- Em que medida foram ultrapassados os limites aceitos conforme Resolução CONAMA nº 20 de 1986.

Os dispositivos coletores de água pluvial para o sistema unitário serão os mesmos utilizados nos sistemas de drenagem pluvial (boca de lobo ou ralo de sarjeta), com a diferença que a rede será afastada da caixa coletora e sua ligação deverá ser constituída por tubulação interligando as duas partes. Toda a rede por onde serão transportadas as águas pluviais serão consideradas galerias com diâmetro mínimo de Φ 400mm, o que acarretará a utilização quase sempre de trechos de redes coletoras secundárias de esgoto sanitário sempre no diâmetro mínimo recomendado de Φ 150mm, profundidade mínima e comprimento inferior à distância entre dois poços de visita.

Devido a rede auxiliar que coletará o esgoto sanitário lançar sua vazão de cada trecho em um poço de visita, apenas uma vazão muito pequena será acrescido a cada trecho da rede coletora do sistema unitário, e esta vazão não tem praticamente nenhuma influência no trecho seguinte, sendo portanto apenas considerado o acréscimo de vazão de esgoto à vazão das águas pluviais em tempo de chuva.

3.1 SISTEMAS SEPARADORES ABSOLUTO

3.1.1 Esgotamento Sanitário

Todo o dimensionamento do sistema de esgotamento sanitário obedeceu ao descrito nas normas NBR-9648 e 9649 de novembro/86 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT.

Foi adotado o critério da tensão trativa média com utilização do valor mínimo $\sigma_t=1,0\text{Pa}$ ou $0,1\text{kgf/cm}^2$. Para esta verificação, foi utilizada a fórmula:

$$I_{\min} = 0,0055 \cdot Q^{-0,47} \quad (1)$$

onde: Q = vazão (m^3/s) e
 I_{\min} = declividade mínima (m/m).

para a declividade mínima conforme recomendado pela norma NBR 9649 (1986) e valor que independe da seção do tubo.

Para o dimensionamento da rede coletora foi utilizada a fórmula de Manning

$$\frac{Q}{I} = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_H^{2/3} \quad (2)$$

onde: Q = vazão (m^3/s),
 I = declividade (m/m),
 n = coeficiente de Manning para tubo cerâmico ou concreto ($\eta=0,013$),
 A = área molhada (m^2) e
 R_H = raio hidráulico (m).

Mesmo quando se utiliza tubo de PVC, estaremos dimensionando a favor da segurança e que para pequenos sistemas, praticamente não há variação. Apenas por esse critério, encontrarmos como declividade mínima de um trecho de cabeceira o valor de $0,00455\text{m/m}$ ou $0,455\%$ e para trechos a jusante valores ainda menores, recomenda-se adotar como declividade mínima o valor de $0,00500\text{m/m}$ ou $0,5\%$ e função da maior facilidade de execução em campo, mesmo sendo este um valor superior ao mínimo recomendado pela norma.

Para a área em questão, a população considerada foi de 2.670 habitantes distribuídos em 534 lotes com uma média de cinco habitantes por lote. O consumo

per-capta foi de 200l/hab.dia¹, com um coeficiente de retorno de 80% (C=80) e coeficientes de dia e hora de maior consumo $k_1=1,2$ e $k_2=1,5^2$, respectivamente (ABNT, 1986).

3.1.2 Drenagem Pluvial

Para o dimensionamento do sistema de drenagem pluvial, serão utilizadas serão utilizadas as fórmulas de PFAFSTETTER, 1982 abaixo:

$$P_1 = a.t + b.\log(1 + c.t), \quad (3)$$

$$P = k.P_1 \quad (4)$$

$$k = \frac{\alpha + \frac{\beta}{T_R^\gamma}}{\gamma} \quad (5)$$

onde:

- P_1 - altura de chuva para o T_R (mm);
- T_R - período de retorno (anos);
- P - altura de chuva para o T_R (anos);
- a, b, c - constantes para cada posto;
- t - duração da chuva (horas);
- α - constante que depende da duração da chuva (Tabela 01);
- β - constante que depende do posto ($\beta=0,04$); e
- γ - constante, com valor igual a 0,25.

Para o presente estudo foi considerado o posto de Campos no Rio de Janeiro, por considerarmos a área fictícia no norte fluminense, com os valores a seguir: $a = 0,2$, $b = 27$ e $c = 20$.

Tabela 01: Valores de α em função do tempo de duração do evento chuvoso

T	5min.	15min.	30min.	1h	2h	4h	8h	14h	24h
α	0,108	0,122	0,138	0,156	0,166	0,174	0,176	0,174	0,170

O diâmetro mínimo da rede coletora de águas pluviais foi de 300mm e as condições de dimensionamento seguiram as mesmas regras para o sistema de esgotamento sanitário, com relação a fórmula utilizada (Manning) e a declividade mínima em função da facilidade executiva.

¹ Valor definido pelo autor (no Brasil: $100 < q_m < 250$ l/hab/dia)

² Na falta de valores conhecidos, a NBR – 9649 da ABNT recomenda: $k_1 = 1,2$ e $k_2 = 1,5$

Foi considerado o tempo de recorrência de um evento chuvoso de cinco anos ($T_R=5$ anos), onde se pode afirmar, pelo menos teoricamente, que somente em períodos superiores a esses poderão ocorrer eventos chuvosos que irão ultrapassar o sistema implantado e acarretar possíveis impactos.

3.2 SISTEMA UNITÁRIO

No sistema unitário foi considerada a utilização da rede coletora de drenagem com interligação apenas nos poços de visita, utilizando-se o conceito de coletor tronco em um sistema de esgotamento sanitário. Desta forma, o comprimento máximo do coletor de esgoto será a distância entre dois poços de visita do sistema de drenagem e todos os trechos serão dimensionados como trechos de cabeceira, como será seu real funcionamento.

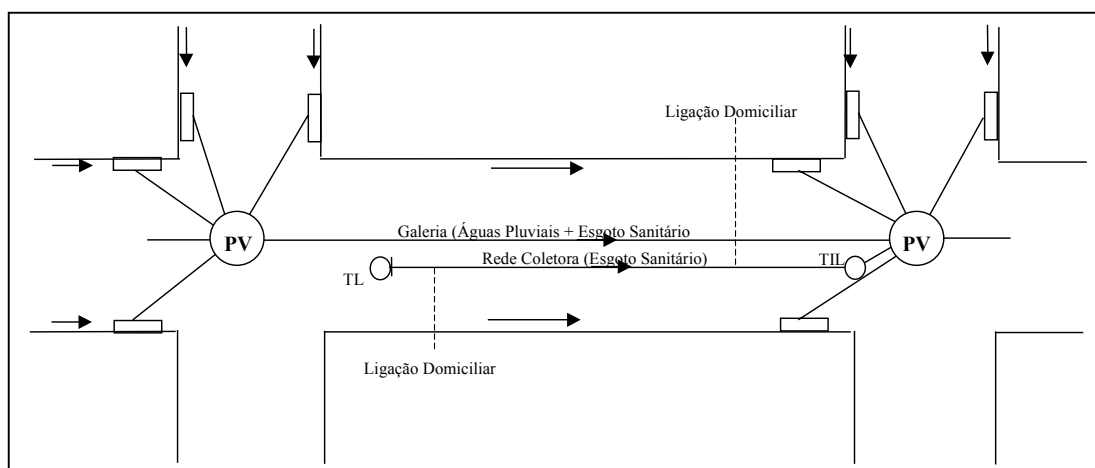


Figura 05: Esquema das redes coletoras e acessórios em um sistema unitário

Conforme Figura 05 será introduzido um novo conceito em sistema de esgoto, a utilização de curva na rede propriamente dita para a interligação dos trechos coletores de esgoto sanitário aos poços de visita do sistema de drenagem e em alguns casos o Terminal de Inspeção e Limpeza (TIL), Figura 07 adiante, quando for necessária a utilização de mais de um trecho em casos especiais e por serem sempre em pequenas profundidades por seguirem as declividades naturais, independentemente do sentido do fluxo na rede coletora de grandes diâmetros.

Por se tratar praticamente sempre de trechos de cabeceira, serão utilizados Terminais de Limpeza (TL) conforme Figura 06 a seguir, em detrimento dos poços de visita.

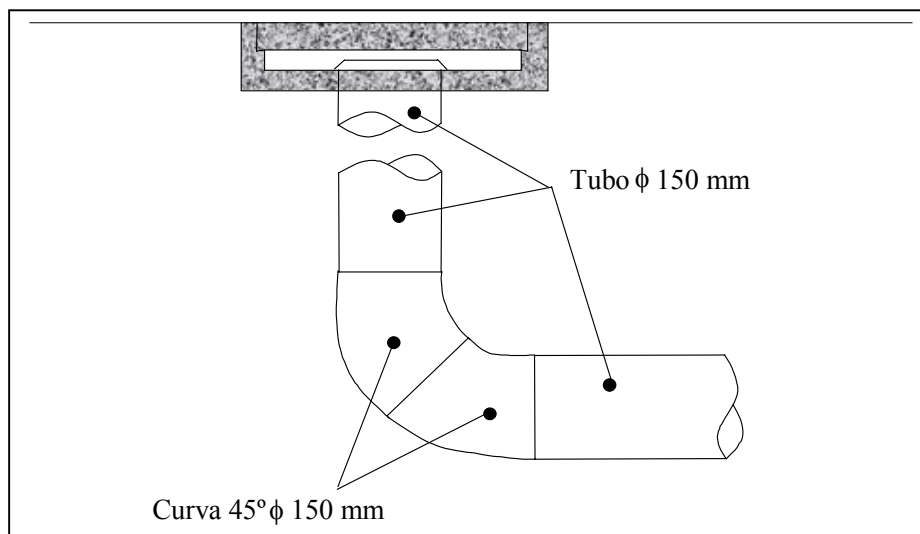


Figura 06: Terminal de Limpeza (TL) utilizando conexões e tampões existentes no mercado

A utilização de Terminais de Limpeza conforme Figura 06, em sistemas de esgotamento sanitário já é consagrado pela Fundação Nacional de Saúde, FUNASA em seus sistemas, visando a redução de custos.

Os Terminais de Inspeção e Limpeza conforme Figura 07, a seguir, poderão ser utilizados em lugar das curvas para o direcionamento da rede coletora de esgoto que serão construídas paralelas à rede de coleta das águas pluviais e nunca sobre esta, em função de manutenções futuras e os PVs, os mesmos utilizados nos sistemas de drenagem, sendo que em alguns casos, serão necessárias utilizações de tubos de queda, conforme Figura 08 a diante.

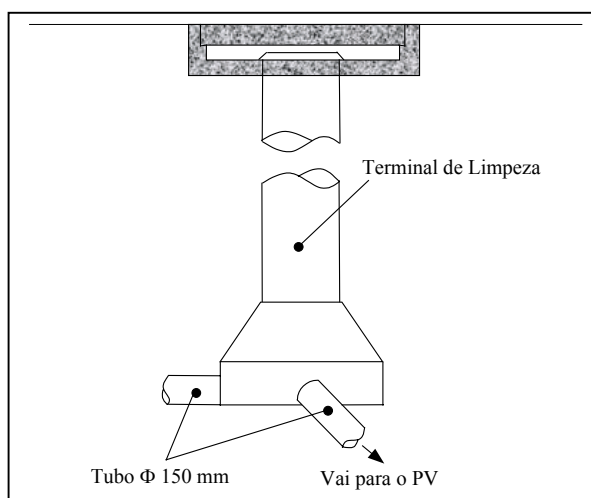


Figura 07: Terminal de Inspeção e Limpeza (TIL)

Obs.: A TIGRE fabrica este acessório em PVC, com o nome de Terminal de Inspeção e Limpeza

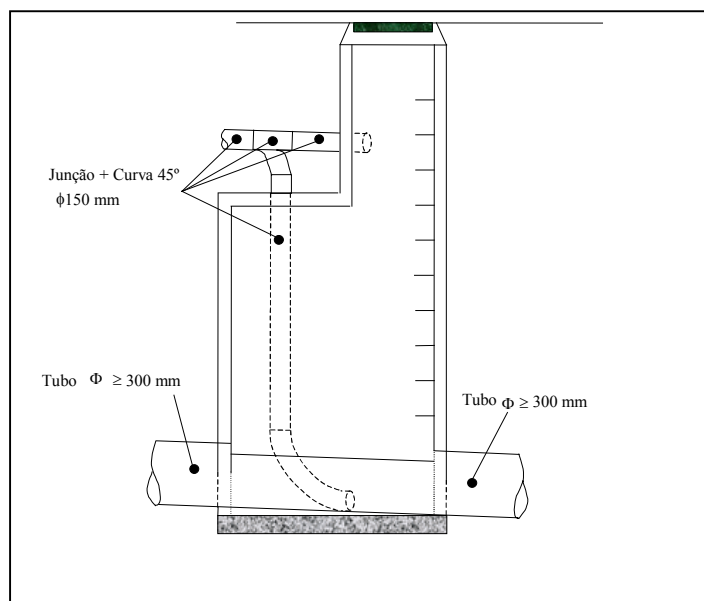


Figura 08: Poço de Visita (PV) com tubo de Queda (TQ) nas situações onde for necessário o seu uso

Na Figura 08 é apresentada uma das formas de interligação da rede coletora de esgoto sanitário com os poços de visita do sistema de drenagem, transformando os num único sistema (Sistema Unitário).

A vazão de esgoto sanitário para fim de projeto (saturação) foi acrescida à vazão do sistema de drenagem pluvial para obtenção da vazão total a ser tratada em uma estação de tratamento composta por duas unidades de tratamento de lodos ativados em paralelo, com a utilização de uma delas durante o período chuvoso, com carga alimentada pela ETE que operar durante o período de estiagem.

Para equalização da vazão a ser tratada, será utilizado um tanque com dimensões a serem determinadas, com capacidade para armazenar o volume correspondente a uma chuva de intensidade máxima no Período de Retorno predeterminado e com saída para a ETE com vazão praticamente constante equivalente à vazão das duas unidades de tratamento trabalhando a plena carga. Com a utilização desse tanque de equalização (acumulação), será possível o tratamento de toda a vazão de chuva acrescida da vazão de esgoto sem que ocorra o extravasamento no sistema unitário.

No presente trabalho não será abordado o problema de odores nos pontos de captação das águas pluviais (bocas de lobo, grelhas etc.), uma vez que não foi encontrada qualquer citação sobre o assunto, a não ser nas unidades de tratamento.

4. DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS

4.1 Sistema de Esgotamento Sanitário

População

Pelo Plano Diretor da localidade, serão 534 (quinhentos e trinta e quatro) lotes como uma unidade unifamiliar por lote. Sendo a média do município de cinco habitantes por lote, teremos como população de saturação:

$$P_{\text{total}} = 5 \times 534 \therefore P_{\text{total}} = 2.670 \text{ hab. (população de projeto)}$$

Consumo de Água

Em função do desconhecimento do consumo de água local, será adotado valor consagrado de:

$$q_m = 200\text{l/hab.dia}$$

Coefficientes

$$\text{Coeficiente de Retorno: } C = 0,80 \text{ (80\%)}$$

$$\text{Coeficiente de Máxima vazão diária: } k_1 = 1,20$$

$$\text{Coeficiente de Máxima vazão horária: } k_2 = 1,50$$

Taxa de Infiltração

$$T_1 = 0,5\text{l/s.km} \therefore T_1 = 0,0005\text{l/s.m}$$

Cálculo das Vazões Médias

$$\bar{Q}_i = \bar{Q}_f = \bar{Q} = C \cdot \frac{P_{\text{Total}} \cdot q_m}{86.400} \quad (6)$$

onde: $\bar{Q}_i \rightarrow$ vazão média inicial (m^3/s)

$\bar{Q}_f \rightarrow$ vazão média final (m^3/s)

$\bar{Q} \rightarrow$ vazão média (m^3/s)

$P_{\text{Total}} \rightarrow$ população total (hab.)

$q_m \rightarrow$ vazão *per capita* (l/hab.dia)

Obs.: Será considerada apenas a população de saturação para o presente projeto

Sendo:

$$\bar{Q} = \frac{0,8 \times 2.670 \times 200}{86.400} \quad \bar{Q} = 4,94\text{l/s}$$

Cálculo das Taxas

$$t_{xi} = \frac{k_2 \cdot \bar{Q}}{L} + T_{Inf} \quad (7)$$

onde: t_{xi} → taxa de contribuição linear inicial (l/s.m)

t_{xf} → taxa de contribuição linear final (l/s.m)

T_{Inf} → contribuição de infiltração (l/s.m)

L → comprimento da rede (m)

Obs.: Comprimento total da rede $L = 9.248\text{m}$

$$t_{xi} = \frac{1,5 \cdot 4,94}{9.248} + 0,0005 \quad t_{xi} = 0,00130 \text{ l / s.m}$$

$$t_{xf} = \frac{k_1 \cdot k_2 \cdot \bar{Q}}{L} + T_{Inf}, \quad (8) \quad t_{xf} = \frac{1,2 \times 1,5 \times 4,94}{9.248} + 0,0005 \quad , \quad t_{xf} = 0,00146 \text{ l / s.m}$$

Para o dimensionamento da rede coletora de esgoto, será utilizada a fórmula de Manning com o coeficiente $\eta = 0,013$ (tubo cerâmico), considerando que com o encrustamento de material no tubo, com o passar do tempo, a rugosidade é elevada e ao mesmo tempo estaremos trabalhando a favor da segurança.

A declividade mínima da tubulação será em função da tensão trativa média de 1,0Pa conforme norma NBR 9649 da ABNT, onde $I_{min} = 0,0055 \cdot Q^{-0,47}$, sendo que será utilizada a declividade mínima de 0,0050m/m (0,5%) em qualquer situação, em função única e exclusiva de sua execução em campo.

A seguir é apresentado o Quadro 04 com o dimensionamento dos trechos da rede coletora de esgoto sanitário referente a sub-bacia B, objeto do estudo de comparação entre a implantação de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial como sistemas separadores absoluto e Planta 01, com o lançamento da rede coletora dos esgotos sanitários conforme dimensionamento no Quadro 04.

Quadro 04: Dimensionamento da Rede Coletora do sistema de esgotamento sanitário

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE ESGOTO

Folha: 01 / 06

Município: _____ Taxa de Contribuição Inicial: 0,00130 l/s Final: 0,00146 l/s
 Localidade: _____ Fórmula: Manning Taxa de Infiltração: 0,0005 l/s.m

Poço de Visita	Terreno		Cotas (m)		Dist (m)	Deciv. (m/m)	Q. Trecho (l/s)		Contribuição Inicial (l/s)		Contribuição Final (l/s)		Q. Max. (l/s)	Lâmina (%)		V. Max. (m/s)	
	3/1	3/2	Fundo	Prof.			Inicial	Final	Ant.	Dir.	Ant.	Dir.		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
3/1	59,53	58,48	1,05	N.A.	53	0,02094	0,077		0,077		0,077		0,077	0,15	5,0		0,32
3/2	58,42	57,37	1,05		44	0,00886	0,064		0,077	2,369	2,510		2,510	0,15	30,0		0,63
3	58,03	56,98	1,05		33	0,20273	0,048				0,048		0,048	0,15	2,5		0,63
3	58,03	56,98	1,05		33	0,00848	0,048				0,048		0,048	0,15	5,0		0,20
4/1	58,53	58,48	1,05		36	0,02417	0,053				0,053		0,053	0,15	5,0		0,34
5-2/1	65,59	64,54	1,05		110	0,02736	0,161				0,161		0,161	0,15	7,5		0,48
5/2	64,72	63,67	1,05		64	0,14375	0,093		0,161	0,053	0,307		0,307	0,15	7,5		1,09
5	55,52	54,47	1,05		54	0,19611	0,079				0,079		0,079	0,15	2,5		0,62
6/1	65,59	64,54	1,05		61	0,03262	0,089				0,089		0,089	0,15	5,0		0,40
6	55	53,95	1,05		62	0,03274	0,091		0,089		0,180		0,180	0,15	7,5		0,52
7/1	58,82	57,77	1,05		85	0,01212	0,124				0,124		0,124	0,15	7,5		0,32
7/2	58,83	55,76	1,05		62	0,04129	0,091				0,091		0,091	0,15	5,0		0,45
7	54,8	53,75	1,05		63	0,03984	0,092		0,091		0,183		0,183	0,15	7,5		0,57
7/3	55,83	54,78	1,05		90	0,01389	0,131				0,131		0,131	0,15	7,5		0,34
7	54,8	53,75	1,05		64	0,02516	0,093				0,093		0,093	0,15	5,0		0,35
8/1	57,52	56,47	1,05		62	0,07016	0,091		0,093		0,184		0,184	0,15	5,0		0,59
8/2	54,96	53,91	1,05		68	0,02824	0,099		0,184	0,131	0,414		0,414	0,15	10,0		0,58
8	52,35	51,30	1,05		68	0,02838	0,099		0,414		0,513		0,513	0,15	10,0		0,58
9-3/1	54,62	53,57	1,05		87	0,01437	0,127				0,127		0,127	0,15	7,5		0,35
9/3	53,37	52,32	1,05														
9/1	59,53	58,48	1,05														
9/2	57,92	56,87	1,05														
9/3	53,57	52,52	1,05														
9/4	51,65	50,60	1,05														
9	49,72	48,67	1,05														
10-3/1	57,52	56,47	1,05														
10/3	56,27	55,22	1,05														

Projeta: Paulo Cesar de Almeida Tourinho

Data: ____/____/____

Quadro 04: Dimensionamento da Rede Coletora do sistema de esgotamento sanitário

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE ESGOTO

Folha: 02 / 06

Município: _____ Localidade: _____
 Taxa de Contribuição Inicial: 0,00130 l/s Final: 0,00146 l/s
 Fórmula: Manning Taxa de Infiltração: 0,0005 l/s.m

Poço de Visita	Terreno	Cotas (m)		Dist (m)	Decliv (mm)	Q Trecho (l/s)		Contribuição Inicial (l/s)		Dir	Contribuição Final (l/s)		Dir	Q Max (l/s)		Diam (m)	Lâmina (%)		V max (m/s)		
		Fundo	Prof			Ant	Final	Ant	Final		Ant	Final		Ant	Final		Ant	Final	Ant	Final	Ant	Final	Ant	Final
10-5/1	53,32	52,27	1,05	45	0,06044	0,066	0,066							0,066	0,15	0,066	5,0			0,71	
10/5	50,60	49,55	1,05																		
10-6/1	53,37	55,52	1,05	42	0,06000	0,061	0,061														0,35
10/6	50,85	49,80	1,05																		
10/1	56,82	57,77	1,05	88	0,02205	0,128	0,128														0,43
10/2	56,88	55,83	1,05	44	0,01366	0,064	0,064				0,128										0,34
10/3	56,27	55,22	1,05	47	0,03511	0,069	0,069				0,192	0,127									0,65
10/4	54,62	53,57	1,05	43	0,09349	0,063	0,063				0,388										0,88
10/5	50,60	49,55	1,05	102	0,00500	0,149	0,149				0,451	0,066									0,35
10/6	50,85	49,04	1,05	68	0,01235	0,099	0,099				0,666	0,061									0,49
10/7	49,25	48,20	1,05	68	0,02368	0,099	0,099				0,626										0,68
10	47,64	46,59	1,05																		
11/1	50,45	49,40	1,05	120	0,02308	0,175	0,175														0,44
11	47,68	46,63	1,05																		
12/1	50,46	49,41	1,05	108	0,02556	0,158	0,158														0,46
12	47,70	46,65	1,05																		
13-2/1	49,68	48,63	1,05	43	0,01279	0,063	0,063														0,25
13/2	49,13	48,08	1,05																		
13-3-2/1	55,83	54,78	1,05	35	0,16000	0,051	0,051														0,56
13-3/2	50,23	49,18	1,05	73	0,02658	0,107	0,107														0,36
13-3-2/2	52,17	51,12	1,05																		
13-3/2	50,23	49,18	1,05	89	0,02362	0,130	0,130														0,44
13-3/1	52,35	51,30	1,05	43	0,03636	0,064	0,064				0,130	0,051	0,107								0,66
13-3/2	50,23	49,18	1,05																		
13/3	48,63	47,58	1,05																		
13-3-3	49,68	48,63	1,05	76	0,01645	0,111	0,111														0,37
13-3/4	48,43	47,38	1,05	43	0,00500	0,063	0,063				0,111										0,24
13/3	48,63	47,16	1,47																		
13-4/1	49,72	48,67	1,05	34	0,04529	0,050	0,050														0,30
13/4	48,18	47,13	1,05																		

Projeta: Paulo Cesar de Almeida Tourinho Data: ____/____/____

Quadro 04: Dimensionamento da Rede Coletora do sistema de esgotamento sanitário

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE ESGOTO

Município: _____
 Localidade: _____
 Taxa de Contribuição Inicial: 0,00130 l/s Final: 0,00146 l/s
 Taxa de infiltração: 0,0005 l/s.m
 Fórmula: Manning

Poço de Vista	Terreno	Cotas (m)		Prof.	N.A.	Dist. (m)	Decliv. (m/m)	Q Trecho (l/s)		Contribuição Inicial (l/s)		Contribuição Final (l/s)		Q Max. (l/s)		Diam. (m)	Lâmina (%)		V.Max. (m/s)		
		Fundo	Superf.					Inicial	Final	Ant.	Eq.	Dir.	Final	Inicial	Final		Inicial	Final	Inicial	Final	
13/1	52,17	51,12	1,05			41	0,07415		0,050					0,060	0,15			2,5		0,30	
13/2	48,13	48,08	1,05			89	0,00982		0,130					0,253	0,15			12,5		0,30	
13/3	48,63	47,18	1,47			55	0,00500		0,080					0,859	0,15			20,0		0,37	
13/4	48,18	46,87	1,31			114	0,01789		0,166					0,859	0,050			17,5		0,65	
13/5	45,88	44,83	1,05			42	0,03405		0,061					1,075	0,15			15,0		0,82	
13/6	44,45	43,40	1,05			46	0,00500		0,067					1,136	0,15			25,0		0,43	
13	44,71	43,17	1,54																		
14-2/1	53,32	52,27	1,05			72	0,03986		0,105					0,105	0,15			5,0		0,44	
14/2	50,45	49,40	1,05																		
14-3-2/1	53,32	52,27	1,05			31	0,01032		0,045					0,045	0,15			5,0		0,22	
14-3/2	53,00	51,59	1,05																		
14-3/1	55,70	54,65	1,05			61	0,04426		0,089					0,089	0,15			5,0		0,46	
14-3/2	53,00	51,95	1,05			69	0,04203		0,101					0,235	0,15			7,5		0,59	
14/3	50,10	49,05	1,05																		
14-4/1	55,70	54,65	1,05			78	0,06603		0,114					0,114	0,15			5,0		0,57	
14/4	50,55	49,50	1,05																		
14-5/1	46,50	45,45	1,05			81	0,00500		0,118					0,118	0,15			7,5		0,20	
14/5	46,35	45,05	1,30																		
14-6-2/1	50,46	49,41	1,05			78	0,00910		0,114					0,114	0,15			7,5		0,27	
14-6/2	49,75	48,70	1,05																		
14-6/1	55,70	54,65	1,05			36	0,16528		0,053					0,053	0,15			2,5		0,57	
14-6/2	49,75	48,70	1,05			45	0,07222		0,066					0,233	0,15			7,5		0,77	
14-6/3	46,50	45,45	1,05			30	0,03633		0,044					0,233	0,15			7,5		0,55	
CP-1	45,41	44,36	1,05			45	0,04444		0,066					0,277	0,15			7,5		0,61	
14-6/4	43,78	42,73	1,05			60	0,03633		0,088					0,343	0,15			10,0		0,66	
14-6	41,60	40,55	1,05																		
14-6/5	44,50	43,45	1,05			53	0,05472		0,077					0,077	0,15			5,0		0,52	
14/6	41,60	40,55	1,05																		

Projelista: Paulo cesar de Almeida Tourinho

Data: ____/____/____

Quadro 04: Dimensionamento da Rede Coletora do sistema de esgotamento sanitário

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE ESGOTO

Folha: 04 / 06

Município: _____
Localidade: _____
Taxa de Contribuição Inicial: 0,00130 l/s Final: 0,00146 l/s
Taxa de Infiltração: 0,0005 l/s.m
Fórmula: Manning

Popo de Vista	Terreno		Cotas (m)		Dist. (m)	Decliv. (mm)	Q Trecho (l/s)		Contribuição Inicial (l/s)		Contribuição Final (l/s)		Q Máx. (l/s)		Diám. (m)	Lâmina (%)		V. máx. (m/s)	
	Fundo	Prof.	Fundo	Prof.			Inicial	Final	Ant.	Eq.	Ant.	Eq.	Inicial	Final		Inicial	Final	Inicial	Final
14/1	50,85	49,80	1,05		36	0,01111		0,053					0,530	0,15			5,0		0,23
14/2	50,45	49,40	1,05		42	0,00833		0,061					0,219	0,15			10,0		0,32
14/3	50,10	49,05	1,05		30	0,00500		0,044					0,498	0,15			15,0		0,31
14/4	50,55	48,90	1,65		90	0,04000		0,131					0,448	0,114			12,5		0,80
14/5	46,35	45,05	1,30		80	0,07500		0,088					0,743	0,118			12,5		1,08
14/6	41,60	40,55	1,05		63	0,00500		0,092					0,949	0,431	0,077		27,5		0,45
14/7	41,74	40,24	1,50		62	0,00500		0,091					1,549	0,15			27,5		0,45
14	41,88	39,93	1,95																
18-2/1	65,59	64,54	1,05		32	0,00500		0,047					0,047	0,15			5,0		0,16
18/2	65,49	64,38	1,11																
18-4/1	62,34	61,29	1,05		52	0,00500		0,076					0,076	0,15			7,5		0,20
18-4/2	62,42	61,13	1,29		90	0,00778		0,131					0,207	0,15			10,0		0,31
18-4/3	61,48	60,43	1,05		85	0,01047		0,124					0,207	0,15			10,0		0,35
18/4	60,59	59,54	1,05																
18-6/1	65,59	64,54	1,05		90	0,02411		0,131					0,131	0,15			7,5		0,45
18-6/2	63,42	62,37	1,05		46	0,08239		0,067					0,198	0,15			5,0		0,63
CP-2	59,63	58,58	1,05		44	0,02114		0,064					0,198	0,15			10,0		0,50
18-6/3	58,70	57,65	1,05		107	0,04187		0,156					0,262	0,15			10,0		0,71
16/6	54,22	53,17	1,05										0,418	0,15					
18-7-3/1	59,63	58,58	1,05		96	0,04010		0,140					0,140	0,15			5,0		0,44
18-7/3	55,78	54,73	1,05																
18-7-4/1	58,70	57,65	1,05		94	0,03170		0,137					0,137	0,15			7,5		0,52
18-7/4	55,72	54,67	1,05																
18-7-5/1	56,15	55,10	1,05		93	0,03161		0,136					0,136	0,15			7,5		0,51
18-7/5	53,21	52,16	1,05																
18-7/1	63,42	62,37	1,05		95	0,07889		0,139					0,139	0,15			5,0		0,62
18-7/2	55,83	54,78	1,05		44	0,00500		0,064					0,139	0,15			10,0		0,24
18-7/3	55,78	54,56	1,22		46	0,00500		0,067					0,203	0,140			15,0		0,31
18-7/4	55,72	54,33	1,39		53	0,04094		0,077					0,410	0,137			10,0		0,70
18-7/5	53,21	52,16	1,05		53	0,00528		0,077					0,624	0,136			20,0		0,39
18/7	52,93	51,88	1,05																

Proj. Paulo Cesar de Almeida Tourinho

Data: _____

Quadro 04: Dimensionamento da Rede Coletora do sistema de esgotamento sanitário

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE ESGOTO

Folha: 05 / 06

Município: _____ Taxa de Contribuição Inicial: 0,00130 l/s Final: 0,00146 l/s
 Localidade: _____ Fórmula: Manning Taxa de Infiltração: 0,0005 l/s m

Poço de Visita	Terreno		Cotas (m)		Dist. (m)	Decliv. (m/m)	Q Trecho (l/s)		Contribuição Inicial (l/s)		Contribuição Final (l/s)		Q Máx. (l/s)	Diâm. (m)	Lâmina (%)		V. Máx. (m/s)		
	55,72	52,17	Fundo	Prof.			Inicial	Final	Ant.	Dir.	Ant.	Dir.			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
18-8/1	55,72	52,17	54,67	1,05	30	0,11833	0,044						0,044	0,15	2,5	2,5	0,49	0,49	
18-8/2	52,17	48,50	51,12	1,05	108	0,05250	0,158	0,044					0,202	0,15	7,5	7,5	0,66	0,66	
18-9/1	54,22	50,70	53,17	1,05	44	0,08000	0,064						0,064	0,15	2,5	2,5	0,40	0,40	
18-9/2	50,70	46,33	49,65	1,05	76	0,05750	0,111	0,064					0,175	0,15	5,0	5,0	0,53	0,53	
18-9/3	46,33	42,02	45,28	1,05	75	0,05747	0,110	0,175					0,285	0,15	7,5	7,5	0,69	0,69	
18-9	42,02	39,10	40,97	1,05															
18/1	67,74	65,49	66,69	1,05	68	0,03309	0,099						0,099	0,15	5,0	5,0	0,40	0,40	
18/2	65,49	63,03	64,38	1,05	92	0,02609	0,134	0,099	0,047				0,280	0,15	7,5	7,5	0,47	0,47	
18/3	63,03	60,59	61,98	1,05	91	0,02661	0,133	0,280					0,413	0,15	10,0	10,0	0,57	0,57	
18/4	60,59	58,70	59,54	1,11	113	0,03442	0,165	0,413	0,331				0,908	0,15	12,5	12,5	0,74	0,74	
18/5	58,70	54,22	55,65	1,05	46	0,05391	0,067	0,909					0,976	0,15	12,5	12,5	0,92	0,92	
18/6	54,22	52,93	53,17	1,05	107	0,01206	0,158	0,976	0,418				1,550	0,15	22,5	22,5	0,62	0,62	
18/7	52,93	48,50	51,88	1,05	46	0,13978	0,067	1,550	0,837				2,454	0,15	15,0	15,0	1,66	1,66	
18/8	48,50	42,02	45,45	1,05	46	0,09739	0,067	2,454	0,202				2,723	0,15	17,5	17,5	1,53	1,53	
18/9	42,02	39,10	40,97	1,05	87	0,03356	0,127	2,723	0,285				3,135	0,15	25,0	25,0	1,11	1,11	
18	39,10		38,05	1,05															

Projetista: Paulo Cesar de Almeida Tourinho

Data: ____/____/____

Quadro 04: Dimensionamento da Rede Coletora do sistema de esgotamento sanitário

PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE ESGOTO

Município: _____
 Localidade: _____
 Taxa de Contribuição Inicial: 0,00130 l/s Final: 0,00146 l/s
 Fórmula: Manning Taxa de Infiltração: 0,0005 l/s m

Poço de Visita	Cotas (m)		Dist. (m)	Decliv. (m/m)	Q. Trecho (l/s)		Contribuição Inicial (l/s)		Contribuição Final (l/s)		Q. max. (l/s)		Lâmina (%)		V. max. (m/s)	
	Terreno	Funco			Prof.	N.A.	Inicial	Final	Ant.	Dir.	Esq.	Dir.	Inicial	Final	Inicial	Final
1	67,73	66,68	1,05		35	0,07571	0,051					0,051	0,15	2,5	0,39	
2	65,08	64,03	1,05		94	0,07500	0,137			0,051		0,188	0,15	5,0	0,61	
3	58,03	56,98	1,05		64	0,00500	0,093			0,188	2,510	2,839	0,15	37,5	0,53	
4	59,25	56,66	2,59		45	0,04867	0,066			2,839	0,048	2,953	0,15	22,5	1,26	
5	55,52	54,47	1,05		45	0,11156	0,066			2,953	0,307	3,326	0,15	32,5	0,75	
6	55,00	53,95	1,05		45	0,00500	0,066			3,326	0,079	3,471	0,15	40,0	0,55	
7	54,80	53,72	1,08		46	0,05261	0,067			3,471	0,089	3,627	0,15	22,5	1,30	
8	52,95	51,30	1,05		45	0,05844	0,066			3,627	0,183	3,876	0,15	22,5	1,38	
9	49,72	48,67	1,05		44	0,04727	0,064			3,876	0,513	4,453	0,15	25,0	1,31	
10	47,64	46,59	1,05		52	0,00500	0,760			4,453	0,925	5,454	0,15	52,5	0,62	
11	47,88	46,33	1,35		40	0,00500	0,058			5,454	0,175	5,687	0,15	52,5	0,62	
12	47,70	46,13	1,57		47	0,05255	0,069			5,687	0,158	5,914	0,15	30,0	1,53	
13	44,71	43,17	1,54		58	0,04034	0,085			5,914	1,203	7,202	0,15	35,0	1,46	
14	41,88	39,93	1,95		96	0,00500	0,140			7,202	1,640	8,982	0,15	70,0	0,68	
15	41,28	39,45	1,81		97	0,00500	0,142			8,982		9,124	0,15	72,5	0,69	
16	40,32	38,96	1,36		98	0,00500	0,143			9,124		9,267	0,15	72,5	0,69	
17	39,70	38,47	1,23		98	0,00500	0,143			9,267		9,410	0,15	72,5	0,69	
18	38,10	37,88	1,12		114	0,00763	0,166			9,410	3,135	12,711	0,20	47,5	0,89	
19	38,16	37,11	1,05		114	0,00825	0,166			12,711		12,877	0,20	47,5	0,93	
20	37,22	36,17	1,05		112	0,00821	0,164			12,877		13,041	0,20	47,5	0,93	
EE	36,30	35,25	1,05							12,877						

Projetista: Paulo Cesar de Almeida Tourinho

Data: ____/____/____



Planta 01: Planta da rede coletora de esgoto sanitário

TÍTULO	ESGOTAMENTO SANITÁRIO	DATA	08/04/2015	PROJETO	15/10/2014
	REDE COLETORA	PROJETO	15/10/2014	REVISÃO	08/04/2015
PROJETO	REDE COLETORA	PROJETO	15/10/2014	REVISÃO	08/04/2015
PROJETO	REDE COLETORA	PROJETO	15/10/2014	REVISÃO	08/04/2015

4.2 Sistema de Drenagem Pluvial

Com a utilização das fórmulas de Chuvas Intensas no Brasil, PFAFSTETTER (1982) para construção da curva de intensidade pluviométrica característica da região, foi considerado o posto pluviométrico de Campos/RJ para obtenção das constantes, já que é o posto que mais se aproxima da região estudada, com $a = 0,2$, $b = 27$ e $c = 20$.

$$P_1 = a.t + b.\log(1 + c.t) \quad (3) \quad P = k.P_1 \quad (4) \quad k = \frac{\alpha + \frac{\beta}{T_R^\gamma}}{\alpha + \frac{\beta}{T_R^\gamma}} \quad (5)$$

A seguir o Quadro 05 mostra os valores característicos dos parâmetros para um período de retorno ($T_R = 5$ anos), e em vários momentos de duração do evento chuvoso.

Quadro 05: Parâmetros para um período de retorno de $T_R = 5$ anos na região de Campos/RJ

Tempo de duração	5 min	15 min	30 min	60 min
α	0,108	0,122	0,138	0,156
P_1	11,5178	21,0601	28,2176	35,8999
k	1,2422	1,2705	1,3036	1,3420
P	14,3072	26,7567	36,7854	48,1759
I	171,69	107,02	73,5707	48,1749

Coefficiente de Distribuição

Para o cálculo dos valores dos Coeficientes de Distribuição, foi considerada a fórmula: $C_D = A^{-0,15}$, para as áreas superiores a 1ha e $C_D = 1$ para as áreas iguais ou inferiores a 1ha.

Coefficiente de Deflúvio

Para os valores do coeficiente de deflúvio, foi utilizada a fórmula:

$$C_E = m(it)^{\frac{1}{3}} \quad (9)$$

onde: m → coeficiente mostrado na tabela 02
 i → intensidade pluviométrica (mm/h)
 t → tempo de duração do evento (min.)

Tabela 02: Correlação de valores entre o coeficiente de Runoff e “m”
Fonte: Anotações de aula Prof. Ênio Torasse

	r (Runoff)	m
Zona central da cidade	0,80	0,058
Zona residencial urbana (mais impermeável)	0,60	0,043
Zona residencial urbana (menos impermeável)	0,40	0,029
Parques, jardins	0,25	0,018

Para o levantamento da vazão em cada trecho em função do tempo de concentração na área afeta a cada poço de visita, foi elaborada a curva da intensidade pluviométrica em função do tempo decorrido desde o início de cada evento chuvoso, para um tempo de recorrência $TR=5$ anos, conforme Figura 09.

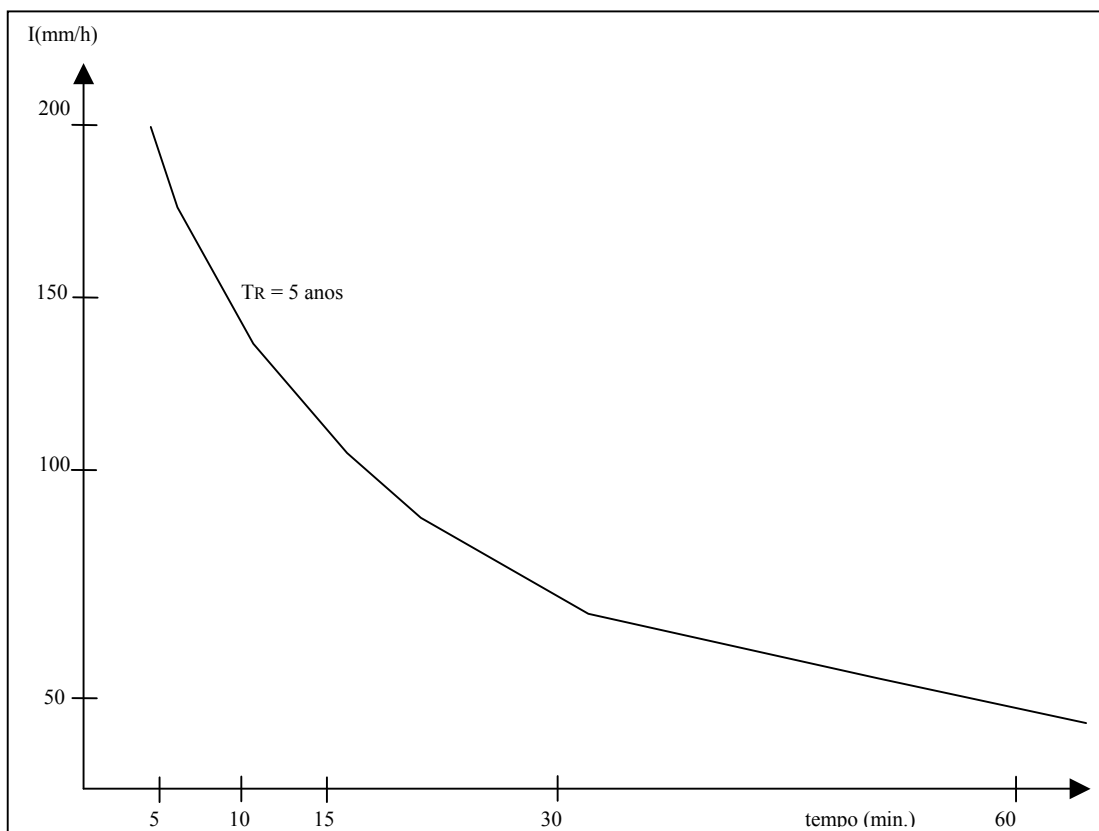


Figura 09: Curva de intensidade pluviométrica para $Tr = 5$ anos na região de Campos/RJ

A seguir o Quadro 06 mostra o dimensionamento dos trechos da rede coletora de drenagem pluvial referente a sub-bacia B, objeto do estudo de comparação entre a implantação de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial como sistemas

separadores absolutos e Planta 02, com o lançamento da rede coletora do sistema de o tempo de concentração $t_c = 12$ min., ou seja, o tempo necessário para que uma gota que caia no ponto mais distante da bacia, chegue ao ponto mais a montante da rede, assim como cada área de influência em relação ao seu ponto de lançamento.

Quadro 05: Dimensionamento da Rede Coletora do sistema de drenagem

PLANILHA DE CALCULO DE REDE DE DRENAGEM

POÇO DE VISITA		LOGRADOURO										Formula de Manning				Chuva Tr = 5 anos						
Número do PV	COTAS Terreno	Fundos	Prof.	BACIA LOCAL		CONTRIBUIÇÃO LOCAL				CONTRIBUIÇÃO A ESCOAR PARA TUSANTE				GALERIA DE TUSANTE								
				Área (m ²)	Coef. "n"	Área (m ²)	Coef. Distrib.	Tempo (min)	INT. PLUV. (mm/h)	Defluz. (m ³ /s)	Defluz. Local (m ³ /s)	Defluz. a escoar (m ³ /s)	Espato Sarratino (m ³ /s)	Declividade (m/m)	Díametro (m)	Lâmina lúd (%)	Altura normal (m)	Velocidade (m/s)	Extensõe L (m)	Tempo de percurso (min)	Degradaçõe jusante (m)	
4.1	58,82	57,87	0,95	0,15	0,40	0,15	1,00	12,000	120	0,328	0,0164	0,0164	0,0164	0,02889	0,30	22,5	0,068	1,53	45	45	0,490	0,00
4.2	57,52	56,57	0,95	0,37	0,40	0,52	1,00	12,490	118	0,330	0,0461	0,0565	0,0461	0,0878	0,30	32,5	0,098	3,29	45	45	0,228	0,03
4.3	53,57	52,62	0,95	0,49	0,40	1,01	1,00	12,778	117	0,331	0,0528	0,1053	0,0528	0,0633	0,30	47,5	0,143	3,37	43	43	0,213	0,05
4	50,85	49,90	0,95																			
6.1	53,00	52,05	0,95	1,02	0,40	1,02	1,00	12,000	120	0,328	0,1116	0,1116	0,1116	0,0433	0,30	55,0	0,165	2,96	67	67	0,377	0,00
6	50,10	49,15	0,95																			
8.1	49,75	48,80	0,95	0,68	0,40	0,68	1,00	12,900	120	0,328	0,0744	0,0744	0,0744	0,0722	0,30	37,5	0,113	3,21	45	45	0,234	0,00
8.2	46,50	44,45	0,95	0,35	0,40	1,03	1,00	12,234	119	0,329	0,0381	0,1125	0,0381	0,0050	0,40	67,5	0,270	1,30	92	92	1,180	0,16
8	46,35	45,09	0,95																			
10.9.3.1	50,23	49,28	0,95	0,43	0,40	0,43	1,00	12,000	120	0,328	0,0471	0,0471	0,0471	0,0348	0,30	35,0	0,105	2,15	46	46	0,357	0,00
10.9.3	48,63	47,68	0,95																			
10.9.3.2	48,42	47,47	0,95	0,63	0,40	0,63	1,00	12,000	120	0,328	0,0689	0,0689	0,0689	0,0050	0,40	50,0	0,200	1,17	42	42	0,598	0,00
10.9.3	48,63	47,26	1,37																			
10.9.1	52,17	51,22	0,95	0,08	0,40	0,08	1,00	12,000	120	0,328	0,0088	0,0088	0,0088	0,0691	0,30	15,0	0,045	1,86	44	44	0,394	0,00
10.9.2	49,13	48,18	0,95	0,34	0,40	0,42	1,00	12,354	119	0,330	0,0371	0,0459	0,0371	0,0057	0,30	66,0	0,180	1,11	88	88	1,321	0,14
10.9.3	48,63	47,26	1,37	0,39	0,40	0,81	1,00	13,715	112	0,335	0,0407	0,1567	0,0407	0,0085	0,40	70,0	0,280		53	53	0,517	0,10
10.9.4	48,18	46,71	1,47	0,35	0,40	1,16	0,98	14,252	110	0,337	0,0353	0,1920	0,0353	0,0165	0,40	65,0	0,260	2,34	114	114	0,812	0,00

DATA: _____ ENG. RESPONSÁVEL: Paulo César de Almeida Tourinho
Folha: 01 / 04

Quadro 05: Dimensionamento da Rede Coletora do sistema de drenagem

PLANILHA DE CALCULO DE REDE DE DRENAGEM

LOCALIDADE		CONTRIBUIÇÃO LOCAL										GALERIA DE TUSANTE									
BACIA LOCAL		CONTRIBUIÇÃO LOCAL										GALERIA DE TUSANTE									
Número do PV	COTAS	Prof. Fundo	Área (m ²)	Coef. %	Área (m ²)	Coef. Distrib.	Tempo (Cons. rain)	INT. PLUV. (mm/dia)	Coef. Decliv. Local	Decliv. Local (m/dm)	Espoto Sanitário (m ² /s)	Decliv. (m/m)	Diâmetro (mm)	Lamina h/d (%)	Altura normal (m)	Velocidade (m/s)	Extensão L. (m)	Tempo de percurso (min)	Grau de jusante (m)		
																				Área (m ²)	Coef. %	Área (m^{2})	Coef. Distrib.	Tempo (Cons. rain)	INT. PLUV. (mm/dia)	Coef. Decliv. Local	Decliv. Local (m/dm)	Decliv. (m/m)	Diâmetro (mm)	Lamina h/d (%)	Altura normal (m)	Velocidade (m/s)	Extensão L. (m)	Tempo de percurso (min)	Grau de jusante (m)
10,9,5	45,88	44,83	1,05	0,50	0,40	1,66	0,93	15,044	107	0,340	0,0470	0,2390	0,40	57,5	0,230	3,23	42	0,217	0,00		
10,9,6	44,45	43,20	1,25	0,37	0,40	2,03	0,90	15,261	106	0,340	0,0334	0,2724	0,60	57,5	0,345	1,62	46	0,473	0,12		
10,9	44,71	42,85	1,86																		
10,1	55,52	54,47	1,05	0,38	0,40	0,38	1,00	12,000	120	0,328	0,0416	0,0416	0,40	40,0	0,160	1,69	44	0,434	0,00		
10,2	55,00	53,95	1,05	0,29	0,40	0,67	1,00	12,434	118	0,330	0,0314	0,0730	0,40	50,0	0,200	1,17	46	0,655	0,04		
10,3	54,80	53,72	1,08	1,35	0,40	2,02	0,90	13,089	115	0,332	0,1290	0,2020	0,40	47,5	0,190	3,72	46	0,206	0,00		
10,4	52,35	51,30	1,05	0,89	0,40	2,91	0,85	13,295	114	0,333	0,0738	0,2818	0,40	55,0	0,270	4,16	45	0,18	0,03		
10,5	49,72	48,67	1,05	0,51	0,40	3,15	0,83	13,475	113	0,334	0,0470	0,3288	0,40	65,0	0,260	3,96	44	0,185	0,04		
10,6	47,64	46,29	1,35	0,75	0,40	4,20	0,81	13,660	113	0,335	0,0852	0,4140	0,70	60,0	0,420	1,82	53	0,485	0,16		
10,7	47,68	45,87	1,81	0,79	0,40	4,99	0,79	14,145	110	0,336	0,0641	0,4781	0,70	65,0	0,455	1,87	40	0,357	0,04		
10,8	47,70	45,67	2,03	0,54	0,40	5,53	0,77	14,502	109	0,338	0,0426	0,5207	0,70	35,0	0,245	4,49	47	0,175	0,00		
10,9	44,71	43,36	1,86	0,75	0,40	6,28	0,76	14,577	108	0,338	0,0578	0,8509	0,70	45,0	0,315	5,16	56	0,181	0,07		
10	41,88	40,53	1,35																		
14,4,1	65,49	64,54	0,95	0,50	0,25	0,50	1,00	12,000	120	0,203	0,0339	0,0339	0,30	32,5	0,098	1,82	91	0,833	0,00		
14,4,2	63,05	62,10	0,95	0,77	0,25	1,27	0,96	12,833	117	0,206	0,0495	0,0834	0,30	52,5	0,158	2,28	92	0,673	0,06		
14,4	60,59	59,58	1,01																		
14,6,1	63,42	62,47	0,95	0,44	0,40	0,74	1,00	12,000	120	0,328	0,0481	0,0481	0,30	30,0	0,090	3,11	44	0,234	0,00		
14,6,2	59,63	58,68	0,95	0,16	0,40	0,60	1,00	12,236	118	0,328	0,0172	0,0653	0,30	50,0	0,150	1,99	44	0,369	0,16		
14,6,3	58,70	57,69	1,01	0,16	0,40	0,76	1,00	12,605	118	0,331	0,0174	0,0827	0,30	45,0	0,135	2,80	54	0,321	0,00		

DATA: / /

Folha: 02 / 04

ENG. RESPONSÁVEL: Paulo Cesar de Almeida Tourinho

Quadro 05: Dimensionamento da Rede Coletora do sistema de drenagem

PLANILHA DE CALCULO DE REDE DE DRENAGEM

POÇO DE VISITA			LOGRADOURO										Fórmula de Manning				Chuvr. Tr = 5 anos				
Número do P.V.	COTAS		CONTRIBUIÇÃO A ESCORR PARA USANTE										GALERIA DE USANTE				GALERIA DE USANTE				
	terreno	fundo	Prof	Área (m ²)	Coef. (m ⁻¹)	Área (m ²)	Coef. Distrib.	Tempo (min)	INT. PLUV. (mm/h)	Defl. (m ³ /s)	Defl. (m ³ /s)	Defl. (m ³ /s)	Escoto Sanitário (m ³ /s)	Decliv. (m/m)	Diâmetro (m)	Lamina (m)	Vel. (m/s)	Extensão (m)	Tempo de percurso (min.)	Degradação (m)	
14,6,4	56,15	55,20	0,95	0,20	0,40	0,96	1,00	12,926	116	0,332	0,0214	0,1091		0,0945	0,30	55,0	0,165	2,64	56	0,353	0,03
14,6	54,22	53,27	0,95																		
14,9,1	55,83	54,88	0,95	0,35	0,40	0,35	1,00	12,000	120	0,328	0,0383	0,0383		0,0050	0,30	55,0	0,165	1,00	45	0,750	0,00
14,9,2	55,78	54,66	1,12	0,1	0,40	0,46	1,00	12,750	118	0,332	0,0120	0,0503		0,0050	0,30	65,0	0,195	1,06	45	0,708	0,03
14,9,3	55,72	54,44	1,28	0,11	0,40	0,57	1,00	13,458	114	0,334	0,0116	0,0619		0,0411	0,30	40,0	0,120	2,50	53	0,355	0,00
14,9,4	53,21	52,16	1,05	0,57	0,40	1,14	0,98	13,811	111	0,334	0,0576	0,1195		0,0053	0,40	67,5	0,270	1,34	53	0,659	0,15
14,9,5	52,93	51,73	1,05	0,60	0,40	1,74	0,92	14,470	109	0,338	0,0565	0,1760		0,1427	0,40	32,5	0,130	5,01	44	0,145	0,00
14,9,6	48,50	45,45	1,05	0,54	0,40	2,28	0,88	14,615	108	0,338	0,0482	0,2242		0,0974	0,40	42,5	0,170	4,80	46	0,160	0,04
14,9	42,02	40,97	1,05																		
14,1	63,34	61,19	1,15	2,88	0,25	2,88	0,85	12,000	120	0,203	0,1658	0,1658		0,0050	0,50	57,5	0,288	1,44	61	0,741	0,00
14,2	62,42	60,87	1,15	0,00	0,25	2,88	0,85	12,741	117	0,206	0,0000	0,1658		0,0050	0,50	57,5	0,288	1,44	88	1,019	0,00
14,3	61,49	60,43	1,06	1,57	0,25	4,45	0,80	13,760	112	0,208	0,0813	0,2471		0,0103	0,50	60,0	0,300	2,09	86	0,686	0,01
14,4	60,59	59,54	1,05	1,78	0,25	6,23	0,76	14,446	109	0,209	0,0857	0,4162		0,0341	0,50	57,5	0,288	3,75	114	0,507	0,00
14,5	56,70	55,65	1,05	1,39	0,40	7,62	0,74	14,953	107	0,339	0,1037	0,5199		0,0564	0,50	55,0	0,275	4,75	44	0,154	0,00
14,6	54,22	53,17	1,05	0,27	0,40	7,89	0,73	15,107	107	0,340	0,0199	0,6439		0,0819	0,50	57,5	0,288	5,81	43	0,123	0,01
14,7	50,70	49,65	1,05	0,52	0,40	8,35	0,73	15,230	106	0,340	0,0380	0,6819		0,0575	0,50	65,0	0,325	5,07	77	0,253	0,04
14,8	46,27	45,22	1,05	0,46	0,40	9,02	0,72	15,483	106	0,342	0,0334	0,7153		0,0574	0,60	50,0	0,300	5,20	74	0,237	0,00
14,9	42,02	40,87	1,15	0,67	0,25	9,69	0,71	15,720	105	0,213	0,0296	0,9691		0,0336	0,60	72,5	0,435	4,49	87	0,323	0,14
14	39,10	37,81	1,15																		

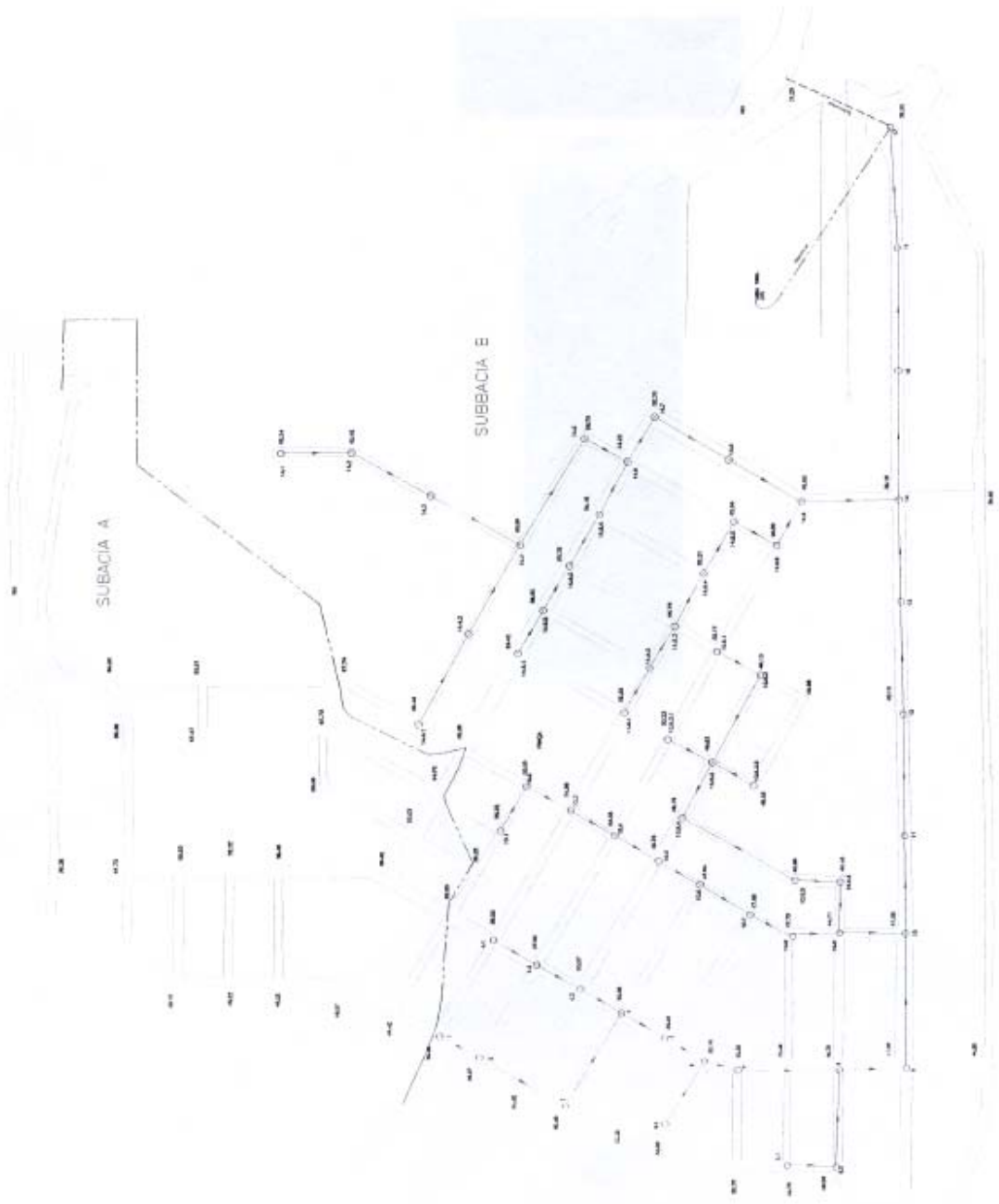
DATA: / / 04
 Folha: 03 / 04
 ENG. RESPONSÁVEL: Paulo Cesar de Almeida Tourinho-0196

Quadro 05: Dimensionamento da Rede Coletora do sistema de drenagem

PLANILHA DE CALCULO DE REDE DE DRENAGEM

Número de PV	POCO DE VISITA		LADRADURO											Fórmula de Manning				Chuva: Tr = 5 anos			
	Lote	Área	BACIA LOCAL		CONTRIBUIÇÃO LOCAL			CONTRIBUIÇÃO A ESCOAR PARA O SANIT.				GALERIA DE TUBANTE				GALERIA DE TUBANTE					
	Coef. r ²	Coef. r ²	Área (m²)	Coef. Distrib.	Tempo Conc. (min)	INT. FLUV. (mm/h)	Coef. Perflu. (m³/s)	Coef. Perflu. (m³/s)	Decliv. a escoar (m²/s)	Decliv. (m/m)	Diâmetro (cm)	Área normal (m²)	Velocidade (m/s)	Extensão (m)	Tempo de percurso (min)	Degradação (m)					
1	56,88	55,93	0,95	0,33	0,40	0,33	1,00	12,000	120	0,0361	0,0361	0,0139	0,30	40,0	0,120	1,45	44	0,508	0,00		
2	56,27	55,32	0,95	0,34	0,40	0,33	1,00	12,508	118	0,0368	0,0368	0,0630	0,30	40,0	0,120	3,10	90	0,484	0,00		
3	50,60	49,45	1,15	0,79	0,40	0,33	0,94	12,992	116	0,1526	0,0797	0,0050	0,50	55,0	0,275	1,41	102	1,206	0,16		
4	50,85	48,78	2,07	0,13	0,40	0,33	0,93	14,198	110	0,2744	0,0125	0,0050	0,60	60,0	0,360	1,65	48	0,485	0,09		
5	50,45	48,45	2,00	0,42	0,40	0,33	0,90	14,683	109	0,3132	0,0388	0,0050	0,60	65,0	0,390	1,69	42	0,414	0,03		
6	50,10	48,24	1,86	0,89	0,40	0,33	0,85	15,097	107	0,5013	0,0765	0,0050	0,70	67,5	0,473	1,89	31	0,273	0,08		
7	50,55	48,01	2,54	0,33	0,40	0,33	0,84	15,370	106	0,5292	0,10279	0,0324	0,70	40,0	0,280	5,71	90	0,263	0,00		
8	46,35	44,93	1,42	0,39	0,40	0,33	0,82	15,633	105	0,6736	0,0319	0,0807	0,70	35,0	0,245	5,76	58	0,168	0,00		
9	41,60	40,25	1,35	2,78	0,25	0,40	0,80	15,801	105	0,8119	0,1383	0,0050	0,80	72,5	0,580	2,10	124	0,984	0,34		
10	41,88	39,29	2,59	0,09	0,25	0,40	0,80	16,785	102	1,6672	0,0044	0,0060	1,00	75,0	0,750	2,68	98	0,610	0,17		
11	41,02	38,53	2,49	1,23	0,25	0,40	0,77	17,395	100	1,7243	0,0571	0,0065	1,00	75,0	0,750	2,79	98	0,585	0,00		
12	40,16	37,89	2,27	1,58	0,25	0,40	0,74	17,980	98	1,7984	0,0691	0,0070	1,00	75,0	0,750	2,89	98	0,565	0,00		
13	39,62	37,20	2,42	1,52	0,25	0,40	0,72	18,545	97	1,8580	0,0646	0,0050	1,10	72,5	0,798	2,59	96	0,618	0,05		
14	39,10	36,72	2,38	2,27	0,25	0,40	0,70	19,163	95	2,9194	0,0923	0,0070	1,20	75,0	0,900	3,27	113	0,576	0,10		
15	38,17	35,83	2,34	1,12	0,25	0,40	0,69	19,739	93	2,9634	0,0440	0,0075	1,20	75,0	0,900	3,38	113	0,557	0,06		
16	37,24	34,98	2,26	1,38	0,25	0,40	0,68	20,296	92	3,0167	0,0533	0,0075	1,20	75,0	0,900	3,38	114	0,562	0,00		
17	36,30	34,12	2,18																		

DATA: _____/_____/_____ ENG. RESPONSÁVEL: Paulo César de Almeida Tourinho
Folha: 04 / 04



Planta 02: Planta da rede de drenagem pluvial

TÍTULO	PROJETO	DATA	COLORE	ABRIL
DRENAGEM PLUVIAL	REDE COLETORA	10/01/2020	10/01/2020	10/01/2020
PROJETO	LOCALIZAÇÃO	PROJETO	PROJETO	PROJETO
LOCALIZAÇÃO	PROJETO	PROJETO	PROJETO	PROJETO

4.3 Sistema Unitário

Rede Coletora

A coleta dos esgotos sanitários em um sistema unitário é feito através de rede de dutos auxiliares, uma vez que a rede de dutos que transportam as duas linhas de corrente (águas pluviais e esgotos sanitários em tempo chuvoso) é composta por tubos com diâmetro de Φ 300mm em concreto simples, não sendo recomendada a utilização de ligações domiciliares e galerias com $\Phi \geq 400$ mm em concreto simples e armado, funcionando como coletores tronco, recebendo apenas contribuições pontuais nos poços de visita.

A rede de dutos auxiliares para coleta dos esgotos sanitários são sempre no diâmetro mínimo de 150mm, com declividade superior à mínima em quase sua totalidade, em função do acompanhamento da declividade natural do terreno, independentemente do sentido de fluxo do coletor tronco em cada trecho, conforme Figura 05.

No presente estudo não foi necessário o dimensionamento dos coletores tronco, a não ser no caminhamento principal devido aos valores das lâminas terem sido inferiores a 70% e o acréscimo da vazão a escoar, em função do acréscimo do fluxo correspondente aos esgotos sanitários serem muito inferiores à vazão total a escoar no momento mais crítico e numa situação extrema, na coincidência do pico de vazão das águas pluviais com o dia e hora de maior consumo de água e conseqüentemente, o momento de maior lançamento de esgotos sanitários.

Estação de Tratamento de Esgoto

Considerando apenas a vazão dos esgotos sanitários, bastaria uma ETE com capacidade para tratar 15 l/s. Para o SU deverá ser utilizada a mesma ETE que a utilizada no sistema de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto.

O tempo de cinco minutos foi considerado em função do tempo necessário para que praticamente todas as partículas que estejam no coletor tronco cheguem até o tanque de acumulação, lavando então a rede coletora. Qualquer chuva igual ou superior ao tempo de recorrência de cinco anos acarretará a sobrecarga do sistema unitário, com praticamente toda vazão da mistura esgoto sanitário e águas pluviais sendo lançada diretamente no corpo receptor com no máximo um tratamento a nível secundário, fossa + filtro conforme anteriormente descrito.

Tanque de Acumulação – TA

O volume do TA será calculado para armazenar pelo menos o volume gerado por uma chuva de máxima intensidade e constante durante cinco minutos, para que todo o fluxo que causa o levantamento de material depositado na rede durante o período de estiagem, baixo fluxo, possa ser direcionado para tratamento, considerando a vazão de saída para a Estação de Tratamento de Esgoto – ETE.

$$V_{TA} = Q_d.T - Q_t.T \quad (10)$$

onde: $Q_d \rightarrow$ Deflúvio a escoar (m^3/s);
 $T \rightarrow$ Tempo do evento chuvoso (seg.); e
 $Q_t \rightarrow$ Capacidade de tratamento da ETE em (l/s).

$$V_{TA} = 3,0297.300 - \frac{15 \cdot 300}{1.000} \quad \therefore V_{TA} \approx 904,42 \text{ m}^3 \quad \therefore V_{TA} \approx 905 \text{ m}^3$$

Como dito anteriormente, o tempo de cinco minutos utilizado no presente estudo para limpeza da rede e, foi considerado pelo autor como um valor razoável para o primeiro estudo, devendo este ser revisto quando da implantação de um sistema unitário no Brasil, utilizando-se critérios pré-determinados e após uma avaliação de seu comportamento.

Considerando um TA com uma área útil $S_{\text{útil}} = 900m^2$, teremos como altura útil:

$$h_{\text{útil}} = V_{TA} \div S_{\text{útil}} = 905m^3 \div 900m^2 \therefore h_{\text{útil}} \approx 1,00m$$

e como altura total:

$$h_{\text{Total}} = h_{\text{útil}} + h(\Phi \text{ do tubo de chegada}) + 0,2 \text{ m} \quad (11) \quad \therefore h_{\text{Total}} = 1,00 + 0,5 + 0,2 \therefore h_{\text{Total}} = 1,70m$$

Estação Elevatória

A Estação Elevatória necessária para o sistema de esgotamento sanitário trabalhando como separador absoluto será composta por um conjunto de três bombas, sendo uma reserva, e um poço de acumulação com capacidades conforme a seguir:

$$Q = 13,041l/s = 0,782m^3 / \text{min} \approx 0,78m^3 / \text{min}.$$

$$Q_a = \frac{Q}{2} \quad (12) \quad \therefore Q = 2Q_a \quad (13) \quad Q = 2 \cdot 0,78 \approx 1,56m^3 / \text{min} \approx 93,6m^3 / h$$

e com uma câmara de acumulação: $V = \frac{T \cdot Q}{4}$ (14) com $T = 10$ min ou 0,167h,

teremos: $V = \frac{0,167.93,6}{4} \therefore V = 3,91m^3 \approx 4m^3$,

onde: $V \rightarrow$ Volume do poço (m^3),
 $T \rightarrow$ Tempo decorrido entre duas partidas (min),
 $Q \rightarrow$ Capacidade de vazão da bomba (m^3/min) e
 $Q_a \rightarrow$ Vazão afluyente ao poço (m^3/min).

No sistema unitário, a estação elevatória será composta por um conjunto de três bombas sendo uma reserva, com capacidade para elevar 15l/s ou 54m³/h, não sendo necessário a construção do poço de acumulação, função da sucção ser feita dentro TA conforme anteriormente descrito.

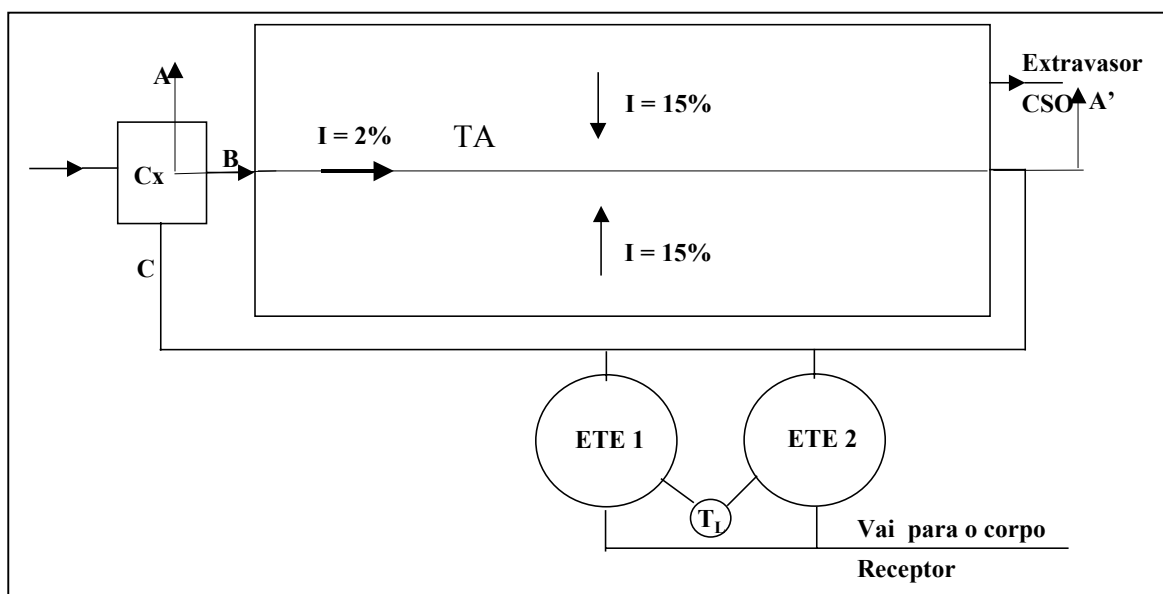


Figura 10: Esquema de interligação entre o Tanque de Acumulação e a Estação de Tratamento de Esgoto – ETE em um sistema unitário

Na Figura 10 é apresentado um desenho esquemático da área da Estação de Tratamento constando de:

- Caixa de Entrada (Cx) interligando o último trecho da Rede coletora ao Tanque de Acumulação (TA) dotada de um “by-pass”, para quando ocorrer um evento chuvoso superior à capacidade do Tanque, provocando um transbordamento (CSO), seu detalhamento é apresentado na Figura 11;
- Tanque de Acumulação (TA) com declividades transversais para evitar-se acúmulo de material sólido no fundo e declividade transversal para direcionamento do fluxo para a saída;

- Por medida de segurança, foi previsto também um extravasor no Tanque de Acumulação se for ultrapassada sua capacidade, sendo nesta situação, o extravasamento da mistura de esgoto com as águas pluviais numa proporção inferior a 0,2%.

Na Figura 11 a seguir é apresentado o corte AA' do Tanque de Acumulação numa situação de ocorrência de um transbordamento. Por se tratar de desenho esquemático, não houve preocupação aqui em apresentar a localização da caixa de areia ou do gradeamento, imprescindíveis em uma planta de tratamento.

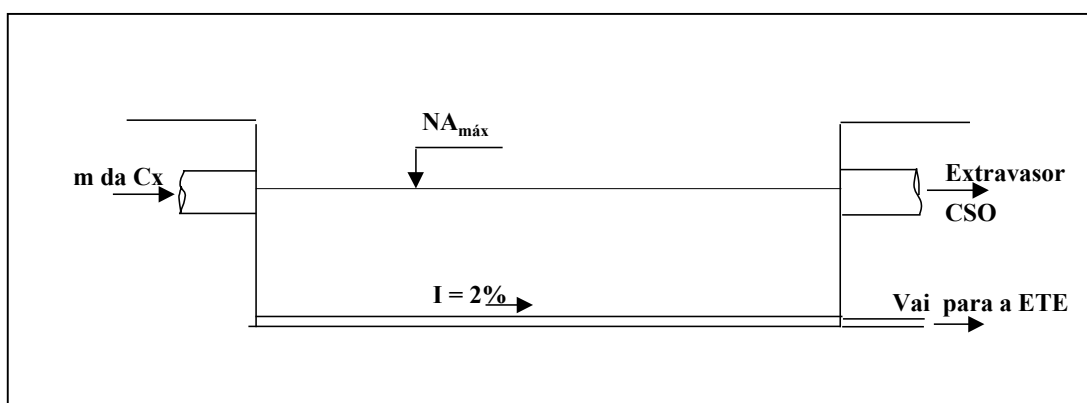


Figura 11: Corte AA do Tanque de Acumulação TA

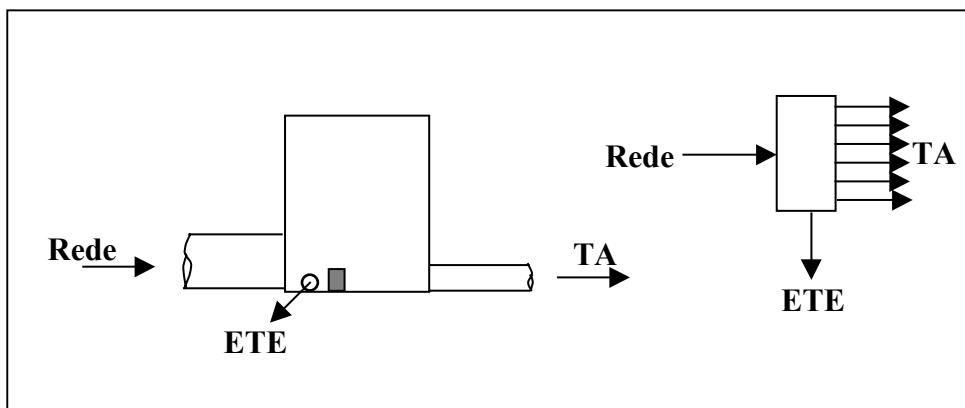


Figura 12: Esquema da Caixa de By-Pass

O fluxo inicial que entra no TA através da Caixa de “By-Pass”, mostrados nas Figuras 10 e 12, é onde encontramos a maior concentração de carga orgânica no esgoto durante o período de estiagem e que devido a suspensão do material (lavagem) da rede coletora nos primeiros momentos da chuva, ocorre posterior clarificação pela “diluição”,

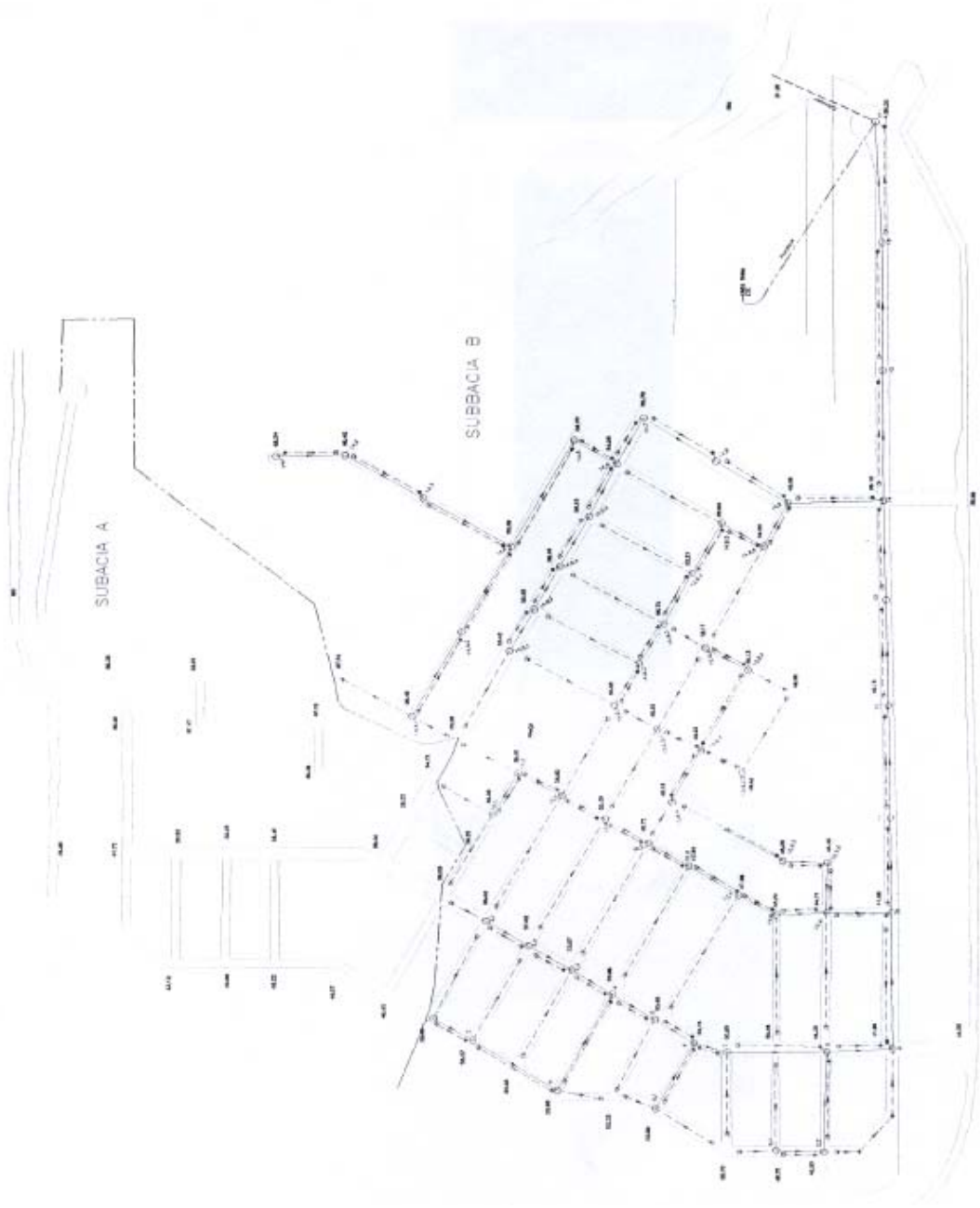
devido a mistura das águas escuras provenientes dos esgotos sanitários com as águas pluviais.

Como foi citado anteriormente não foi necessário o re-dimensionamento da rede de coleta e transporte de todos os trechos do sistema de drenagem pluvial, dimensionado inicialmente como sistema separador absoluto, em função unicamente das lâminas (Y/D) encontradas. Apenas foi feita a verificação dos trechos principais onde se concentram as maiores vazões conforme Quadro 07.

Após o Quadro 07 é apresentada a Planta 03 com o lançamento dos coletores do SU, onde aparecem os tubos e galerias correspondentes à coleta de águas pluviais com utilização de poços de visita, inclusive em trechos de cabeceira, devido ao diâmetro inicial de 300mm e a rede de dutos auxiliares para coleta e transporte do esgoto sanitário até os poços de visita.

Quadro 07: Verificação do dimensionamento dos trechos da rede coletora do Sistema de Drenagem para SU
 PLANILHA DE CÁLCULO DE REDE DE SISTEMA UNITÁRIO

Número do PV	POÇO DE VISITA		LOGRADOURO										Fórmula de Manning					Chuva: I _r = 5 anos		
	COTAS		CONTRIBUIÇÃO A ESCOAR PARA USANTE										GALERIA DE URSANTE					Tempo de percurso (min)	Extensão L (m)	Degrado (m)
	Terreno	Fundo	Prof	BACIA LOCAL		CONTRIBUIÇÃO LOCAL		CONTRIBUIÇÃO LOCAL		Deflúvio Local	Deflúvio Local	Deflúvio - Esgoto (m³/s)	Diâmetro (m)	Velocidade (m/s)	Alcance normal (m)					
Área (m²)	Coef. "n"	Área (m²)	Coef. Distrib	Tempo Conc. (min)	INT. PLUV. (mm/h)	Coef. Deflúvio	Coef. Deflúvio	Deflúvio Local (m³/s)	Deflúvio Local (m³/s)	Deflúvio - Esgoto (m³/s)	Diâmetro (m)	Velocidade (m/s)	Alcance normal (m)	Alcance normal (m)	Extensão L (m)	Degrado (m)				
1	56,88	55,93	0,95	0,33	0,40	0,33	1,00	12,000	120	0,228	0,261	0,0361	0,0365	0,0139	0,30	40,0	0,120	44	0,308	0,00
2	56,27	55,32	0,95	0,34	0,40	0,67	1,00	12,508	118	0,330	0,368	0,0729	0,0779	0,0630	0,30	40,0	0,120	90	0,484	0,00
3	56,60	49,45	1,15	0,79	0,40	1,46	0,91	12,992	116	0,333	0,797	0,1526	0,1531	0,0050	0,50	55,0	0,275	102	1,206	0,16
4	56,85	48,78	2,07	0,13	0,40	1,59	0,93	14,198	110	0,337	0,0125	0,2744	0,2749	0,0050	0,60	60,0	0,360	49	0,485	0,09
5	50,45	48,45	2,00	0,42	0,40	2,01	0,90	14,683	109	0,337	0,0388	0,3132	0,3136	0,0050	0,60	65,0	0,390	42	0,414	0,03
6	50,10	48,24	1,85	0,89	0,40	2,90	0,85	15,097	107	0,340	0,0765	0,5013	0,5017	0,0050	0,70	67,5	0,473	31	0,273	0,08
7	50,55	48,01	2,54	0,33	0,40	3,23	0,84	15,370	106	0,341	0,0279	0,5292	0,5296	0,0324	0,70	40,0	0,280	90	0,283	0,00
8	46,35	44,93	1,62	0,39	0,40	3,62	0,82	15,633	105	0,342	0,0319	0,6736	0,6742	0,0807	0,70	35,0	0,245	58	0,168	0,00
9	41,60	40,25	1,35	2,78	0,25	4,40	0,80	15,801	105	0,213	0,1383	0,8119	0,8125	0,0050	0,80	72,5	0,580	124	0,984	0,34
10	41,88	39,29	2,59	0,09	0,25	4,49	0,80	16,785	102	0,215	0,0044	1,6672	1,6709	0,0060	1,00	75,0	0,750	98	0,610	0,17
11	41,02	38,53	2,49	1,23	0,25	5,72	0,77	17,395	100	0,217	0,0571	1,7243	1,7246	0,0085	1,00	75,0	0,750	98	0,585	0,00
12	40,16	37,89	2,27	1,58	0,25	7,30	0,74	17,980	98	0,217	0,0691	1,7934	1,7937	0,0070	1,00	75,0	0,750	98	0,565	0,00
13	39,62	37,20	2,42	1,52	0,25	8,82	0,72	18,545	97	0,219	0,0646	1,8580	1,8582	0,0030	1,10	72,5	0,798	96	0,618	0,05
14	39,10	36,72	2,38	2,27	0,25	11,09	0,70	19,163	95	0,220	0,0923	2,9184	2,9228	0,0070	1,20	75,0	0,900	113	0,576	0,10
15	38,17	35,83	2,34	1,12	0,25	12,21	0,69	19,739	93	0,220	0,0640	2,9634	2,9637	0,0075	1,20	75,0	0,900	113	0,557	0,00
16	37,24	34,98	2,26	1,38	0,25	13,59	0,68	20,296	92	0,222	0,0533	3,0147	3,0172	0,0075	1,20	75,0	0,900	114	0,562	0,00
17	36,30	34,12	2,18																	



Planta 03: Planta da rede coletora do sistema unitário

TÍTULO	SISTEMA UNITÁRIO		DATA	ESCALA	PROJETO
	REDE COLETORA		PROJETO	ESCALA	PROJETO
AUTOR	REDE COLETORA		PROJETO	ESCALA	PROJETO
	REDE COLETORA		PROJETO	ESCALA	PROJETO
PROJETO	REDE COLETORA		PROJETO	ESCALA	PROJETO
	REDE COLETORA		PROJETO	ESCALA	PROJETO
PROJETO	REDE COLETORA		PROJETO	ESCALA	PROJETO
	REDE COLETORA		PROJETO	ESCALA	PROJETO

4.3.1 Impactos Esperados

A grande diferença entre os sistemas unitários e do tipo separador absoluto de esgotamento sanitário reside no transbordamento do primeiro quando de ocorrência de chuvas ou degelo da neve que ultrapassem a capacidade de absorção do volume escoado, fazendo com que a mistura dos fluxos, águas pluviais ou degelo e esgotos sanitários, sejam direcionados para o corpo receptor causando assim impacto negativo neste.

No Brasil não há a possibilidade de ocorrência de nevascas como ocorrem no hemisfério norte onde após um longo período de acumulação de neve, ocorre seu degelo e conseqüentemente deflúvios que normalmente ultrapassam as capacidades dos sistemas unitários.

Outras formas de ocorrências de sobrecargas – CSO podem ser por falhas na concepção do projeto, na operação/manutenção ou na interrupção no fornecimento de energia elétrica conforme abaixo descrito:

- ~ Ausência na planta da ETE de um tanque de acumulação capaz de absorver pelo menos o fluxo inicial, quando encontramos a maior carga poluidora devido a “lavagem” dos locais de escoamento superficial do deflúvio que acumula uma grande quantidade de material sólido (nas caixas das ruas, passeios públicos, telhados e lajes de cobertura etc.) durante o período de estiagem;
- ~ Correta definição da curva $i - d - f$ para o local;
- ~ Falta de limpeza do gradeamento na entrada da ETE causando seu transbordamento e conseqüente direcionamento do fluxo diretamente ao corpo receptor;
- ~ Bocas de lobo sem grade de proteção, permitindo a entrada de material incompatível com um sistema de esgotamento sanitário, ou seja, capaz de ser absorvido por uma ETE convencional; e
- ~ Quando da ocorrência de interrupção no fornecimento de energia elétrica, podem causar uma sobrecarga, inicialmente na rede coletora, quando da existência de estação(ões) elevatória(s) intermediária(s) ou na planta da estação de tratamento ETE, quando também de sua utilização.

As possibilidades acima descritas podem ocorrer tanto em sistemas unitários como em sistemas separadores absolutos, a exceção da grande influência dos períodos chuvosos, que está mais afeta aos sistemas unitários.

Em sistemas ditos separadores absolutos, muitas vezes constatamos ocorrências de lançamentos das águas coletadas dos telhados das residências diretamente nas redes coletoras de esgoto.

Fato ocorrido no Município sede de Nova Friburgo, que quando da elaboração do projeto do sistema de esgotamento sanitário, com a medição de vazões em redes parciais que lançam seus efluentes “*in-natura*”, nos corpos receptores (rios), foram constatada duas vazões bem distintas: uma no período de estiagem com valores dentro do esperado, a outra com valores que superavam em muito quando da ocorrência de chuvas. Buscando a razão daquela discrepância foi constatado o lançamento da drenagem interna dos lotes na rede coletora de esgoto.

O Quadro 08 mostra as últimas maiores precipitações ocorridas na Cidade do Rio de Janeiro desde 1997 fornecida pela Fundação GEO-RIO da Prefeitura Municipal, sendo que não foi considerado o “horário de verão brasileiro”.

Quadro 08: As últimas maiores precipitações desde 1997 ocorridas na Cidade do Rio de Janeiro (Geo-Rio)

* Desconsiderando o horário de verão

ESTAÇÃO	mm/h	Data	Hora *
26 - Campo Grande	116,2	19/03/2000	00:08
07 - Grajaú	90,3	16/02/2000	23:01
28 - Sumaré	81,3	02/04/1998	23:49
14 - Tanque	78,3	09/01/1997	18:42
04 - Tijuca	78,2	17/02/1998	15:15
01 - Vidigal	72,5	15/12/1998	17:43
23 - Cachambi	72,4	28/03/2001	22:17
27 - Sepetiba	71,8	03/04/2001	22:36
04 - Tijuca	71,5	07/01/1998	19:00
24 - Anchieta	71,0	28/03/2001	21:23
10 - Madureira	71,0	31/01/1997	19:17

Como podemos constatar, se o projeto elaborado no presente trabalho fosse uma localidade no Município do Rio de Janeiro ou se o comportamento hidrológico fosse equivalente, devido a proximidade, nos últimos quatro anos, não teria ocorrido nenhum transbordamento no sistema unitário decorrente de sobrecarga no sistema, uma vez que o mesmo foi projetado para suportar um evento chuvoso com índice pluviométrico superior a 150mm/h nos primeiros 5 minutos do evento.

O horizonte aqui apresentado é muito pequeno para que possamos tirar conclusões a respeito do comportamento do sistema proposto, tornando-se necessário uma série de dados hidrológicos de dez anos ou mais. Assim como para verificação do comportamento do sistema após sua implantação, seriam necessários pelo menos mais dez anos de constante acompanhamento e talvez mesmo assim não tenhamos um retorno satisfatório, como é o caso de implantação de um sistema de drenagem pluvial do tipo separador absoluto.

Conforme dados levantados pela Fundação GEO-RIO, no ano de 1997 as maiores intensidades pluviométricas ocorreram no mês de Janeiro e cujos valores foram de 78,3mm/h e 71,0mm/h relativos às estações do Tanque e Madureira, respectivamente, enquanto que as alturas totais de chuva no mesmo mês, relativas as mesmas estações, foram de 376,4mm e 315,3mm.

Para uma melhor visualização da comparação supra, é apresentado o Quadro 09 com os dados das dez maiores precipitações pluviométricas e as respectivas alturas totais das chuvas correspondentes aos meses e estações das ocorrências das precipitações máximas.

Quadro 09: As maiores precipitações e as respectivas alturas totais no mês de ocorrência, desde 1997, ocorridas na Cidade do Rio de Janeiro (Geo-Rio)

ESTAÇÃO		mm/h	Data	Altura Pluviométrica	
				mês	(mm)
26 -	Campo Grande	116,2	19/03/2000	Março	303,2
07 -	Grajaú	90,3	16/02/2000	Fevereiro	166,8
28 -	Sumaré	81,3	02/04/1998	Abril	211,7
14 -	Tanque	78,3	09/01/1997	Janeiro	376,4
04 -	Tijuca	78,2	17/02/1998	Fevereiro	531,7
01 -	Vidigal	72,5	15/12/1998	Dezembro	186,8
23 -	Cachambi	72,4	28/03/2001	Março	197,0
27 -	Sepetiba	71,8	03/04/2001	Abril	151,6
24 -	Anchieta	71,0	28/03/2001	Março	182,2

O comportamento de um evento de chuva pode ser considerado de relativo conhecimento, a exceção dos eventos de chuvas torrenciais. Assim como a consideração de um evento de longa duração, uma vez que um evento chuvoso com pequena duração, mas com intensidade superior a do projeto pode ser absorvida, quando da existência de um tanque de acumulação – TA projetado para suportar um evento chuvoso de intensidade máxima que é atingida normalmente nos primeiros 5 minutos do referido evento, decaindo seu valor após este tempo.

Uma outra conclusão que pode ser tirada é que a altura de chuva durante um certo período, por exemplo, um mês não guarda qualquer relação de proporcionalidade com a intensidade pluviométrica de um evento chuvoso, por depender de pelo menos quatro fatores: (1) número de eventos chuvosos no período; (2) a duração de cada evento; (3) a intensidade pluviométrica de cada evento; e (4) seu comportamento em cada evento.

Em função dos valores apresentados, acreditamos que não haveria nenhum transbordamento de um sistema unitário construído na área de abrangência dos dados meteorológicos, ou seja, no Município do Rio de Janeiro. Mesmo ocorrendo um transbordamento, não se deve considerar apenas a carga poluidora do esgoto sanitário, mas conforme Quadro 01 do presente trabalho (LARGET et al., 1977) que levantou as cargas relativas a sistema de esgotamento sanitário e drenagem pluvial dos tipos separadores

absolutos e sistemas unitários, devemos considerar os valores menores ainda que os abaixo relacionados para esgoto sanitário “in natura”, uma vez que estamos trabalhando com esgoto com algum tratamento (fossa + filtro) misturado com águas pluviais:

Resumo do Quadro 01 com dados levantados por LARGET et al. (1977)

SISTEMA	SS	DBO ₅	DQO	Coli Fecal
Drenagem Pluvial	415 mg/l	20 mg/l	115 mg/l	14.500 coli/ 100ml
Unitário	370 mg/l	115 mg/l	375 mg/l	670.000 coli/100ml
Esgoto Sanitário	200 mg/l	200 mg/l	500 mg/l	1.000.000 coli/100ml

Devido ao desconhecimento do comportamento das chuvas na área de abrangência do projeto ou das áreas circunvizinhas, pode-se apenas prever com pouca margem de segurança que poderão ocorrer sobrecargas no sistema unitário em questão devido a eventos chuvosos no período de novembro a maio quando são mais frequentes as chuvas de maior intensidade pluviométrica no Estado do Rio de Janeiro.

Se considerarmos a ocorrência de pelo menos um evento chuvoso maior que o previsto a cada mês do período de chuvas, ou seja, em sete meses ou 210 dias, teremos sete dias com ocorrência de sobrecarga no sistema, com lançamentos da mistura de águas pluviais e esgotos sanitários “in-natura” no corpo receptor com possíveis características conforme a seguir:

- Vazão média de esgoto: 0,00494m³/s
- Vazão da chuva na entrada da planta da ETE: 3,0167m³/s
- Vazão do fluxo (drenagem + esgoto) na entrada da ETE: 3,0216m³/s *

* Não foi considerada a vazão de infiltração

Em função dos valores apresentados acima, concluímos que o esgoto sanitário representa 0,16% da vazão total. Mesmo um percentual tão baixo, não se deve considerar apenas a carga poluidora do esgoto sanitário, mas também a carga poluidora advinda do sistema de drenagem, conforme anteriormente descrito.

Se formos considerar a carga de DBO₅, podemos utilizar como valor padrão de 54g/hab.dia ou de 50g/hab.dia para a cidade de São Paulo/SP conforme FEACHEM, et al. (1983).

Considerando o valor de 54g/dia.hab., chegaremos a um valor de:

$$DBO_5 = 54g/dia.hab. \times 2670hab. \therefore DBO_5 = 144.180g/dia$$

$$Q_{\text{esg}} = 13,041 \times 86.400 \quad \therefore \quad Q_{\text{esg}} = 1.126.742,4\text{l/dia}$$

$$\text{Então: } \text{DBO}_5 = 144.180 / 1.126.742,4. \quad \therefore \quad \text{DBO}_5 = 0,128\text{g/l} = 128\text{mg/l},$$

O valor mostrado encontra-se abaixo do apresentado no quadro anterior, podendo considerar que a diferença ocorreu pela consideração aqui da vazão de infiltração com uma taxa de 0,5l/s.km, valor este muito elevado para o tipo de material utilizado, atualmente PVC, na construção de redes coletoras, apenas utilizado para efeito de estudo, assim como um *per capita* de 200l/hab.dia.

Se utilizarmos um *per capita* de 100l/hab.dia e desprezarmos a infiltração, encontraremos um valor de aproximadamente 187,5mg/l no dia e hora de maior consumo, sendo este um valor mais próximo ao apresentado por LARGET et al.(1977).

Conforme descrito anteriormente, existem dificuldades na mensuração dos impactos nos corpos receptores causados pela sobrecarga de um sistema unitário, em função de: cada bacia hidrográfica ter sua característica específica com relação às atividades e conseqüente composição do fluxo devido ao escoamento superficial; cada evento chuvoso ser único com relação a sua vazão, tempo de duração do evento e horário de ocorrência do evento (pico ou fora de pico de consumo de água) para encontrarmos sua respectiva taxa de mistura drenagem pluvial e esgoto sanitário. Além disso, outro aspecto que nos chamou a atenção foi com relação ao número de contribuintes a montante, que poderão causar confusão ou distorções com relação a resultados de amostras de água do corpo receptor a jusante do ponto de lançamento.

Portanto os resultados acima podem apenas indicar uma das muitas possibilidades de quantidades de cargas poluidoras que poderão ser lançadas ao corpo receptor durante um evento chuvoso, uma vez que sua concentração dependerá da vazão de sobrecarga e durante quanto tempo ocorreu o evento, além da vazão do corpo receptor no dado momento que certamente estará recebendo contribuições de águas pluviais a montante e a jusante do ponto de lançamento do sistema unitário.

5. LEVANTAMENTO DE CUSTOS

O levantamento de custos para as diversas situações, sistema de esgoto e drenagem pluvial do tipo separador absoluto e sistema unitário, foi elaborado segundo o Catálogo de Referência do Sistema de Custos Unitários da Empresa Municipal de Obras Públicas – EMOP do Rio de Janeiro. Os valores unitários são referentes ao mês de outubro/2000, não sendo importante os valores absolutos ou atualizados e sim os valores relativos para possibilitar o estudo comparativo entre os diversos sistemas.

O levantamento dos quantitativos dos macro-itens descritos no item 3. METODOLOGIA, foram elaborados de forma a manter uma coerência entre os diversos serviços, mantendo-se ao máximo como eles realmente são executados em campo, estando suas condições descritas a seguir.

5.1 Sistema de Esgotamento Sanitário

- Profundidade até 2,00m → valas com largura de 0,80m e profundidades médias de 1,30 e 1,50m, para os trechos até 1,50m e de 1,50 até 2,00m, respectivamente e
- Profundidade de 2,01 até 2,50m → valas com largura de 1,20m e profundidade média de 2,20m.

Obs.: As regras acima independem do diâmetro do tubo, que no presente estudo são de Φ 150 e 200mm.

Escoramento

Um serviço de difícil definição de seu quantitativo a não ser que se tenha total conhecimento do subsolo, com uma razoável quantidade de sondagens na área de abrangência do projeto. Em função do conhecimento do tipo de solo local (predominantemente argiloso) e em função de experiências anteriores, optou-se por considerar necessário escorar apenas 10% das valas com profundidades superiores a 2,00m em ambos os lados e com uma altura média de 2,20m.

Terminal de Limpeza - TL

Em substituição aos poços de visita de cabeceira ou poços secos, foram considerados os Terminais de Limpeza conforme Figura 06 constituído por duas curvas 45° e teco Φ 150mm e tampão de ferro fundido.

5.2 Sistema de Drenagem Pluvial

Escavação

- Profundidade até 1,50m → valas com largura de 1,50m e profundidade média de 1,25m;
- Profundidade de 1,50 até 2,00m → valas com largura de 1,80m e profundidade média de 1,75m; e
- Profundidade de 2,01 até 2,50m → valas com largura de 2,10m e profundidade média de 2,25m.

Escoramento

Assim como para o sistema de esgoto sanitário, também foi considerada a utilização de escoramento em 10% das valas com profundidades superiores a 2,00m, em ambos os lados, valores estes muito considerados em projetos de pequeno porte, onde não se conhece o subsolo local, mas com informações a respeito de ocorrências de lençol freático relativamente superficial ou material argiloso com presença de areia.

5.3 Sistema Unitário

Para o sistema unitário SU foram feitas algumas supressões de serviços, tais como: escavação nas ruas que possuam coletores tronco em função do aproveitamento das valas desses, escoramento já computados no assentamento dos coletores tronco, devido às redes auxiliares para coleta dos esgotos sanitários estarem a uma profundidade máxima de 1,50m.

Serão acrescidos aos quantitativos do sistema de drenagem pluvial, os itens referentes a: escavação, reaterro, transporte e pavimentação apenas dos trechos onde não houver coletor tronco. A Figura 13 a seguir ilustra um corte transversal de uma vala destacando as posições relativas entre um coletor tronco e um duto auxiliar.

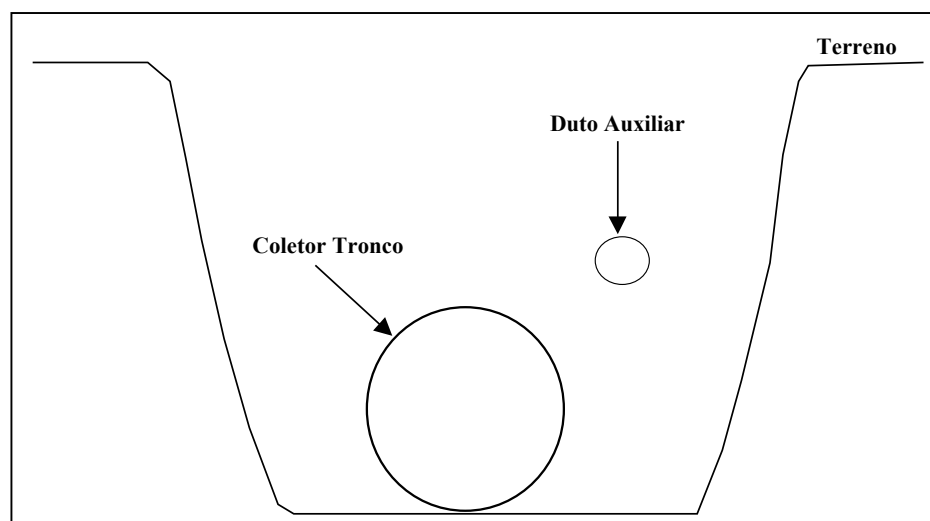


Figura 13: Corte transversal de uma vala no Sistema Unitário

Com relação aos Poços de Visita (PV), esses foram substituídos por Terminais de Limpeza (TL) a um custo muito inferior aos PVs convencionais. Para a interligação do duto auxiliar com o PV foi introduzido um conceito novo com a utilização de curva 45° em substituição ao Terminal de Inspeção e Limpeza (TIL) desenvolvido por CYNAMON, (1986).

A seguir nos Quadros 10, 11, 12 e 13 são apresentadas as Planilhas Orçamentárias dos sistemas de esgoto sanitário e drenagem pluvial do tipo separador absoluto e sistema unitário.

Quadro 10: Planilha Orçamentária de transformação de um sistema de drenagem do tipo separador Absoluto em sistema unitário

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA (Transformação para Sistema Unitário)

Folha: 01/01

Item	Descrição	Quant.	Un.	Preço Unit. R\$	Preço Total R\$
1	ESCAVAÇÃO				
1.1	Escavação manual de vala em material de 1ª categoria (areia, argila ou piçarra), até 1,50m de profundidade, exclusiva escoramento e esgotamento	7246	m³	10,80	78.256,80
2	REATERRO				
2.1	Reaterro de vala, compactado a maço, em camadas de 30cm de espes-sura máxima, com material de boa qualidade	7.112	m³	8,64	61.447,68
3	TRANSPORTE				
3.1	Carga, transporte e descarga do material excedente em caminhão basculante com capacidade útil de 8t a uma distância média de 5km	1.583	m³	1,85	2.928,55
4	PAVIMENTAÇÃO				
4.1	Demolição manual e recomposição de pavimentação asfáltica	6.038	m²	44,65	269.596,70
5	REDE COLETORA AUXILIAR				
5.1	Fornecimento e assentamento de tubulação de PVC rígido com junta elástica, com diâmetro de 150mm, compreendendo carga e descarga, colocação na vala, montagem e reaterro até a geratriz superior do tubo e teste hidrostático.	7.548	m	12,13	91.557,24
6	POÇO DE VISITA				
6.1	Terminal de Limpeza Φ 150mm, composto por duas curva 45°, toco e tampa de FºFº	93	un.	101,18	9.409,74
6.2	Curva 45° para interligação da rede coletora de esgoto com o PV	57	un.	37,09	2.114,13
8.0	TANQUE DE ACUMULAÇÃO				
8.1	Construção de Tanque de Acumulação em concreto armado fck = 150kg/m², impermeabilizado com Sika-I conforme indicação do fabricante e dotada de caixa de entrada conforme projeto	01	un.	93.795,69	93.795,69
9.0	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS				
9.1	Estação de Tratamento de Esgoto do tipo lodo ativado, pré fabricada com capacidade para 15 l/s	01	un.	190.000,00	190.000,00
				TOTAL	799.106,53

Quadro 1: Planilha Orçamentária do sistema de esgotamento sanitário do tipo separador absoluto

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA (Sistema de Esgoto Sanitário)

Folha: 01 / 01

Item	Descrição	Quant.	Un.	Preço Unit. RS	Preço Total RS
1	ESCAVAÇÃO				
1.1	Escavação manual de vala em material de 1ª categoria (areia, argila ou picarra), até 1,50m de profundidade, exclusive escoramento e esgotamento	5.253	m³	10,80	56.732,40
1.2	Escavação manual de vala em material de 1ª categoria (areia, argila ou picarra), de 1,50 a 3,0m de profundidade, exclusive escoramento e esgotamento	3.507	m³	13,89	48.712,23
1.3	Escoramento simples, fechado, de vala pouco profundidade, inclusive fornecimento de materiais peças de pinho	753	m²	17,30	13.026,90
2	REATERRO				
2.1	Reaterro de vala, compactado a maço, em camadas de 30cm de espessura máxima, com material de boa qualidade	8.596	m³	8,64	74.269,44
3	TRANSPORTE				
3.1	Carga, transporte e descarga do material excedente em caminhão basculante com capacidade útil de 8t a uma distância média de 5km	9.500	m³	1,85	17.575,00
4	PAVIMENTAÇÃO				
4.1	Demolição manual e recomposição de pavimentação asfáltica	6.385	m²	44,65	285.090,25
5	REDE COLETORA				
5.1	Fornecimento e assentamento de tubulação de PVC rígido com junta elástica, com diâmetro de 150mm, compreendendo carga e descarga, colocação na vala, montagem e reaterro até a geratriz superior do tubo e teste hidrostático.	7118	m	12,13	86.341,34
5.2	Fornecimento e assentamento de tubulação de PVC rígido com junta elástica, com diâmetro de 200mm, compreendendo carga e descarga, colocação na vala, montagem e reaterro até a geratriz superior do tubo e teste hidrostático	340	m	17,25	5.865,00
6	POÇO DE VISITA				
6.1	Terminal de Limpeza Ø composto por duas curvas 45°, toco de PVC e tampa de PPº	53	un.	72,15	3.823,95
6.1	Poço de visita para coletor de esgoto sanitário, em anéis de concreto pré-moldado, inclusive fornecimento de tampão completo de ferro fundido, com profundidade até 1,50m.	79	un.	422,00	33.338,00
6.2	Poço de visita para coletor de esgoto sanitário, em anéis de concreto pré-moldado, inclusive fornecimento de tampão completo de ferro fundido, com profundidade de 1,50 a 2,00m.	06	un.	476,21	2.857,26
6.3	Poço de visita para coletor de esgoto sanitário, em anéis de concreto pré-moldado, inclusive fornecimento de tampão completo de ferro fundido, com profundidade de 2,50 a 3,00m.	01	un.	587,73	587,73
7	ESTAÇÃO ELEVATORIA				
7.1	Estação Elevatória de Esgotocomposta de: casa de bomba, poço de acumulação, três conjuntos motor-bomba e quadro de comando	01	un.	85.000,00	85.000,00
10	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO				
10.1	Estação de Tratamento de Esgoto do tipo lodo ativado com capacidade para 15 l/s	01	un.	190.000,00	190.000,00
				TOTAL	903.219,50

Quadro 12: Planilha Orçamentária do sistema de drenagem do tipo separador absoluto

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA (Sistema de Drenagem)

Folha: 01/02

Item	Descrição	Quant.	Un.	Preço Unit. R\$	Preço Total R\$
1	ESCAVAÇÃO				
1.1	Escavação manual de vala em material de 1ª categoria (areia, argila ou piçarra), até 1,50m de profundidade, exclusive escoramento e esgotamento	4.189	m³	10,80	45.241,20
1.2	Escavação manual de vala em material de 1ª categoria (areia, argila ou piçarra), de 1,50 a 3,0m de profundidade, exclusive escoramento e esgotamento	6.330	m³	13,89	90.701,70
1.3	Escoramento simples, fechado, de vala pouco profundidade, inclusive fornecimento de materiais (peças de pinho de 3")	485	m²	17,30	8.390,50
2	REATERRO				
2.1	Reaterro de vala, compactado a maço, em camadas de 30cm de espessura máxima, com material de boa qualidade	4.442	m³	8,64	38.378,88
3	TRANSPORTE				
3.1	Carga, transporte e descarga do material excedente em caminhão basculante com capacidade útil de 8t a uma distância média de 5km	4.470	m³	1,85	8.269,50
4	PAVIMENTAÇÃO				
4.1	Demolição manual e recomposição de pavimentação asfáltica	5.463	m²	44,65	243.922,95
5	REDE COLETORA				
5.1	Fornecimento e assentamento de tubo de concreto simples classe C-1 para coletor de águas pluviais de 0,30m de diâmetro, aterro e soca até a altura da geratriz superior do tubo com junta de argamassa no traço 1:4	1.083	m	7,66	8.295,78
5.2	Idem, 0,40m de diâmetro	711	m	10,88	7.735,68
5.3	Idem, 0,50m de diâmetro	618	m	39,44	24.373,92
5.4	Fornecimento e assentamento de tubo de concreto armado, classe CA-1, para galerias de águas pluviais, com 0,60m de diâmetro, aterro e soca até a geratriz superior do tubo, com junta de argamassa no traço 1:4	297	m	50,98	15.141,06
5.5	Idem, 0,70m de diâmetro	375	m	67,01	25.128,75
5.6	Idem, 0,80m de diâmetro	124	m	81,21	10.070,04
5.7	Idem, 1,00m de diâmetro	294	m	111,65	32.825,10
5.8	Idem, 1,10m de diâmetro	96	m	171,94	16.506,24
5.9	Idem, 1,20m de diâmetro	340	m	191,51	65.113,40
6	POÇO DE VISITA				
6.1	Poço de visita de bloco de concreto 1,0 x 1,0m para coletor até Φ 500mm com profundidade até 1,5m	40	un.	587,34	23.493,60
6.2	Idem 1,3 x 1,3m para coletor de Φ 600 a 800mm com profundidade até 1,5m	06	un.	695,81	4.174,86
6.3	Idem 1,3 x 1,3m para coletor de Φ 600 a 800mm com profundidade de 1,5 a 2,0m	06	un.	1.141,07	6.846,42

Quadro 12: Planilha Orçamentária do sistema de drenagem do tipo separador absoluto

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA (Sistema de Drenagem)

Folha: 02/ 02

Item	Descrição	Quant.	Un.	Preço Unit. R\$	Preço Total R\$
6.4	Poço de visita em concreto armado 1,3 x 1,3m para coletor de Φ 600 a 800mm com profundidade de 2,0 a 2,5m	03	un.	1.797,37	5.392,11
6.5	Idem 1,6 x 1,6m para coletor de Φ 1.000 a 1.200mm com profundidade até 2,5m	06	un.	2.643,50	15.861,00
6.6	Idem 1,6 x 1,6m para coletor de Φ 1.000 a 1.200mm com profundidade de 2,5 a 3,0m	01	un.	2.911,63	2.911,63
7	BOCA DE LOBO				
7.1	Caixa de ralo de alvenaria de tijolo maciço de 0,30 x 0,90 x 0,90m, para águas pluviais, com boca de lobo de ferro fundido de 80kg	198	un.	147,00	29.106,00
7.2	Construção de calhas nos dois lados das ruas onde não existirem rede coletora de águas pluviais, incluindo demolição e recomposição de pavimentação, escavação e boca-fora	7112	m	38,75	275.590,00
				TOTAL	1.003.470,32

Quadro 13: Planilha Orçamentária do sistema unitário

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA (Sistema Unitário)

Folha: 01/02

Item	Descrição	Quant.	Un.	Preço Unit. RS	Preço Total RS
1	ESCAVAÇÃO				
1.1	Escavação manual de vala em material de 1ª categoria (areia, argila ou piçarra), até 1,50m de profundidade, exclusivo escoramento e esgotamento	3.318	m³	10,80	79.034,40
1.2	Escavação manual de vala em material de 1ª categoria (areia, argila ou piçarra), de 1,50 a 3,0m de profundidade, exclusivo escoramento e esgotamento	6.530	m³	13,89	90.701,70
1.3	Escoramento simples, fechado, de vala pouco profundidade, inclusive fornecimento de materiais (peças de pinho de 3ª)	485	m²	17,30	8.390,50
2	REATERRO				
2.1	Reaterro de vala, compactado a maço, em camadas de 30cm de espessura máxima, com material de boa qualidade	7.508	m³	8,64	64.869,12
3	TRANSPORTE				
3.1	Carga, transporte e descarga do material excedente em caminhão basculante com capacidade útil de 8t a uma distância média de 5km	5.021	m³	1,85	9.288,85
4	PAVIMENTAÇÃO				
4.1	Demolição manual e recomposição de pavimentação asfáltica	8308	m²	44,65	370.952,20
5	REDE COLETORA				
5.1	Fornecimento e assentamento de tubulação de PVC rígido com junta elástica, com diâmetro de 150mm, compreendendo carga e descarga, colocação na vala, montagem e reaterro até a geratriz superior do tubo e teste hidrostático.	7.458	m	12,13	90.465,54
5.2	Fornecimento e assentamento de tubo de concreto simples classe C-1 para coletor de águas pluviais de 0,30m de diâmetro, aterro e soca até a altura da geratriz superior do tubo com junta de argamassa no traço 1:4	1.083	m	7,66	8.295,78
5.3	Idem, 0,40m de diâmetro	711	m	10,88	7.735,68
5.4	Idem, 0,50m de diâmetro	618	m	39,44	24.373,92
5.5	Fornecimento e assentamento de tubo de concreto armado, classe CA-1, para galerias de águas pluviais, com 0,60m de diâmetro, aterro e soca até a geratriz superior do tubo, com junta de argamassa no traço 1:4	297	m	50,98	15.141,06
5.6	Idem, 0,70m de diâmetro	375	m	67,01	25.128,75
5.7	Idem, 0,80m de diâmetro	124	m	81,21	10.070,04
5.8	Idem, 1,00m de diâmetro	294	m	111,65	32.825,10
5.9	Idem, 1,10m de diâmetro	96	m	171,94	16.506,24
5.10	Idem, 1,20m de diâmetro	340	m	191,51	65.113,40

Quadro 13: Planilha Orçamentária do sistema unitário

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA (Sistema Unitário)

Folha: 02/ 02

Item	Descrição	Quant.	Un.	Preço Unit. RS	Preço Total RS
6	POÇO DE VISITA				
6.1	Terminal de Limpeza Φ 150mm. composto por duas curva 45°, toco e tampa de Fepo	93	un.	101,18	9.409,74
6.2	Curva 45° para interligação da rede coletora de esgoto com o PV	57	un.	37,09	2.114,13
6.3	Poço de visita de bloco de concreto 1,0 x 1,0m para coletor até Φ 500mm com profundidade até 1,5m	40	un.	587,34	23.493,60
6.4	Idem 1,3 x 1,3m para coletor de Φ 600 a 800mm com profundidade até 1,5m	06	un.	695,81	4.174,86
6.5	Idem 1,3 x 1,3m para coletor de Φ 600 a 800mm com profundidade de 1,5 a 2,0m	06	un.	1.141,07	6.846,42
6.6	Poço de visita em concreto armado 1,3 x 1,3m para coletor de Φ 600 a 800mm com profundidade de 2,0 a 2,5m	03	un.	1.797,37	5.392,11
6.7	Idem 1,6 x 1,6m para coletor de Φ 1.000 a 1.200mm com profundidade até 2,5m	06	un.	2.643,50	15.861,00
6.8	Idem 1,6 x 1,6m para coletor de Φ 1.000 a 1.200mm com profundidade de 2,5 a 3,0m	01	un.	2.911,63	2.911,63
7	BOCA DE LOBO				
7.1	Caixa de ralo de alvenaria de tijolo maciço de 0,30 x 0,90 x 0,90m, para águas pluviais, com boca de lobo de ferro fundido de 80kg	198	un.	147,00	29.106,00
7.2	Construção de calhas nos dois lados das ruas onde não existirem rede coletora de águas pluviais, incluindo demolição e recomposição de pavimentação, escavação e bola-fora	7112	m	38,75	275.590,00
8.0	TANQUE DE ACUMULAÇÃO				
8.1	Construção de Tanque de Acumulação em concreto armado $fck = 150kg/m^2$, impermeabilizado com SIK-A-1 conforme indicação do fabricante e dotada de caixa de entrada conforme projeto	01	un.	93.795,69	93.795,69
9	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA				
9.1	Estação Elevatória de Esgoto composta de: casa de bomba, poço de acumulação, três conjuntos motor-bomba e quadro de comando	01	un	85.000,00	85.000,00
10.0	ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS				
10.1	Estação de Tratamento de Esgoto do tipo todo ativado, pré fabricada com capacidade para 15 l/s	01	un	190.000,00	190.000,00
	TOTAL			1.662.587,46	

Os custos levantados nas planilhas orçamentárias referentes aos Quadros 10 a 13 inclusive, são apresentados no Quadro 14.

Quadro 14: Comparação de custos entre sistemas de esgotamento sanitários e drenagem pluvial do tipo separador absoluto e sistema unitário

ITEM	DESCRIÇÃO	Transf. em Sist. Unitário (R\$)	Esgoto Sanitário (R\$)	Drenagem Pluvial (R\$)	Sistema Unitário (R\$)
1	Escavação	78.256,80	118.471,53	144.333,40	178.126,60
2	Reaterro	61.447,68	74.269,44	38.378,88	64.869,12
3	Transporte	2.928,55	17.575,00	8.269,50	9.288,85
4	Pavimentação	269.596,70	285.090,25	243.922,95	370.952,20
5	Rede Coletora	91.557,24	92.206,34	205.189,97	295.655,51
6	Poço de Visita	11.523,87	40.606,94	58.679,62	70.203,49
7	Boca de Lobo	0,00	0,00	304.696,00	304.696,00
8	Tanque de Acumulação	93.795,69	0,00	0,00	93.795,69
9	Estação Elevatória	0,00	85.000,00	0,00	85.000,00
10	Estação de Tratamento	190.000,00	190.000,00	0,00	190.000,00
TOTAL (R\$)		799.106,53	903.219,50	1.003.531,72	1.662.587,46

Os custos apresentados acima se referem a sistemas hipotéticos, não representando a realidade local conforme descrito anteriormente com relação a alteração de cotas para reduzir o número de sub-bacias.

Os custos relativos a interferências, acessórios especiais ou acréscimo de comprimento ou profundidade de rede, não serão levados em conta quantitativamente mas obrigatoriamente serão considerados ao menos qualitativamente.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esgotamento Sanitário X Drenagem Pluvial

A variação de custos de implantação de sistemas de drenagem pluvial e esgotamento sanitário para pequenas comunidades é muito próxima de 10%, sendo que no presente estudo, além de serem considerados os itens descritos no capítulo anterior, também não foi considerado o custo da elaboração dos projetos integrados, visto que um sempre implicará ao outro uma série de interferências.

Para o sistema de esgotamento sanitário, as interferências são devidas aos grandes diâmetros da rede coletora do sistema de drenagem pluvial, além de suas interligações às bocas de lobo, que ocupam todo o espaço transversal das caixas das ruas. Já para o sistema de drenagem pluvial, as interferências são devidas as ligações domiciliares em ambos os lados da rede coletora, e para ambos, todos os cruzamentos das ruas.

A seguir a Figura 14, apresenta esquematicamente o posicionamento dos sistemas de drenagem pluvial e esgotamento sanitário próximo a um cruzamento de ruas.

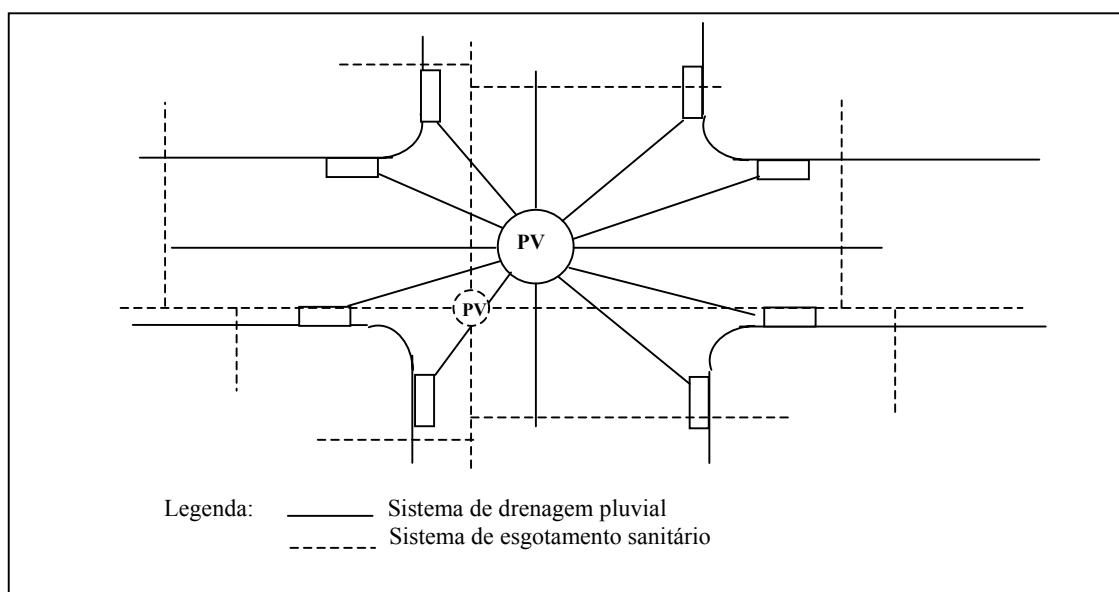


Figura 14: Posicionamento das redes coletoras

A seguir, a Figura 15 apresenta os custos comparativos entre os sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial, sem levar em consideração qualquer interferência entre os sistemas, devido a grande dificuldade de mensuração.

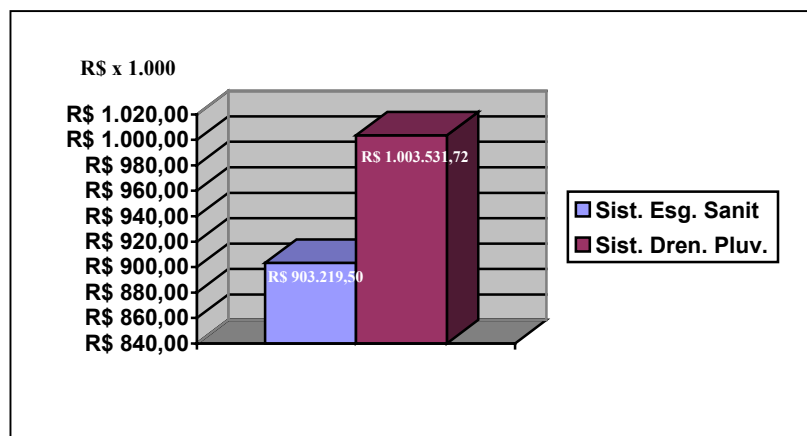


Figura 15: Comparação de custos entre Sistemas de Esgotos Sanitários e Drenagem Pluvial do tipo separador absoluto

Esta pequena diferença, próximo a 10%, se deve ao fato de vários trechos de ruas não serem dotados de rede coletora, apenas ralos e bocas de lobo em suas confluências, conforme projeto apresentado na Planta 02.

Na cidade de Belém/PA esta forma de projetar sistemas de drenagem pluvial, utilizando-se ao máximo os meio-fios como calhas coletoras, é muito difundido acarretando uma grande economia na implantação de um sistema tão oneroso como o de drenagem pluvial.

Apesar da grande busca de redução de custos de implantação de sistemas de drenagem pluvial, sem que seja abandonada a preocupação maior que é a segurança sanitária, o custo de sua implantação superou o custo de implantação do sistema de esgotamento sanitário.

O custo total para a implantação dos sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial foi de R\$ 1.906.751,22 (um milhão novecentos e seis mil setecentos e cinquenta e um reais e vinte e dois centavos), não considerado aqui, como descrito anteriormente os itens comuns aos sistemas, BDI e outros itens com baixos percentuais, que não justificariam seu levantamento. Além destes custos, não computados, existe o custo social de difícil mensuração.

Esgotamento Sanitário+Drenagem Pluvial X Sistema Unitário s/Tanque de Acumulação

O sistema aqui proposto abrange uma área relativamente pequena como é o objetivo do presente trabalho que basicamente acrescentou ao sistema de drenagem pluvial, redes auxiliares em todas as ruas da bacia, inclusive naquelas que não dispunham de redes coletoras de águas pluviais, apenas calhas nos meio-fios. Devido a ausência do tanque de acumulação – TA, todo o fluxo é lançado diretamente no corpo receptor.

A carga altamente poluente, referente ao primeiro fluxo apresenta uma grande concentração de matéria orgânica, metais pesados etc., devido a uma baixa vazão durante o tempo de estiagem, além do material depositado na rede, temos também a “lavagem” dos passeios e caixas de ruas, bem como das áreas com vegetação natural a montante da bacia ou sub-bacia em estudo, causando muitas das vezes danos irreparáveis.

A consideração acima é válida, mesmo para o presente trabalho que considera que a rede coletora do sistema unitário transportará única e exclusivamente efluentes de sistemas de tratamento de esgoto individuais ou condominiais.

Com relação aos custos de um sistema unitário, faremos aqui algumas comparações: inicialmente com relação aos custos de implantação dos sistemas de esgoto sanitário e drenagem pluvial do tipo separador absoluto com sistemas unitários sem e com tanque de acumulação – TA, e depois, partindo-se do princípio da existência de um sistema de drenagem do tipo separador absoluto, transformando-o em sistema unitário com a construção de um sistema de esgotamento sanitário também do tipo separador absoluto.

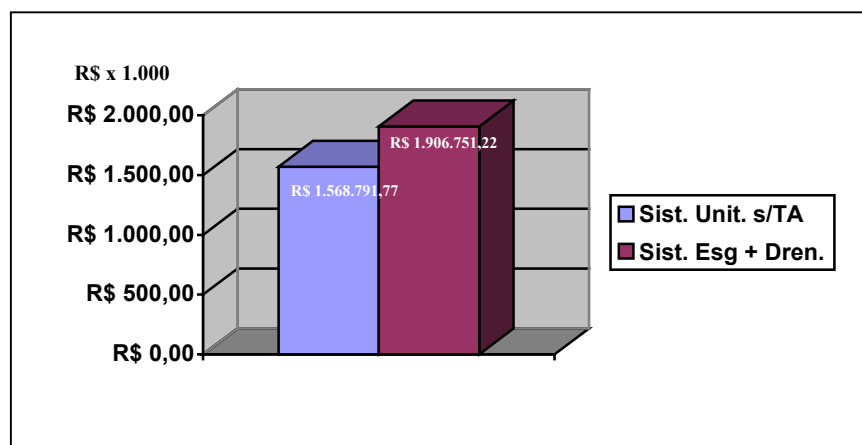


Figura 16: Comparação de custos entre Sistema Unitário sem Tanque de Acumulação e sistemas do tipo separador absoluto

Conforme mostrado na Figura 16 existe vantagem na transformação de um sistema de drenagem do tipo separador absoluto em SU e partido-se da premissa da existência de tratamento individual de todo o fluxo de águas servidas que chegam a rede coletora com eficiência superior a 65%, considerando então, a ETE do SU como responsável por um polimento durante o período de estiagem que corresponde a mais de 85% dos dias do ano.

O custo de implantação de um sistema unitário não dotado de tanque de acumulação – TA é 82,27% do custo de implantação de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial do tipo separador absoluto ou equivalentes a uma economia de R\$ 337.960,00 (trezentos e trinta e sete mil, novecentos e sessenta reais), valor que traria uma razoável economia a curto prazo à localidade e grande prejuízo no futuro, principalmente ao meio ambiente.

Esgotamento Sanitário+Drenagem Pluvial X Sistema Unitário c/Tanque de Acumulação

Com a implantação de tanque de acumulação – TA para que o sistema unitário seja capaz de armazenar o volume de água pluvial equivalente ao primeiro fluxo de chuva com intensidade máxima para um evento com tempo de retorno $Tr = 5$ anos, o custo passaria a ser de 87,20% da implantação de sistemas de drenagem pluvial e esgotamento sanitária do tipo separador absoluto, conforme Figura 17, desde que os projetos fossem elaborados de forma integrados para que mesmo se implantados em épocas diferentes, o primeiro crie o menor número de interferências possível à implantação do segundo. Não foram considerados aqui, os acréscimos referentes aos custos das soluções a serem adotadas para vencer as várias interferências conforme descritas no início do presente capítulo.

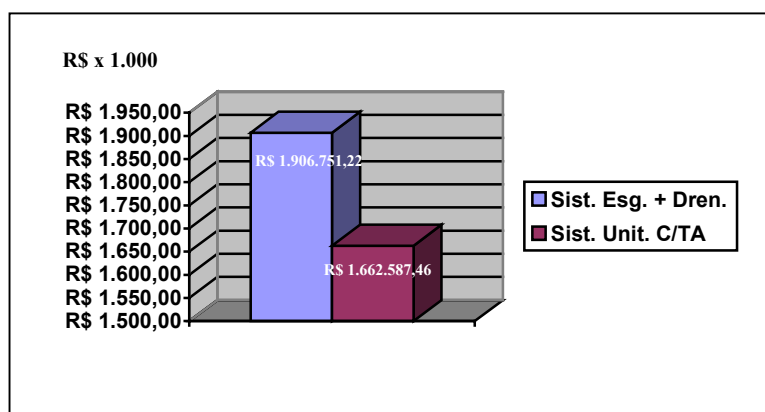


Figura 17: Comparação de custos entre Sistema Unitário com Tanque de Acumulação e sistemas do tipo Separador absoluto

Para que o tanque de acumulação tivesse capacidade para suportar uma vazão homogênea de um evento chuvoso característico para o tempo de recorrência de cinco anos, sua capacidade teria que passar de 900m^3 para 5.000m^3 com uma elevação de custo da ordem de R\$335.000,00 (trezentos e trinta e cinco mil reais), sendo necessária a implantação de pelo menos mais uma ETE com mesma capacidade do projeto de esgoto sanitário, elevando o custo em mais R\$190.000,00 (cento e noventa mil reais), para que o tanque de acumulação levasse aproximadamente 108 horas para seu total esvaziamento, além de equiparar os custos à implantação dos sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial do tipo separador absoluto.

Esta solução reduziria as ocorrências de transbordamentos, tornando o sistema quase que tão eficiente em termos de segurança sanitária quanto aos sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial funcionando como separadores absolutos, mas com valores praticamente iguais, não havendo assim nenhuma vantagem econômico financeira, a exceção da redução do custo social devido a implantação de dois sistemas em épocas distintas, o que acontece em quase sua totalidade das vezes.

Esgotamento Sanitário X Transformação em Sistema Unitário

Partindo-se da premissa da existência de um sistema de drenagem do tipo separador absoluto, temos duas opções, a primeira é a implantação de um sistema de esgotamento sanitário também do tipo separador absoluto, e a segunda seria a transformação do sistema de drenagem existente em sistema unitário.

A primeira opção além de ser mais onerosa mesmo não levando em consideração o custo relativo às superações das interferências, impõe um alto custo social devido às dificuldades construtivas e conseqüente elevação do tempo de execução.

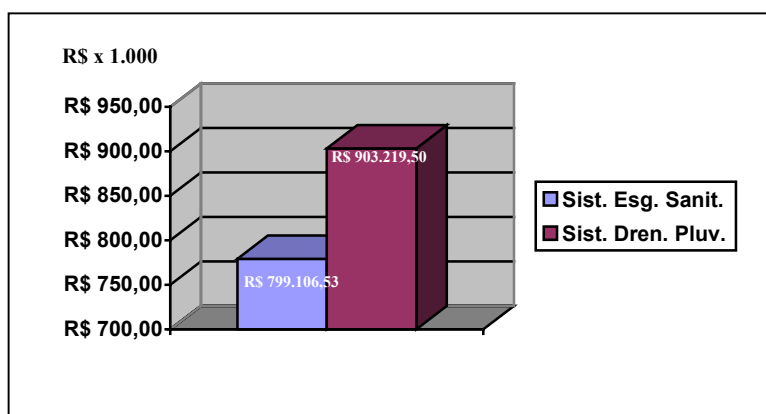


Figura 18: Comparação dos custos entre a transformação em Sistema Unitário e implantação de um sistema de esgoto

Assim como a segunda opção é menos onerosa, aproximadamente 88,47% com relação a primeira, o custo social também é muito inferior, uma vez que são aproveitados todos os componentes do sistema existente, acrescentando-se apenas os coletores secundários e seus acessórios para o recebimento dos esgotos já tratados e a planta de tratamento dotada de tanque de acumulação – TA.

Como pôde ser verificado na Figura 18, o custo da transformação de um sistema de drenagem pluvial em sistema unitário, acarretará um custo menor, mas ao mesmo tempo para que este tipo de transformação apresente suas vantagens, os esgotos de todas as economias deverão também ser dotadas de sistema de tratamento individual ou condominial, com uma eficiência superior a 65%, conforme anteriormente descrito.

7. CONCLUSÃO

A grande demanda reprimida por sistemas de saneamento básico (água, esgoto, drenagem e lixo), nos coloca frente a um problema crucial que é o de reduzir esta demanda sem dispor de recursos suficientes para a implantação de um projeto completo. Quando são disponibilizados recursos, estes são tão pulverizados que normalmente não é possível executar sequer uma etapa completa de um sistema.

As várias situações em que se defronta um projetista na elaboração de um projeto estão ligadas a escolha da melhor alternativa para a implantação de um projeto, buscando um equilíbrio entre custo e nível de segurança sanitária e ambiental. O grande problema é que eles são diretamente proporcionais, ou seja, quanto maior o investimento, maior será o nível de segurança sanitária e ambiental.

A seguir a Figura 19 apresenta os custos relativos, referentes aos itens abaixo relacionados conforme anteriormente descritos referentes às várias opções de sistemas.

- Escavação;
- Escoramento;
- Retirada e recomposição de pavimentação;
- Tubulações;
- Acessórios;
- Reaterro;
- Tanque de acumulação; e
- Estação de tratamento de esgoto.

Na Figura 19, as barras diferenciadas por cores estão relacionadas a itemização de “a” até “f” referentes aos custos de algumas das situações que podemos nos deparar quando de um estudo de viabilidade técnica e econômica na implantação de sistemas de esgotamento sanitário e/ou drenagem pluvial, indo desde a transformação de um sistema de drenagem do tipo separador absoluto em sistema unitário, passando pela implantação de sistemas de drenagem pluvial e esgotamento sanitário do tipo separador absoluto, concomitantemente, até a recuperação de sistemas de drenagem trabalhando como sendo sistemas unitários.

A seguir são descritas as situações cujos custos relativos estão apresentados na Figura 19 acima referentes a:

- Implantação de sistemas de esgotamento sanitário e drenagem pluvial do tipo separador absoluto, concomitantemente, item “a”;
- Implantação de sistema unitário sem e com tanque de acumulação, itens “b” e “c”, respectivamente;
- Transformação de um sistema de drenagem do tipo separador absoluto em sistema unitário sem e com adoção de tanque de acumulação, itens “d” e “e”, respectivamente; e
- Recuperação de um sistema erroneamente denominado de sistema unitário “f”.

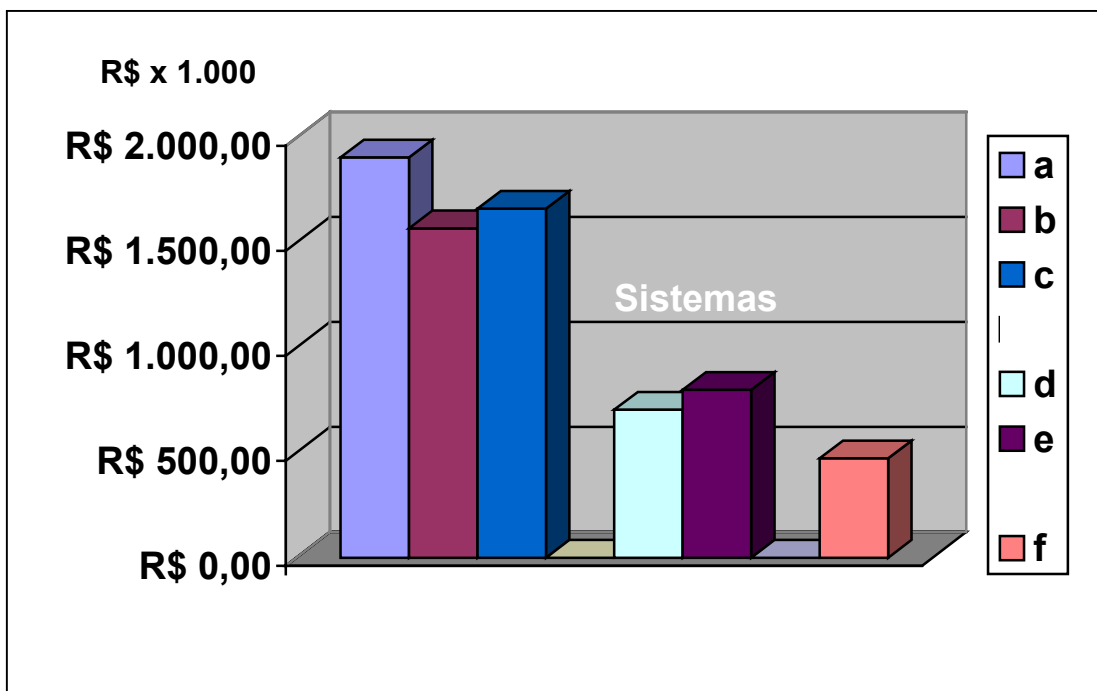


Figura 19: Custos das várias opções de sistemas

a. Implantação de sistemas de Esgoto Sanitário e Drenagem Pluvial do tipo separador absoluto

Em localidade que não disponham de nenhum sistema de esgotamento sanitário e de drenagem pluvial, e que a opção seja pela implantação de ambos com funcionamento do tipo separador absoluto.

Obs.: Para que seja mantida a presente proporcionalidade e os custos de implantação não sofram acréscimos desnecessários, os projetos dos

sistemas de esgotos sanitários e drenagem pluvial deverão ser integrados evitando-se ao máximo interferências que em muitos casos obrigam até a adoção de estações elevatórias.

b. Implantação de Sistema Unitário sem adoção de Tanque de Acumulação

Nos casos em que não exista nenhum sistema implantado de esgoto sanitário e drenagem pluvial, e onde as economias dispõem de sistemas de tratamento individual ou coletivo, com baixa eficiência e em localidades costeiras com possibilidade de utilização de emissários submarinos, onde o esgoto lançado, normalmente sofreu apenas um tratamento a nível primário, ou seja, retirada de sólidos grosseiros e areia.

Obs.: Nesta situação, durante o período de estiagem, todo o esgoto coletado é novamente tratado dando assim condição de seu lançamento no mar por intermédio de um emissário, mas durante os eventos chuvosos, ocorrerão períodos de não balneabilidade devido a ocorrência de CSO.

c. Implantação de Sistema Unitário dotado de Tanque de Acumulação

Nos casos em que não exista nenhum sistema implantado de esgoto sanitário e de drenagem pluvial, onde as economias disponham de tratamento individual ou coletivo com baixa eficiência e, em localidades costeiras com uma maior exigência da balneabilidade ou sendo interioranas, para que seja atingida a eficiência requerida para lançamento no corpo receptor conforme Resolução CONAMA nº 20/86.

Obs.: Com a adoção do Tanque de Acumulação ficam reduzidos os casos de CSO a períodos chuvosos com intensidade ou duração superiores a $T_R = 5$ anos.

d. Transformação de um sistema de drenagem pluvial em Sistema Unitário, sem Tanque de Acumulação

Uma localidade dotada de sistema de drenagem pluvial do tipo separador absoluto cujas economias disponham de sistemas de tratamento individual ou em grupos, com boa eficiência quanto a classificação do corpo receptor, segundo a Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986, e que seus efluentes não estejam conectados a nenhum sistema.

Obs.: Durante todo o período de estiagem, o fluxo que chega ao sistema coletor é tratado uma segunda vez, podendo nesta condição ser considerada como um polimento antes de seu lançamento no corpo receptor.

e. Transformação de um sistema de drenagem em Sistema Unitário, dotado de Tanque de Acumulação

Na existência de sistema de drenagem pluvial do tipo separador absoluto cujas economias disponham de sistema de tratamento de esgoto individual ou em grupo, não conectados a um sistema coletor e que apresenta baixa eficiência em relação a classificação do corpo receptor, segundo a Resolução CONAMA nº 20/86.

Obs.: Com a implantação de um Tanque de Acumulação – TA com capacidade para receber um volume equivalente a um evento chuvoso de intensidade máxima para um TR = 5 anos, durante pelo menos os primeiros cinco minutos, só permitindo a sobrecarga do sistema CSO quando da ocorrência de chuvas de maior intensidade ou duração.

f. Recuperação de um sistema erroneamente denominado de Sistema Unitário

Nas comunidades que disponham de sistemas de drenagem pluvial com lançamento de esgotos sanitários com ou sem tratamento, não sendo assim considerado como do tipo separador absoluto ou sistema unitário e não disponham de qualquer sistema coletor de esgotos sanitários.

Obs.: Nestas condições são implantados um Tanque de Acumulação – TA e duas Estações de Tratamento de Esgoto ETEs de forma que a primeira ETE funcione durante todo o período e a segunda, com entrada em operação toda vez que ocorrerem eventos chuvosos, fazendo com que a vazão de chuvas de baixa intensidade sejam totalmente tratadas, ou seja, sem ocorrência de CSO, enquanto não houverem chuvas de intensidade superior a TR = 5 anos, e se houver, o transbordamento será de uma mistura de águas pluviais e esgoto sanitário tratado a nível secundário.

As seis opções englobam a maioria das situações existentes nos municípios brasileiros, a exceção da implantação de sistemas de esgotamento sanitário ou drenagem

pluvial na existência de um deles com custos extras em função dos projetos terem sido elaborados em épocas distintas e com ocorrência de interferências que encarecem sobremaneira suas implantações.

Um custo não considerado no presente trabalho se refere ao “*custo social*” quando da implantação de sistemas de drenagem pluvial e esgotamento sanitário do tipo separador absoluto, devido a abertura de valas, desvios de tráfegos com fechamento temporário de ruas, não permitindo acesso dos carros para as residências assim como lucros cessantes nas áreas comerciais e os transtornos causados em seu dia a dia, além da poluição visual que se repetem em épocas distintas.

Podemos ainda citar como pontos negativos do Sistema Unitário:

- necessidade de série histórica de dados pluviométricos que quase nunca correspondem a área estudada, no máximo na mesma bacia hidrográfica;
- os eventos chuvosos são aleatórios e podem ocorrer em intensidades superiores a de projeto consecutivamente, com risco de ocorrência CSO superiores aos previstos;
- em pelo menos 90% do tempo, os coletores tronco de grande diâmetros estarão transportando uma pequena linha de corrente referente ao esgoto sanitário;
- a substituição de trecho(s) danificado(s) ou desgastado(s) pelo tempo sempre mais cara que o sistema de esgoto convencional;
- o risco de odores nos pontos de captação de águas pluviais (bocas de lobo etc.) não pode ser totalmente descartado.

Como pontos positivos, a utilização de sistemas unitários em uma das formas estudada, podemos citar:

- custo de implantação inferior em todas as situações, quando referenciadas a implantação dos sistemas de esgotos sanitários e drenagem pluvial mesmo em se tratando de projetos integrados;
- a disposição de dados pluviométricos impinge ao sistema unitário o mesmo grau de segurança de um sistema de drenagem pluvial, com referência a ocorrência de chuvas superiores à capacidade do projeto;
- em pelo menos 90% do tempo, o sistema funcionará como projetado, visto que os dias secos em relação aos dias chuvosos estão dentro dessa proporção.

A segurança do sistema está diretamente relacionada a capacidade de investimento ou endividamento, onde quanto maior o investimento, mais seguro o sistema será, mas em função da falta total dos sistemas de esgotamento sanitário e de drenagem pluvial, assim como recursos suficientes para a implantação de ambos, será possível a adoção de um sistema que não garanta a segurança sanitária com o grau de sistemas separadores absolutos, mas a um grau de segurança menor que, ao menos proporcione uma qualidade de vida aceitável frente a disponibilidade de recursos para investimento e mesmo da decisão em se promover alguma intervenção para aos menos amenizar a situação presente.

Não há pretensão, no presente trabalho, de impor uma nova forma de pensar ou agir, mas abrir novas opções para o enriquecimento das alternativas tanto na implantação de projetos, seja em locais que nunca sofreram qualquer intervenção, quanto em locais que já existam sistemas de drenagem pluvial do tipo separador absoluto ou que, por alguma razão tenha deixado de atender às suas funções precípuas.

Finalizando, todos os sistemas aqui apresentados apresentam vantagens e desvantagens, sendo seus pontos positivos e negativos influenciados por uma maior ou menor intensidade em função do estudo correto de todas as variantes e escolha da melhor opção para a área em estudo, equilibrando grau de eficiência ou nível de segurança sanitária e ambiental requerida à disponibilidade de recursos para implantação, operação e manutenção do sistema.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEM, P. S., TSUTIYA, M. T. Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário, 1ª ed. Ed. WinnerGraph, 1999

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648** Estudo de Concepção de Sistemas de Esgoto Sanitário: Rio de Janeiro, nov/1986

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649** Projeto de Rede Coletora de Esgoto Sanitário: Rio de Janeiro, nov/1986

BRASIL, Departamento Municipal de Água e Esgoto – DMAE. Disponível em: <<http://www.portoalegre.rs.gov.br/dmae/dados.htm>> Acesso em: jun/2000.

BRASIL, Fundação Geo-Rio, Disponível em: <<http://rio.rj.gov.br>> Acesso em: jun/2001

BRYAN, E.H. “*Quality of Stormwater Drainage from Urban Land.*” Presented at the 7th Amer. Water Resources Conf., Washington, DC, October 8, 1971.

CALAMITA, F. P. *Negotiating CSO Permits and Orders.* Disponível em: <<http://www.csop.com/articles-publications/Handbook/SESSION4.htm>> Acesso em: ago/1999

CYNAMON, S. E. Sistema não Convencional de Esgoto Sanitário a Custo Reduzido para Pequenas Coletividades e Áreas periféricas, 2ª Edição Ed. Cadernos de Saúde Pública, 1986

CYWIN A. and ROSENKRANS, W. A. “*Storm and Combined Sewer Research and Development.*” In Amer. Soc. Civil Eng. Annual and Environmental Meeting, Meeting Preprint 1039, October 13-17, 1969

DOBBINS, W. E. “*Quantity and Composition of Storm Sewage Overflows*” Papers presented at Metropolitan Section, Amer. Soc. Civil Eng. Div. Symp., New York University, Bronx, NY, April 17, 1962

Environment Protection Agency – EPA. Disponível em: <<http://www.lake.onondaga.ny.us/newstreet.htm>>. 1999. Acesso em: jun/2000

FARIA C. M. Saneamento da Praia de Ipanema. In: XIV Assembléia Nacional da ASSEMAE, anais da XXIV assembléia, 1997, Brasília DF.

FEACHEM, R. G. Et al. *Sanitation and Disease Health Aspects of Excreta and Wastewater Management*, 1983, Ed. John Wiley & Sons, 501p,

FIELD, R. *Storm and Combined Sewer Overflow: An Overview of EPA’s Research Program.* EPA/600/8-89/054 (NTIS PB 90-187 006). Cincinnati, OH: EPA, 1990

FIELD, R.; FAN, C. Y., *Industrial Reuse of Urban Stormwater.* J. Environmental

Engineering. v.107 n.1, p.171,1981.

FIELD, R.; TURKELTAUB, R. *Urban Runoff Receiving Water Impacts – Program Overview*. J. Environmental Eng. Div. V. 107 n.1, p.:83 ,1981.

GUIMARÃES, A. S. Manual de Projetos de Pequenos Sistemas de Esgotamento Unitário, Rio de Janeiro, Jun/1999. 103p

HAYES, SEAY, MATTERN & MATTERN – Architects and Engineers. *Engineering Investigation of Sewer Overflow Problems-Roanoke, Virginia*, 11024 DMS 05/70 (NTIS PB 195 201). Washington, DC: EPA, 1970.

HEANEY, J. P., HUBER, LENMAN, M. E., *Nationwide Assessment of Receiving Water Impacts from Urban Stormwater Pollution*, Vol. I, EPA – 600/2-81-025 (NTIS PB 81/161 812). Cincinnati, HO: EPA, 1980.

JORDAN, E.C. *Company. Combined Sewer Overflow Toxic Pollutant Study*. EPA-440/1-84/304. (NTIS PB 84-207687. Washington, DC, EPA, 1984.

KRUPA, F. *Paris: Urban Sanitation Before the 20th Century*, dez/1991. Disponível em: <<http://www.uakron.edu/hfrance/history.html>> Acesso em: ago/1999.

LAGER, J. A.,SMITH, W. G., TCHOBANOGLOUS *Catchbasin Technology Overview and Assessment*, EPA-600/2-77-051. (NTIS PB 270 092). Cincinnati, OH: EPA, 1977.

MANAGING WASTEWATER, *In Coastal Urban Areas*, Washington D.C., National Academy of Sciences,p. 309, 1983.

METCALF and EDDY, Inc. *Storm Water Problems and Control in Sanitary Sewers – Oakland and Berkley*, 11024 EQG 03/71 (NTIS PB 208 815). Washington, DC: EPA, 1971.

PITT, R. and BOZEMAN, M. *Sources of Urban Runoff Pollution and 1^{TS} Effects on an Urban Creek*, EPA-600/2-82-090 (NTIS PB 83-111 021). Cincinnati, OH: EPA, 1982

PTFAFSTETTER, O. *Chuvas Intensas no Brasil*, 2^a, ed. Rio de Janeiro, DNOS. 426p, 1982.

STEPHEN, J. E. Strategic Research Directions. nov/1996 Disponível em: <<http://www.epa.gov/ednrmrl/repository/wwfplan/wwfrp109.htm>> Acesso em: ago/2000

WELKER et al, 1990. *Effects of Integrated Stormwater Management Strategies on the Combined Sewer System and the Wastewater Treatment Plant – River System*. Water Science Technology v. 39, n.2 p 151-157, 1999