

QUALIDADE DA DRENAGEM PLUVIAL URBANA

Dissertação apresentada como um dos requisitos para obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL pelo curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento no Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

AUTOR: CARLOS NOBUYOSHI IDE

ORIENTADOR: PROF. DR. SÉRGIO JOÃO DE LUCA

COMISSÃO EXAMINADORA:

- Prof. Dr. Sérgio João de Luca
- Prof. Dr. Curt Sommer
- Prof. Dr. Amadeu da Rocha Freitas

MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E CULTURA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HIDRÍCOS E SANEAMENTO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

QUALIDADE DA DRENAGEM PLUVIAL URBANA DA BACIA DOS AÇORIANOS,
PORTO ALEGRE - RS

CARLOS NOBUYOSHI IDE

PORTO ALEGRE
DEZEMBRO/1984

À MARGARĒ, minha futura esposa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho, e em especial:

ao professor Dr. Sérgio João de Luca, pela segura e eficiente orientação desta pesquisa, e incansável apoio dispensado ao longo do trabalho.

ao professor Amadeu da Rocha Freitas, pelo estímulo às causas do saneamento,

aos professores Carlos Tucci, Julio Sanchez e Luis Monteggia, pelas sugestões apresentadas,

aos colegas Carlos Mello Garcias, Henry Corseuil, Jorge Gonda, Marcos Leão e Mauro Polizer pela amizade, apoio e incentivo desde o início do curso,

ã Eng. Química Carmem Castro, ao Biólogo David Marques, a técnica de laboratório Mara Domingues, ao técnico em Recursos Hídricos Álvaro Frantz, ao Sr. Gregório da Silva e a Servente Eva da Silva, pela constante atenção, colaboração e companheirismo durante todo o trabalho,

ao técnico em Recursos Hídricos Renato de Carlos, pelo apoio na obtenção da bacia de estudo,

as bibliotecárias Jussara Silva e Jussara Barbieri, pela eficiência e boa vontade no atendimento,

ao estagiário Geraldo Zanette, pelo grande auxílio nas fases que envolveram o uso do computador,

ã professora Hedy Hofmann, pelos trabalhos de tradução,

ã Nara Haeser, pelo serviço de datilografia,

ao desenhista Olázio, pelos serviços de desenho,

aos hidrotecnicos Agustin e Jorge, pelos serviços de topografia,

as secretárias e funcionários do IPH, sempre solícitos,

ao Luiz Fernando Cybis e Jorge Luis Steffen e demais colegas, pelo companheirismo,

ao Centro de Ecologia do Instituto de Biociências - UFRGS, pelas análises de metais pesados,

aos funcionários, Kleo, Raimundo e Bete do 8º Distrito de Meteorologia, pelas informações prestadas,

ao DEP, DMA, DMAE, DMLU, SMT, SPM, SSMA, pela atenção dispensada,

a UFMS, pela oportunidade de realizar este trabalho,

e a minha família, minha futura sogra e minha noiva, pelo carinho e incentivo, a minha mais profunda admiração e respeito.

RESUMO

Uma área com médio fluxo de veículos, localizada em Porto Alegre - RS, foi selecionada para avaliar a qualidade da drenagem pluvial. Informações sobre a quantidade de precipitação, de flúvio e características físicas, químicas e microbiológicas da água do escoamento pluvial, foram obtidas entre janeiro e julho de 1984. Neste período foram monitoradas sete chuvas individuais na Bacia dos Açorianos, sendo coletadas amostras para avaliação da qualidade da drenagem pluvial urbana. Os dados coletados mostram que a primeira lavagem, nos primeiros minutos de escoamento, pode contribuir significativamente para a deteriorização da qualidade de um corpo receptor. A carga poluidora anual produzida pelo escoamento pluvial urbano pode ser maior que a de um efluente de uma estação de tratamento de esgotos domésticos.

ABSTRACT

An area with average traffic flow, located in Porto Alegre, state of Rio Grande do Sul, Brazil, was chosen for the assessment of storm drainage quality. Information concerning amount of rainfall, runoff and physical, chemical and microbiological characteristic of the stormwater runoff water was obtained for January to July 1984. During this period individual rainfalls were monitored in the Açorianos Catchment, and samples were collected to assess the quality of the urban storm drainage water. Data showed that the first flush, during the first few minutes of runoff can contribute significantly to the deterioration in the quality of receiving water body. The annual load of pollutants is greater than that caused by the effluent of a domestic sewage treatment plant.

S U M Á R I O

RESUMO	VII
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE TABELAS	XIV
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 - TRABALHOS ANTERIORES	5
2.2 - FATORES QUE INFLUENCIAM A PRODUÇÃO E DISTRI- BUIÇÃO DE POLUENTES	14
2.2.1 - CONDIÇÕES GEOGRÁFICAS	14
2.2.2 - NATUREZA OU TIPO DE VEGETAÇÃO	16
2.2.3 - NATUREZA DE OCUPAÇÃO	16
2.2.4 - PORCENTAGEM DE ÁREA HIDRAULICAMENTE IMPERMEÁVEL	17
2.2.5 - TIPOS E CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE DA RUA	18
2.2.6 - TRÁFEGO DIÁRIO	20
2.2.7 - FREQUÊNCIA DE VARRIÇÃO DE RUAS E COLETA DE LIXO	22

2.2.8 - INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO E TEMPO DECORRIDO DESDE A CHUVA ANTERIOR	24
2.2.9 - CARACTERÍSTICA GERAL DA POLUIÇÃO DO AR	26
2.3 - QUALIDADE DA ÁGUA DE ESCOAMENTO PLUVIAL URBANO	27
2.4 - CONTROLE DE POLUIÇÃO DO ESCOAMENTO PLUVIAL URBANO	30
3. METODOS E PROCEDIMENTOS	32
3.1 - BACIA PESQUISADA	32
3.1.1 - SELEÇÃO DA BACIA	32
3.1.2 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DE PORTO ALEGRE	34
3.1.3 - BACIA DOS AÇORIANOS	38
3.2 - MEDIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO	40
3.3 - MEDIÇÃO DA VAZÃO	41
3.3.1 - DESCRIÇÃO DA CALHA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO "SIN CUELLO"	41
3.3.2 - PRINCIPIOS DE OPERAÇÃO	45
3.3.2.1 - FLUXO LIVRE	45
3.3.2.2 - FLUXO SUBMERGIDO	46
3.3.3 - EQUAÇÕES DE DESCARGA	47
3.3.3.1 - FLUXO LIVRE	47
3.3.3.2 - FLUXO SUBMERGIDO	49
3.3.4 - DETERMINAÇÃO DA VAZÃO	53
3.3.5 - SELEÇÃO DO MEDIDOR	53
3.3.5.1 - DIMENSÕES DO MEDIDOR SC ADOTADO	54
3.3.6 - MATERIAL EMPREGADO NA CONSTRUÇÃO DO MEDIDOR	58

3.3.7 - MÉTODO UTILIZADO PARA MEDIÇÃO DO NÍVEL DO MEDIDOR	58
3.4 - AMOSTRAGEM DO ESCOAMENTO	58
3.4.1 - MÉTODO DE COLETA	59
3.4.2 - FREQUÊNCIA DE AMOSTRAGEM	60
3.4.3 - FREQUÊNCIA DE VARRIÇÃO	61
3.5 - ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS.	62
3.6 - SISTEMA DE CONTROLE DOS DADOS	64
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
4.1 - ANÁLISE DE REGRESSÃO E CORRELAÇÃO	68
4.2 - QUALIDADE DO FLUXO DE BASE	69
4.3 - QUALIDADE DO ESCOAMENTO PLUVIAL	70
4.3.1 - ASPECTOS FÍSICOS	70
4.3.2 - METAIS PESADOS	72
4.3.3 - POLUENTES INORGÂNICOS	73
4.3.4 - NUTRIENTES	73
4.3.5 - POLUIÇÃO ORGÂNICA	74
4.3.6 - ASPECTOS BACTERIOLÓGICOS	76
4.4 - POLUTOGRAMA	76
4.5 - COMPARAÇÃO ENTRE A CARGA DE POLUENTES PRODUZIDAS PELA DRENAGEM PLUVIAL E ESGOTO SANITÁRIO	81
4.6 - EFEITOS SOBRE O CORPO RECEPTOR	84
4.7 - INFLUÊNCIA DO TEMPO DECORRIDO DESDE A CHUVA ANTERIOR	85
4.8 - VARIÇÃO SAZONAL	86
4.9 - COMPARAÇÃO COM RESULTADOS DE TRABALHOS ANTERIORES	86

4.10 - MEDIDAS PARA CONTROLE DE QUALIDADE DA DRENAGEM PLUVIAL URBANA	92
4.10.1 - CONTROLE DAS FONTES	92
4.10.2 - LIMPEZA ADEQUADA E FREQUENTE DOS SÓLIDOS DEPOSITADOS NOS SISTEMAS DE ESGOTOS PLUVIAIS	93
4.10.3 - SISTEMA DE ESGOTAMENTO	93
4.10.4 - EDUCAÇÃO	94
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	95
5.1 - CONCLUSÕES	95
5.2 - RECOMENDAÇÕES	99
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
7. ANEXOS	110
7.1 - RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS DAS ÁGUAS DO ESCOAMENTO PLUVIAL	111
7.2 - PRECIPITAÇÃO E DEFLÚVIO DOS EVENTOS APROVEITADOS PARA AMOSTRAGEM	123
7.3 - POLUTOGRAMA DOS CONSTITUINTES DA DRENAGEM PLUVIAL DA BACIA DOS AÇORIANOS, DA CHUVA DO DIA 03/07/84	129

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
FIGURA 2,1 - Efeito da mudança do solo nas características do escoamento pluvial	19
FIGURA 3,1 - Planta topográfica e Rede de Drenagem Pluvial da Bacia dos Açorianos	39
FIGURA 3,2 - Esquema do pluviômetro utilizado	42
FIGURA 3,3 - Diagrama esquemático do medidor SC	44
FIGURA 3,4 - Relação entre a submersão transitória, St , e o comprimento L , do medidor SC	48
FIGURA 3,5 - Coeficiente de comprimento para fluxo livre, K e o expoente de fluxo livre, n , com relação ao comprimento, L , do medidor SC ...	50

FIGURA 3,6 - Coeficiente de comprimento para fluxo submergido K_s , e o expoente de fluxo submergido, n_s , com relação ao comprimento L , do medidor SC	52
FIGURA 3,7 - Dimensões do medidor SC utilizado	56
FIGURA 3,8 - Posicionamento do medidor SC no poço de visita	57
FIGURA 4,1 - Concentração e carga acumulada da DQO no escoamento da chuva do dia 03/07/84	78

LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
TABELA 2,1 - Principais fontes de poluentes normalmente detectados no escoamento pluvial	15
TABELA 2,2 - Qualidade da água de escoamento pluvial, esgoto doméstico e água potável	29
TABELA 3,1 - Dados climáticos de Porto Alegre	37
TABELA 3,2 - Características da Bacia dos Açorianos ..	40
TABELA 3,3 - Relação dos parâmetros de qualidade da água do escoamento pluvial urbano estudados e técnicas analíticas utilizadas	63
TABELA 4,1 - Concentrações dos constituintes da drenagem pluvial da Bacia dos Açorianos	66

	PÁGINA
TABELA 4.2 - Descrição dos eventos(chuva) monitorados	67
TABELA 4.3 - DATA/HORA da coleta das amostras	68
TABELA 4.4 - Resultados da análise de regressão e correlação	69
TABELA 4.5 - Concentrações médias dos constituintes do escoamento vs tempo	79
TABELA 4.6 - Fatores de conversão	81
TABELA 4.7 - Carga anual de poluentes produzidos pelo esgoto doméstico tratado e drenagem pluvial	83
TABELA 4.8 - Concentrações médias dos constituintes do escoamento pluvial de chuvas individuais	
TABELA 4.9 - Variação sazonal dos constituintes do escoamento pluvial	
TABELA 4.10 - Comparação dos resultados obtidos na bacia dos Açorianos e nos trabalhos anteriores	

1 - INTRODUÇÃO

O considerável aumento das concentrações urbanas, aliado ao desenvolvimento industrial observado nas grandes cidades e regiões metropolitanas, passou a gerar grande variedade e quantidade de poluentes para os corpos d'água e o ar.

As águas de drenagem pluvial de áreas urbanas são fonte dos mais diversos poluentes, incluindo metais pesados, que foi provado, concentram-se em espécies biológicas e sedimentos e alguns hidrocarbonetos derivados de petróleo que são conhecidos carcinogênicos e mutagênicos. (FIELD & TURKELTAUB, 1981).

Ultimamente tem-se verificado precipitações de chuvas ácidas em regiões desenvolvidas e até em locais mais remotos do mundo, como nos Alpes. Em algumas regiões, a poluição já atingiu os limites toleráveis. (EPA, 1980 e Algo está no ar..., 1980).

O controle da poluição e o tratamento da água do escoamento pluvial provenientes de áreas urbanas tem importância cada vez maior. Este fato é notório, quando grande soma de dinheiro e esforço estão sendo dispendidos para tratar o esgoto doméstico e industrial, sem o verdadeiro reconhecimento do impacto gerado pela água de escoamento pluvial urbano nos corpos receptores.

A necessidade deste estudo é reforçada pelos múltiplos fins da água em nossa vida social e industrial. Além de servir para o abastecimento doméstico, os recursos hídricos são aproveitados para outros usos como: matéria prima para indústrias, preservação da flora e fauna (fonte de proteínas), recreação, irrigação, dessedentação de animais, geração de energia elétrica, transporte e diluição de despejos.

Devido a deterioração ou escassez de seus recursos hídricos algumas cidades de outros países já utilizam as águas do escoamento pluvial urbano como uma fonte alternativa de abastecimento após um tratamento adequado. No futuro, algumas cidades brasileiras talvez necessitem fazer uso dessas águas para o seu abastecimento.

Na década passada foi dedicado um esforço muito grande nos Estados Unidos para identificar e avaliar as fontes não pontuais (difusas) de poluição. Entre outros fatores, isto deveu-se à emenda de número 208, aprovada pelo Congresso norte-americano em 1972, que preconizava o planejamento da qualidade da água em grandes áreas.

O conhecimento da qualidade e da quantidade de poluentes, que se pode esperar de vários tipos de uso do solo por ocasião de uma dada chuva, é de grande valor em estágio preliminar de planejamento. Isto gerou interesse em torno do assunto não só nos Estados Unidos como também nos países da Europa.

No Brasil a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, dispõe a Política Nacional do Meio Ambiente. Ela tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia

ã vida, visando assegurar, no país, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e a proteção da dignidade da vida humana. Esta lei deveria dar maior atenção as cargas poluidoras provenientes de áreas urbanas carreadas pelo escoamento de águas das chuvas.

Recentemente estudos mais definitivos de qualidade - quantidade tem sido conduzido, num esforço para melhor definir a poluição produzida pela chuva. Eles mostram que a chuva arrasta consigo poluentes do ar, de superfícies edificadas e de outras superfícies como ruas, calçadas, parques, estabelecimentos e jardins.

Colocado de uma maneira simples o problema se apresenta da seguinte maneira: Quando uma cidade toma banho, qual é a carga poluidora produzida e o que fazer com essa água suja?

Basicamente, dois tipos de descarga estão envolvidos:

- 1 - Esgotos domésticos e industriais;
- 2 - Drenagem da água de chuva.

Informações a respeito do primeiro tipo de descarga no nosso país encontram-se bastante disseminadas a partir dos trabalhos de diferentes grupos nacionais, enquanto que preocupação com o segundo tipo de descarga foi iniciada num trabalho realizado por GOMES, L.A. 1981, em duas bacias urbanas da cidade de São Carlos -SP.

As pesquisas dedicadas ao problema específico das rodovias e de zonas com intenso fluxo de veículos demonstram que o escoamento pluvial apresenta concentrações nitidamente maiores se compa-

rado ao efluente secundário de uma estação de tratamento de esgoto. (KLEIN, H. 1983).

Estes estudos comprovaram que a carga de choque devido ao escoamento superficial urbano de águas pluviais pode ser várias vezes maior do que o efluente de tratamento secundário de esgoto doméstico, podendo prevalecer em alguns casos sobre a qualidade da água do corpo receptor.

Este trabalho foi realizado visando contribuir para o desenvolvimento de métodos que auxiliem o controle da qualidade da água de escoamento pluvial urbano, oferecer subsídios à seleção do sistema de esgoto e a renovação dos existentes, e fornecer parâmetros que possam ser utilizados pela comunidade técnica e científica.

Os principais objetivos deste trabalho foram:

- * Medir a carga poluidora gerada pelo escoamento pluvial em área urbana com médio fluxo de veículos.

- * Definir a gama de concentração dos poluentes.

- * Comparar os dados obtidos com as observações já realizadas em outros países.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A preocupação devido a poluição provodada pelas águas pluviais não é recente. Na Inglaterra, em 1893, WARDLE (apud LINDHOLM & BALMER, 1978) disse: "... as águas de chuva provenientes de primeira lavagem contém grandes quantidades de matérias orgânicas putrecíveis... elas são muito sujas e frequentemente as contém tanto quanto o próprio esgoto."

2.1 - TRABALHOS ANTERIORES

Os resultados de estudos direcionados para quantificar as cargas poluentes em escoamento pluvial urbano começaram a aparecer na literatura nas últimas décadas por volta de 1950. Desde então, vários pesquisadores tem-se esforçado para determinar a quantidade e a qualidade da água de drenagem pluvial.

AKERLINCH, (apud WEIBEL, et alii, 1964) analisou as amostras de águas de drenagem de chuvas de verão principalmente de ruas e parques em Estocolmo, Suécia, de 1945 a 1948.

PALMER, (apud WEIBEL, et alii, 1964) determinou a qualidade das águas pluviais escoadas de superfícies de ruas em uma bacia hidrográfica da cidade de Detroit, Estados Unidos, em 1949 e em

1960, encontrando em ambas as oportunidades altas concentrações de poluentes.

SHIGORIN, (apud WEIBEL et alii, 1964) estudou a qualidade da água de escoamento de chuva na cidade de Moscou, União Soviética, em 1956.

Estes autores encontraram no escoamento pluvial de áreas urbanas valores de DBO_5 equivalentes a 10 vezes a concentração de DBO_5 de efluentes de tratamento secundário do esgoto doméstico. Outros constituintes, tais como coliformes e sólidos suspensos, também apresentaram altos valores. Estes estudos mostraram uma forte evidência de que a carga de choque devido ao escoamento superficial urbano de águas pluviais poderia ser 100 a 1.000 vezes maior do que o esgoto sanitário, sendo, portanto, uma significativa fonte de poluentes e em alguns casos tendo um efeito predominante sobre a qualidade da água do corpo receptor.

WILKINSON, (apud WEIBEL et alii, 1964) estudou o escoamento superficial da cidade de Oxney, Inglaterra, em 1954, para a determinação de parâmetros necessários à comparação de descargas para o rio, de um sistema separador com um hipotético sistema combinado, onde todo o afluente seria tratado.

Durante a década de 1960, esforços se concentraram sobre a quantificação de fontes de poluentes em grande escala. Tentativas foram realizadas particularmente por WEIBEL, et alii, GELDREICH, et alii, BRYAN e DHARMADHIKARI (apud BRADFORD, W.L. 1977), para determinar cargas poluentes de bacias urbanas.

STANDER (apud WEIBEL, et alii, 1964), analisou amostras de água de chuva escoadas de área residencial, escolas e parques esportivos da cidade de Pretória, África do Sul, em 1964.

WEIBEL, et alii, 1964, publicaram um trabalho em 1964, onde caracterizaram o escoamento superficial urbano como um fator de poluição de cursos d'água. As águas de drenagem pluvial de diferentes tipos de uso do solo da cidade de Cincinnati, Estados Unidos, foram estudados.

Desde 1969 a Japan Housing Corporation, tem feito um estudo da qualidade da chuva e cursos d'água de duas bacias experimentais em Tama New Town - Tóquio, para verificar os efeitos da urbanização (IKUSE, et alii, 1975).

Na década passada várias pesquisas foram realizadas para avaliar a carga poluidora contida na água de escoamento pluvial urbano e seu efeito nos corpos receptores.

Na Noruega, um projeto (apud LINDHOLM & BALMER, 1978) foi iniciado em 1974, com o objetivo de estimar a massa anual de descarga de poluição em escoamento de águas pluviais e investigar de que maneira os níveis de poluição são influenciados por:

- Sistema de esgotos;
- Diferentes graus de urbanização;
- Tempo desde a última chuva;
- Tempo desde o início da chuva;
- Intensidade de escoamento.

Na Finlândia, um projeto denominado "The Finnish Urban

"Stormwater Project" foi iniciado em 1977. Sete áreas experimentais urbanas e uma não urbana foram investigadas para obtenção de dados confiáveis sobre a quantidade e qualidade do escoamento superficial de águas pluviais, fornecendo subsídios à seleção do sistema de esgotos e à renovação dos existentes. (MELANEN, M. 1978).

Programas de amostragem de fontes não pontuais de poluição em áreas urbanas tiveram grande ênfase nos Estados Unidos e consistiram geralmente de um dos três tipos citados a seguir. O primeiro tipo foi designado para determinar a quantidade de contaminantes sobre a superfície de ruas. A APWA realizou um dos maiores deste tipo de trabalho em Chicago, em 1969. (apud COLLINS & RIDGWAY, 1980). Em 1972, SARTOR & BOYD, (apud COLLINS & RIDGWAY, 1980) realizaram este tipo de estudo em várias cidades. O segundo tipo de amostragem designado foi aquele que mediu a emissão de massa de poluentes de uma bacia urbana na saída do sistema de águas pluviais. Recentes trabalhos realizados por WILBER & HUNTER, COLSTON & TAFURI e KLEUSENEN & LEE, todos citados em COLLINS & RIDGWAY, 1980, empregaram este procedimento. O terceiro tipo para medir a qualidade dos corpos receptores localizados em uma área urbana. Nesta linha de pesquisa o efeito da descarga de escoamento pluvial pode ser estimado pela avaliação da mudança de qualidade da água, sedimentos e fauna dos cursos d'água e lagos. Vários destes estudos são relatados por WHIPPLE, et alii, 1978. Cada um desses projetos avaliaram integralmente diferentes fenômenos. Os pesquisadores almejavam determinar o impacto dos componentes do escoamento pluvial urbano sobre a qualidade da água.

PITT & FIELD, 1977, verificaram que quando os poluentes de ruas são descarregados em um corpo receptor, afetam a qualidade da água de várias maneiras. Os efeitos imediatos mais importantes observados foram a depleção de oxigênio e a contaminação bacteriana. Os efeitos mais demorados incluíram a eutrofização provocada pelo aumento de nutrientes e os efeitos tóxicos sobre os organismos, devido a presença de metais pesados e componentes de pesticidas à base de hidrocarbonetos.

Os efeitos da depleção de oxigênio são provavelmente os mais rápidos e dramáticos no corpo receptor. Após uma chuva em Bucyrus, Ohio, peixes apareceram mortos ao longo do Rio Sanduski, que recebe os efluentes da estação de tratamento de esgoto combinado da cidade. Inicialmente foi constatado ser causado pela demanda de oxigênio e pelos efeitos tóxicos do esgoto bruto desviado durante uma chuva. Mais tarde foi verificado que o escoamento urbano contribuiu significativamente para o problema. A água da chuva carregou os resíduos sanitários sólidos de período seco que sedimentaram no sistema de esgoto durante o período de baixa vazão. (PITT & FIELD, 1978).

Pouco é conhecido a respeito dos efeitos tóxicos crônicos de muitos poluentes. Num estudo realizado para a EPA, PITT & AMY (apud PITT & FIELD, 1978) examinaram as propriedades tóxicas do material de superfície de rua, sobre uma espécie de peixe denominada "Stickleback" e verificaram que os efeitos apresentados ocorreram em períodos inferiores a 20 dias em água moderadamente dura, provavelmente devido a limitada solubilidade da maioria dos metais pesados em água dura. Presume-se que os efeitos tóxicos seriam mais severos em águas moles. Dependendo,

então da natureza do corpo receptor, estes compostos sólidos poderão concentrar-se no ecossistema local até o limite tóxico.

Extensivos dados obtidos em Maryland, (WHIPPLE, et alii, 1978) indicaram que há uma redução geral numa variedade de espécies de peixes quando as bacias hidrográficas são desenvolvidas, mesmo para um simples e bem planejado bairro residencial suburbano. Em Greenfield, Massachusetts, foi verificado que a comunidade de macroinvertebrados bênticos decrescia progressivamente, em diversidade de espécies, quando o curso d'água passava através de uma área urbana. Os grupos de espécies bênticas apresentaram contaminação por metais pesados em concentrações muito acima das normalmente consideradas tóxicas. Nos sedimentos de fundo também foram encontrados apreciáveis concentrações de metais pesados.

Vários estudos apontam uma quantidade muito alta de coliformes no escoamento de águas pluviais provenientes de áreas residenciais, comerciais e arborizadas (CETESB, 1975; GOMES, 1981)

" A água de chuva pode ser uma fonte principal da poluição intermitente das praias de banho e reservatórios de suprimento de água, abertos aos usos recreacionais limitados ao público. As evidências bacteriológicas indicam que a contaminação fecal em sistemas separados de águas pluviais é derivada principalmente de materiais fecais depositados no solo pelos animais domésticos (particularmente cachorros e gatos) e pelos roedores nas comunidades urbanas. Foram notadas diferenças na densidade de coliformes totais, coliformes fecais e estreptococcus fecais de acordo com as estações do ano. O significado sanitário dos co

liformes fecais nas águas de chuva foi confirmado pelo isolamento de 4.500 *Salmonellas thompson* por 100 ml numa amostra de água de chuva que continha 450.000 coliformes fecais por 100 ml (GELDREICH, et alii, 1968).

"O aumento da população de animais domésticos deve ser incluído no cálculo da carga de poluição imposta aos ambientes aquáticos. A população de cães de Nova York - Estados Unidos é creditada um depósito de cerca de 68.000 kg de fezes e 405.000 litros de urina nas ruas diariamente. A maioria dos quais é então lavada pela água de escoamento pluvial" (FELDMAN, B.M. 1974).

SARTOS, et alii, 1974, realizaram um estudo que proporciona uma base para a avaliação da poluição provocada pela drenagem de águas pluviais de áreas urbanas em comparação a outras fontes de poluição. Cálculos realizados baseados numa cidade típica de 100.000 habitantes com 5.670 ha de área indicaram que a primeira hora do escoamento de uma chuva moderada a pesada (12,7 mm/h) contribuía com aproximadamente 50, 110, 50, 870 e 4.310 vezes mais do que a carga de DBO_5 e DQO, NTK, fosfatos, coliformes totais e sólidos suspensos sedimentáveis do efluente da estação de tratamento secundário da cidade durante o período correspondente. Os dados obtidos indicaram também que cerca de 50% de fosfatos totais encontrados no escoamento pluvial de ruas, estavam associados a material muito fino (5,9% do peso dos sólidos totais) como o silte.

No Brasil, a preocupação a respeito da qualidade da água de escoamento pluvial urbano foi iniciada num trabalho pioneiro

realizado por GOMES, L.A., 1981. Este pesquisador estudou a qualidade dessas águas em duas pequenas bacias (Bacia do Gregório e Bacia do Bicão), localizadas na cidade de São Carlos - SP. Os resultados obtidos na Bacia do Gregório, que é considerada a mais significativa em termos de ocupação do solo e atividade humana mostram concentrações de sólidos totais variando de 171 a 3.400 mg/l, DBO_5 de 11,7 e 300 mg/l, DQO de 39 a 1.535 mg/l e coliformes totais de $8,5 \times 10^3$ a $4,8 \times 10^6$ /100 ml. Estes valores estão dentro das faixas encontradas em áreas com mesmo tipo de ocupação em outros países.

Existem uma série de pesquisas americanas e europeias dedicadas ao problema específico das rodovias e do tráfego de veículos motorizados, como causas da poluição das águas pluviais.

As mais importantes pesquisas americanas, que se ocupam em primeiro lugar com a qualidade e quantidade dos depósitos de poluentes em rodovias com intenso fluxo de tráfego, foram resumidas por BRUNNER (apud KLEIN, H. 1983). Apesar de mostrar a produção de poluentes pelo tráfego, os valores lá citados a respeito do caráter de materiais resultantes do trânsito, tais como gasolina, óleo diesel, óleo para motores, fluido para freios, borracha, lona para freios, etc, bem como a respeito do depósito de poluentes por quilômetro rodado, não permitem no entanto, fazer nenhuma afirmação sobre a composição do escoamento pluvial das rodovias.

Durante os anos de 1978 a 1981, por determinação do Ministério Federal para o tráfego (Bundesministerium für Verkehr) e da Secretaria de Estradas de Rodagem de Baden-Württemberg

(Autobahnamt Baden-Württemberg), foram realizadas análises do escoamento pluvial em três trechos rodoviários, a fim de medir-se a poluição causada pelo tráfego nas águas superficiais sob as condições reinantes na Alemanha. Localizados fora dos centros urbanos, estes três trechos rodoviários atravessam regiões agrícolas, e não estão sujeitos a emissões industriais acima da média. Verificou-se que os materiais lavados das rodovias, como os resíduos de desgaste da pista ou dos pneus, pó sedimentado e produtos de erosão do solo provenientes de escoamento em superfícies não revestidas foram os que quantitativamente, apresentaram maiores concentrações. Outros poluentes tais como ferro, cádmio, chumbo, cromo, zinco, óleo mineral, DQO, hidrocarbonetos aromáticos policíclicos, nitrogênio amoniacal, fosfatos totais e cloretos, também apresentaram concentrações nitidamente superiores do que de efluentes de uma estação de tratamento biológico (KLEIN, H. 1983).

Segundo ROESNER, L.A. 1974, o mais importante contribuinte de poluentes para o escoamento urbano é a superfície do solo, principalmente ruas, sarjetas e outras superfícies conectadas diretamente às ruas ou sistemas de drenagem. Os poluentes são acumulados sobre estas superfícies de várias maneiras. Há por exemplo, materiais inúteis provenientes de construção ou de demolição abandonados ou espalhados, entulhos e poluentes colocados ou lavados de pátios e conduzidos para a rua; esgotos e lixo de edifícios, excremento de pássaros, fezes de cachorros e outros animais; restos de lixo doméstico abandonados durante a coleta ou espalhados por animais ou vento e produtos expelidos

de veículos ou de fontes estacionárias (catalizadores da produção industrial e partículas precipitadas da poluição atmosférica).

Além destas fontes de poluição, quando as águas de chuva começam a escoar podem carrear ainda: nutrientes, pesticidas, herbicidas, bactérias e materiais erodidos. Vários destes poluentes poderão vir de outras áreas trazidas pelo vento (ROESNER, 1974). A Tabela 2.1, lista as principais fontes de poluentes importantes normalmente detectados no escoamento pluvial.

2.2 - FATORES QUE INFLUENCIAM A PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE POLUENTES

A qualidade dos escoamentos pluviais urbanos variam amplamente em quantidade e distribuição sobre a superfície.

Tem-se verificado que vários parâmetros influem na taxa relativa de acumulação de poluentes sobre a superfície do solo antes da lavagem pela chuva. A EPA (apud BEDIANT, et alii, 1978) revendo literaturas disponíveis sobre o assunto, elaborou uma relação de parâmetros significativos.

2.2.1 - CONDIÇÕES GEOGRÁFICAS

O clima é considerado uma variável primária, distinguindo níveis, frequência e tipos de precipitação. A estação do ano desempenha um papel importante na quantidade de contaminantes presentes na superfície de ruas, como a perda de vegetação (folhas e galhos).

TABELA 2.1 - Principais Fontes de Poluentes Normalmente Detectados no Escoamento Pluvial

Categoria do Poluente	Parâmetro Medido	Fontes
Agentes tóxicos	Metais pesados e produtos químicos, orgânicos, e bioensaios de toxidez	Automóveis, residências, indústrias químicas e oficinas.
Pesticidas, inseticidas e herbicidas	Hidrocarbonetos clorados e fosforados, pesticidas	Pulverização de insetos e de ervas daninhas
Materiais consumidores de oxigênio e matéria orgânica	DBO, DQO, COT	Matéria orgânica abandonada, grama, planta, fezes de animais, óleos e graxas
Bioestimulantes	Nitrogênio e fósforo, elementos traços	Fertilizantes, lixiviação mineral, decomposição orgânica
Patogênicos	Coliformes totais, Coliformes fecais e <i>Streptococcus fecalis</i>	Humanos, animais e pássaros
Sólidos	Suspensos, dissolvidos ou materiais flutuantes.	Erosão, resíduo de lixivia mineral e resíduos domiciliares e industriais

FORTE: CHEN, C. W. 1983.

Dentre os fatores fisiográficos, os mais importantes são a área, a forma, a permeabilidade, a capacidade de infiltração e a topografia da bacia.

O relevo de uma bacia hidrográfica tem grande influência sobre os fatores meteorológicos e hidrológicos. A velocidade do escoamento superficial é determinada pela declividade do terreno.

A altitude em que se localiza a bacia, atua sobre a temperatura, a precipitação, a evaporação, etc...

As obras hidráulicas construídas na bacia são importantes, pois indicam a maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia.

2.2.2 - NATUREZA OU TIPO DE VEGETAÇÃO

A natureza e o tipo de vegetação em uma área refletem-se nas fontes de resíduos vegetais e fontes de fertilizantes, herbicidas e pesticidas.

2.2.3 - NATUREZA DE OCUPAÇÃO

O uso do solo é uma das principais variáveis, visto que, afeta os tipos de produção de poluentes pelas atividades do homem e natureza. Por exemplo, espera-se altas concentrações de metais em poeira e lixo próximo a áreas industrializadas, chumbo em áreas com tráfego de automóveis, nitrogênio, fósforo e potássio em áreas agrícolas; e fósforo e potássio em áreas residenciais, pelo uso de fertilizantes nos jardins das casas.

Sobretudo em áreas rurais, a erosão pode ser uma principal contribuinte de matéria orgânica e nutrientes para os cursos d'água. A erosão do solo é um processo seletivo no qual as partículas finas são mais vulneráveis que as frações de solo mais grossas. Material erodido pode produzir 3 a 5 vezes mais nitrogênio orgânico do que o solo original (LOEHR, 1974). A erosão além de poluir os cursos d'água com matéria orgânica, provoca o assoreamento do seu leito e dos reservatórios neles existentes.

WANIELISTA, M. 1979, comparando os dados de parâmetros comuns de poluição e alguns metais pesados encontrados em águas de escoamento pluvial de diversos tipos de usos do solo, verificou que os valores variam devido as condições locais, sendo a carga de poluentes em rodovia maior do que de cidade, que por sua vez é maior do que de zona rural. "Mais contaminantes estariam presentes sobre as cidades cheias de ruas do que sobre as estradas rurais."

2.2.4 - PORCENTAGEM DE ÁREA HIDRAULICAMENTE IMPERMEÁVEL

"Este é um dos fatores que influenciam na quantidade de poluentes carregados no escoamento superficial." (SARTOR, et alii, 1974).

A quantidade de área que é hidraulicamente conectada com o sistema de esgoto tem sido qualificado de área efetiva hidraulicamente impermeável. A determinação mais esmerada deste tipo

de área torna-se importante pois o escoamento começa sobre este tipo de superfície. Somente uma pequena contribuição do escoamento é estimado originar de área impermeável não efetiva e área permeável. (MILLER & MATTRAW, 1982).

Pesquisas indicam que a quantidade de escoamento e, conseqüentemente, a carga poluidora proveniente de superfícies permeáveis de áreas urbanas é pequena quando comparada com a vinda de áreas impermeáveis, e que segundo ROESNER, 1974, pode ser negligenciada na determinação da qualidade do escoamento superficial. Esta observação é absolutamente verdadeira para as superfícies cobertas com vegetação, tais como gramados e jardins. A figura 2.1 ilustra a diferença no escoamento e a carga de poluição proveniente de uma bacia hidrográfica quando é usada como parque (90% de permeabilidade) e quando a bacia é utilizada como área residencial multi-familiar (20% de permeabilidade).

2.2.5 - TIPOS E CONDIÇÕES DA SUPERFÍCIE DA RUA

Diferentes materiais de pavimentação dão variadas características para a superfície da rua. SARTOR, et alii, 1974, verificaram que as ruas asfaltadas produzem cargas de sólidos (kg/Km/dia) em torno de 80% mais alto do que ruas de concreto. Eles verificaram também que as condições físicas das superfícies da rua são importantes e que superfícies em mau estado de conservação geralmente apresentam cargas mais altas de contaminantes do que as de bom estado. Ruas com péssimas condições acusaram cargas 2,5 vezes mais altas.

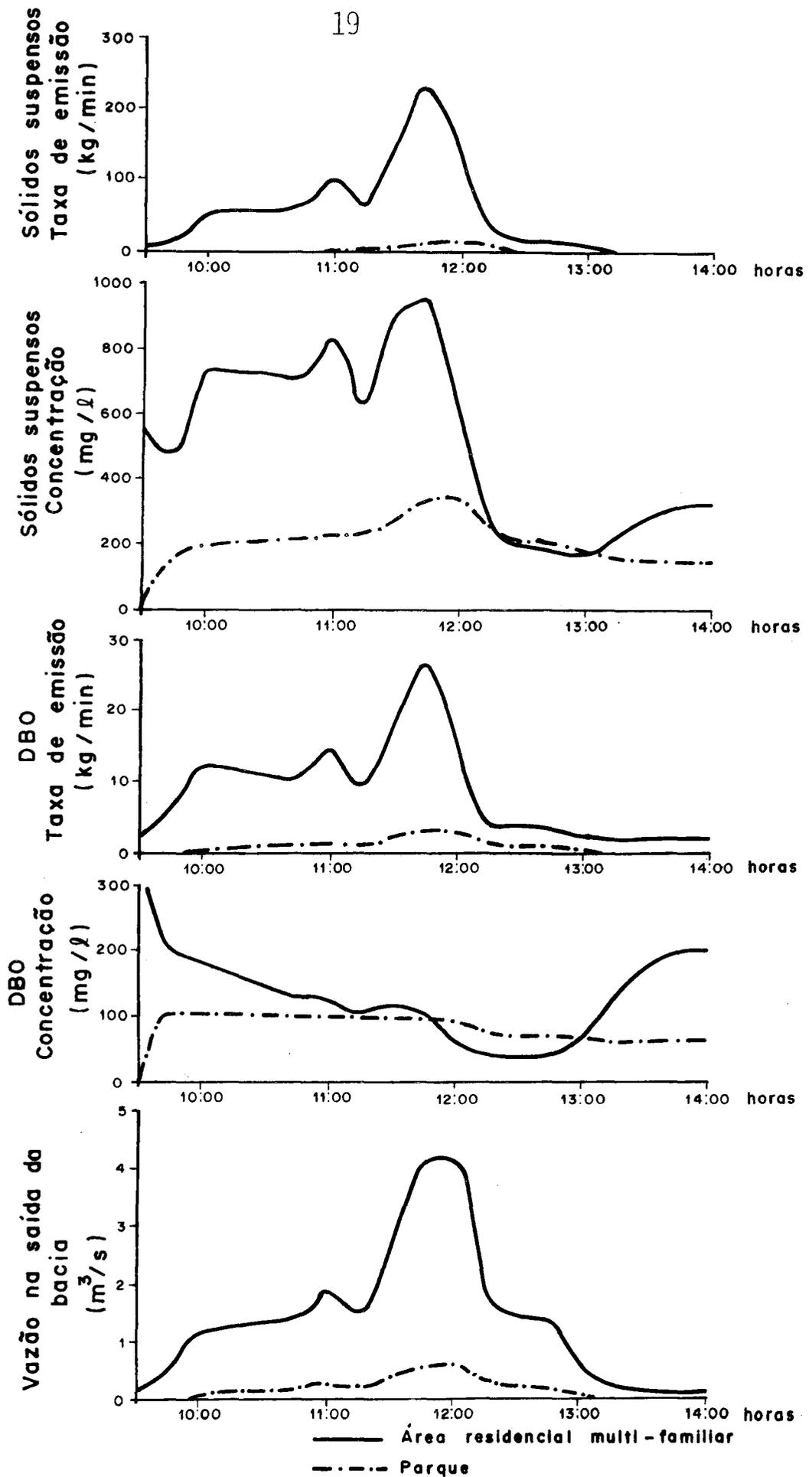


FIGURA 2.1 - Efeito da mudança do solo nas características do escoamento pluvial. Fonte: ROESNER, L.A. 1974.

2.2.6 - TRÁFEGO DIÁRIO

O tráfego médio diário não é um parâmetro usual, porém, algumas evidências sugerem que taxas mais altas de contaminantes acompanha a mais alta taxa média de tráfego diário. Alguns autores sugerem o contrário. Por exemplo, que o acúmulo de sólidos nas pistas de rolamento não se dá linearmente através do tempo, pois o movimento natural do vento e os redemoinhos provocados pelos veículos em movimento, sopram e afastam rapidamente estes materiais das ruas.

Segundo KLEIN, H. 1983, as substâncias parcialmente sedimentáveis acumulam-se nas rodovias e proximidades, o restante é espalhado em área muito ampla e volta eventualmente à superfície do solo através da chuva.

WANIELISTA, M. 1979, considera que o tráfego médio diário e o tipo de veículo que transita tem grande efeito sobre os contaminantes presentes. Se o tráfego é pesado, suficiente energia estaria à disposição induzida pela fricção dos pneus, despreendendo os poluentes de superfícies de ruas, sendo a chuva necessária apenas para transportar os materiais soltos para a sarjeta e canalizações de esgoto.

O tráfego de veículos é considerado uma respeitável fonte para o acúmulo de poluentes nas rodovias. De acordo com o volume de tráfego, a reação no trânsito, as condições dos veículos e da rodovia, são produzidas ou emitidas as seguintes substâncias, em maior ou menor proporção: resíduos de desgaste da pista e do veículo; emissões de gases carburantes; gotejamento de óleo para motores e graxas de engrenagens, combustíveis e ou

tros fluidos especiais dos veículos motorizados; resíduos de lonas e peças metálicas para freio; e produtos de corrosão. (KLEIN, H. 1983).

O vazamento de óleo é um mal crônico que afeta boa parte dos veículos nacionais. As muitas partes móveis trabalhando em altos regimes de esforço, o desgaste se torna inevitável. Os vazamentos não afligem somente carros usados. Veículos com pouco uso podem padecer deste tipo de problema por defeito de material (junta, retentor, vedador ou reparo) ou por falha humana (mã instalação da peça na montagem de fábrica ou eventual conserto). Os vazamentos de óleo aparecem basicamente em três pontos: motor, sistema de transmissão (câmbio e diferencial) e sistema de freios. (SERAPICOS, M. 1984).

Matérias orgânicas podem produzir uma demanda bioquímica de oxigênio nas águas dos corpos receptores. O decréscimo de níveis de oxigênio, podem em primeiro lugar causar a morte da vida aquática.

Nas várias pesquisas realizadas, os óleos e graxas foram os materiais orgânicos mais predominantes na água de escoamento pluvial de ruas. Concomitantemente, estes poluentes e os metais pesados em geral, tem como sua principal fonte, os veículos. Todos os veículos depositam óleos e graxas sobre a superfície da rua, e as quantidades depositadas variam de acordo com o tipo e o estado de conservação que se encontra o veículo. Além dos óleos e graxas provenientes de veículos, são detectados hidrocarbonetos no escoamento urbano por derramamento acidental ou descarga deliberada. (HUNTER, J.V., et alii, 1979).

SÖDERLUND, et alii, 1972, analisaram amostras de água do escoamento pluvial e do degelo de três sub-bacias de Estocolmo. Verificaram na sub-bacia ocupada por residências, indústrias e por um trevo de importante auto-estrada (65.000 veículos diários) que, devido a influência do tráfego pesado, produziu índices bem mais altos de contaminação que nas outras áreas de testes, que apresentava menor volume de veículos.

O álcool hidratado, nas condições que é produzido atualmente contém agentes corrosivos que podem provocar contaminação nos meios de transporte e armazenamento. Uma das grandes preocupações dos fabricantes de veículos movidos a álcool hidratado é a de neutralizar esse poder de corrosão. Por isso, o tanque do carro a álcool recebe uma proteção especial de chumbo. Da anterior proteção do carburador de cromo (bicromatização) os fabricantes chegaram a atual camada de níquel-cromo com que tratam o carburador e a bomba de combustível. (Carro a álcool: funcionamento e manutenção, 1984).

2.2.7 - FREQUÊNCIA DE VARRIÇÃO DE RUAS E COLETA DE LIXO

Outros fatores associados às quantidades de poluentes presentes na superfície de ruas é a prática de varrição.

Verifica-se que as práticas correntes de limpeza de ruas na maioria das cidades é inadequada para manter a qualidade do corpo receptor. Há vários problemas associados com a varrição: interferência de carros estacionados na operação normal de varrição, não remoção de todos os sólidos (pequenas partículas) mesmo que a varrição seja realizada mais frequentemente, etc.

O melhor processo seria a combinação de varrição de rua e outros métodos de limpeza, variando com as condições locais. Os corpos receptores não podem ser adequadamente protegidos a não ser que o escoamento pluvial urbano seja tratado ou controlado por um substancial programa de limpeza. (PITT & FIELD, 1977).

Os muitos problemas existentes provavelmente decorrem de programas e equipamentos utilizados na limpeza de ruas, desenvolvidas com desconhecimento da significância dos efeitos de poluentes contidos no escoamento de águas da chuva. Conseqüentemente, eles fazem pouco mais do que resolver os problemas estéticos do lixo de ruas.

A eficiência de remoção de contaminantes de superfícies de ruas com varrição convencional foi encontrado ser dependente da variação do tamanho das partículas. Verifica-se que a remoção média de poeira e areia (maiores contribuintes para a poluição da água) através da varrição alcança uma média de 50%, enquanto que a limpeza de lixos e entulhos varia de 90 a 100%. Remoção de 70% e possivelmente de 90% de poeira e areia poderiam ser alcançados com o uso de sistemas de varrição a vácuo. Este processo é geralmente mais barato do que remover os sólidos do esgoto. (SARTOR, et alii, 1978).

Independente do modo com que os poluentes se acumulam sobre a bacia urbana, ROESNER, L.A. 1974, considera que eles são geralmente associados a uma das seguintes formas de resíduos sólidos:

- Trapo;
- Papel;
- Poeira e lixo;

- Vegetação ou
- Material inorgânico (não putrecível)

No Brasil, o lixo apresenta uma composição extremamente variável durante as épocas do ano e de comunidade para comunidade. Em Porto Alegre nota-se que os componentes mais significantes do lixo domiciliar são os materiais mistos (61,52%) e o papel (24,92%). (AISSE, et alii, 1982).

2.2.8 - INTENSIDADE DE PRECIPITAÇÃO E TEMPO DECORRIDO DESDE A CHUVA ANTERIOR

Segundo PITT & FIELD, 1977, o pior caso de chuva é definido como aquele que causa a mais alta concentração de sólidos no corpo receptor. Baixo volume de chuva-baixa intensidade, por curto período de tempo, contribui com poucos sólidos. Alto volume de chuva - alta intensidade, por longo período de tempo, contribui com grande volume de água de diluição, mas são removidos muitos sólidos. Portanto, o pior caso de chuva está em algum ponto destes extremos de chuva.

Na realidade, se a intensidade de precipitação é alta, mais energia cinética está disponível para remover os poluentes de superfícies de ruas.

A entrada de poluentes no escoamento pluvial urbano depende da intensidade da chuva.

ROESNER, L.A. 1974, explica que: " o primeiro pingo de chuva ao cair sobre a bacia urbana simplesmente umedece a superfície do solo. Quando uma chuva adicional cai, a superfície impermeável

torna-se úmida o bastante que alguma água começa a formar poças enchendo as depressões. Esta chuva inicial começa a dissolver os poluentes adsorvidos pela poeira e lixo das sarjetas, ruas e de outras superfícies impermeáveis e, finalmente, esta água começa a escoar para fora da bacia, carreando consigo os materiais nela dissolvidos. Quando a intensidade de chuva aumenta, a velocidade do escoamento superficial torna-se suficiente para apanhar sólidos; naturalmente os sólidos suspensos são apanhados a menores velocidades do que os sólidos sedimentáveis. Estes últimos são carregados para fora da bacia de duas maneiras. Se a velocidade é suficientemente alta, os sólidos sedimentáveis podem ser suspensos no escoamento superficial. A velocidades mais baixas as partículas podem simplesmente ser roladas ao longo da superfície em direção às bocas de lobo".

Tem sido postulado que um dos fatores que apresenta uma significativa inferência na quantidade de carga poluidora é o tempo decorrido desde a última chuva. Se os contaminantes são depositados uniformemente ao longo do tempo, é lógico assumir que para um período maior de acumulação a carga seria maior. Numa pesquisa realizada em várias comunidades de Nova Jersey, revelaram que carregamentos de chumbo, zinco e cobre não variaram com o número de dias desde a precipitação anterior. Resultado semelhante foi obtido no caso de fósforo, DBO e sólidos suspensos. (WHIPPLE, et alii, 1977b).

HUNTER, et alii, 1979, num trabalho realizado na Filadélfia - EUA, verificaram que o período de tempo decorrido desde a chuva anterior apresenta pouca influência na concentração de hidrocarbonetos. Talvez fosse necessário comparar grandes chuvas

de igual intensidade e duração com diferentes períodos de tempo desde a precipitação anterior. A concentração de hidrocarbonetos encontrados no escoamento urbano variou de 2,18 a 5,30 mg/l, com o valor médio de 3,69 mg/l.

Segundo os dados obtidos por RUTGERS (apud WHIPPLE, et alii, 1978) há provavelmente alguma influência na variação da carga poluidora em relação ao período de tempo decorrido desde a última chuva antecedente, mas os resultados obtidos para DBO ou metais pesados não foram estatisticamente significantes.

2.2.9 - CARACTERÍSTICA GERAL DA POLUIÇÃO DO AR

Além dos metais pesados, a queima da gasolina e outros combustíveis fósseis, liberam componentes tais como óxidos de enxofre, vapor d'água, oxigênio, nitrogênio, monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de nitrogênio e alguns compostos aromáticos polinucleares para o ar (EPA, 1980).

Os poluentes atmosféricos mais importantes são o monóxido de carbono, hidrocarbonetos, óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio, pelos problemas que causam ao meio ambiente.

Estes poluentes aliados à pó, areia, fibras de amianto ou poeiras metálicas podem provocar sérios danos à saúde do homem, influir nas condições meteorológicas, pois, atuam como núcleos de condensação e até formar chuvas ácidas.

Sobretudo nas regiões calcárias essas chuvas ácidas aceleram a erosão do solo. Acidificam fortemente as águas, alteram o crescimento normal das plantas, perturbam o ecossistema aquá-

tico, corroem as esculturas expostas à intempéries e agem sobre o homem. Atualmente pesquisadores estão investigando os efeitos sobre a pele e o cabelo (EPA, 1980).

Os óxidos de nitrogênio constituem poluentes perigosos, dado o modo que agem sobre os organismos. Eles podem destruir os alvéolos pulmonares pela formação de ácido nítrico.

Os óxidos de enxofre tem influência na formação da "SMOG" e de chuvas ácidas.

A situação é pior ainda com os óxidos de nitrogênio, pois sua concentração aumenta proporcionalmente com o consumo de energia, e de forma mais acentuada nas áreas de tráfego pesado. (Algo está no ar ... 1980).

Nos Estados Unidos, existem em andamento vários estudos sobre o efeito da precipitação ácida em abastecimento de água potável. Estão sendo avaliados o aumento dos níveis de metais pesados na água bruta, o desequilíbrio biológico em corpos d'água e o aumento da corrosividade da água distribuída (REED & HENNINGSON, 1984).

2,3 - QUALIDADE DA ÁGUA DE ESCOAMENTO PLUVIAL URBANO

Muitos pesquisadores tem confirmado a natureza altamente poluída da água de drenagem pluvial urbana.

A extrema variabilidade da qualidade da água de escoamento pluvial urbano sugere a necessidade de estudos locais bastante específicos antes de planejar um sistema de controle. A tabela

2.2 mostra uma comparação dos padrões de água potável, esgoto doméstico e as águas de escoamento pluvial urbano. É evidente que a água de escoamento pluvial não teria a qualidade da água potável, porém, esta comparação auxiliará na definição de parâmetros a serem pesquisados. Verifica-se que as águas de escoamento pluvial urbano podem contribuir com a maioria dos poluentes para os corpos receptores.

Concentrações de metais pesados e materiais tóxicos na drenagem pluvial urbana são mais altas do que no esgoto doméstico, e a poluição de descarga de esgoto pluvial pode ser quase tão severa quanto o esgoto combinado. Quando os metais encontrados no escoamento pluvial urbano são comparados com os metais contidos nos esgotos sanitários, cargas de 10 a 100 vezes maiores que a concentração de metais nos esgotos sanitários são observados. Os metais mais predominantes encontrados nas águas de escoamento pluvial urbano são: chumbo, zinco, cobre, ferro e manganês (PITT & FIELD, 1977; WHIPLE, et alii, 1978; SARTOR, et alii, 1974 e PITT & AMY (apud WANIELISTA, 1979)).

É natural que se queira medir a qualidade da água de escoamento pluvial em comparação à qualidade da água de chuva influenciada apenas pela poluição atmosférica; tal comparação revela se os poluentes encontrados na água de escoamento pluvial já estavam presentes na própria chuva ou se provêm do acúmulo de poluentes nas superfícies das ruas.

Verificam-se consideráveis diferenças entre a qualidade das águas pluviais e a do escoamento pluvial, conforme os poluentes e as áreas de medição.

TABELA 2.2 - Qualidade da Água de Escoamento Pluvial, Esgoto Doméstico e Água Potável

PARÂMETROS	VARIABILIDADE/CONCENTRAÇÕES				
	Escoamento Pluvial Urbano	Escoamento Pluvial Urbano (a)	Escoamento Pluvial de Podovia (d)	Escoamento Pluvial de Podovia (e)	Esgoto Doméstico (f) / Água Potável (h)
pH			2,8 - 8,9		
Cor (mg/l)			100 - 4000		5 - 20 UH
Condutividade				414 μ S/cm	
Turbidez			62 - 180 JTU		1 - 5 UT
Acidez (mg/l)					
Alcalinidade (mg/l)					50 - 200
DBO ₅ (mg/l)	1 - 700		11,7 - 300		100 - 300
COT (mg/l)	1 - 150				100 - 300
DQO (mg/l)	5 - 3100		39 - 1535	118,5	250 - 1000
Sólidos Suspensos (mg/l)	2 - 11300			181	100 - 350
Sólidos Totais (mg/l)	200 - 14600		171 - 3499		350 - 1200 / 500 - 1500
Sólidos Totais Voláteis (mg/l)	12 - 1600				150 - 325
Sólidos Sedimentáveis (ml/l)	0,5 - 5400 mg/l		0,3 - 16,0		5 - 20
Nitrogênio Orgânico (mg/l)	0,01 - 16				8 - 35
NTK (mg/l)	0,01 - 4,5				
Amônia (mg/l)	0,1 - 2,5			0,89	12 - 50
Nitrito (mg/l)					0 - 0,10
Nitrato (mg/l)	0,01 - 1,5				0,10 - 0,40 / 0 - 10
Fosfato Solúvel (mg/l)	0,1 - 10				
Fosfatos Totais (mg/l)	0,1 - 125		0,01 - 28,30	0,35	6 - 20
Cloretos (mg/l)	2 - 25000(b)			152(b)	30 - 100 / 200 - 600
Óleos e Graxas (mg/l)	0 - 110			5,51	50 - 150 / Isento
Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos				2,97 μ g/l	
Fenóis (mg/l)	0 - 0,2				0 - 0,001
Chumbo (mg/l)	0 - 1,9			0,245	0,04(g) / 0,05 - 0,10
Zinco (mg/l)	0,110 - 0,158(c)			0,62	0,15(g) / 1 - 5
Cádmio (mg/l)				0,0059	0,003(g) / 0 - 0,01
Cromo (mg/l)	0,044 - 0,083(c)			0,0204	0 - 0,05
Cobre (mg/l)				0,117	0,03(g)
Níquel (mg/l)	0,012 - 0,020(c)				
Ferro (mg/l)				5,16	0,3 - 1,0
Coliformes Totais (NMP/100ml)	200 - 146x10 ⁶		8,5x10 ³ -4,8x10 ⁶		
Coliformes Fecais (NMP/100ml)	55 - 112x10 ⁶				
Streptococcus Fecais (NMP/100ml)	200 - 1,2x10 ⁶				

(a) - valores obtidos de WANIELISTA, M. 1979.

(b) - com degelo de ruas

(c) - valores obtidos de WHIPPLE, et alii, 1978.

(d) - valores da Bacia do Gregório, São Carlos-SP, obtidos de GOMES, L.A. 1981.

(e) - valores médios ponderados do escoamento superficial do trecho rodoviário de Obereisesheim - Alemanha, obtidos de KLEIN, H. 1983.

(f) - valores obtidos de METCALF & EDDY, Inc. 1977.

(g) - valores médios de efluente de uma estação de tratamento de esgoto mecânico - biológico, obtidos de KLEIN, H. 1983.

(h) - padrões de potabilidade da água no Brasil

Nos países que nevam, com o uso sistemático de sal para degelo, a concentração de cloreto no escoamento pluvial aumenta de 50 até 500 vezes sobre o valor médio anual contido na chuva, conforme a intensidade deste serviço de inverno (KLEIN, H. 1983).

Comparando as cargas poluentes das águas superficiais das rodovias com as medidas no pó precipitado e na chuva, KLEIN, H. 1983, notou acentuadas diferenças, conforme a substância e a região de medição. As cargas medidas em Pleidelsheim e Obereisesheim (Alemanha), na chuva, foram consideravelmente menores que as cargas das águas superficiais das rodovias, em especial no que diz respeito a substâncias específicas das rodovias, como cloreto, óleo mineral e ferro.

2.4 - CONTROLE DE POLUICAO DO ESCOAMENTO PLUVIAL URBANO

Controle ou tratamento, ou ambos, das descargas da água do escoamento pluvial urbano combinado ou não com o esgoto cloacal são problemas de importância cada vez maior no campo da qualidade da água.

Várias são as alternativas de planejamento, e a pergunta que normalmente surge é: O que pode ser feito sobre o problema? É necessário decidir onde o problema deve ser atacado. Isto pode ser na fonte (ruas, calçadas, sarjetas, etc.), dentro do sistema de coletas, no fim ou em locais intermediários estratégicos do sistema ou então a combinação destes. Existe a escolha do tipo de controle e o grau de tratamento, ou ambos, a ser introduzido. Isto gera uma análise de custo efetivo envolvendo metas, valores e avaliações do sistema físico e hidrológico que

é geralmente assistido por simulação do modelo matemático, experimentos em escala piloto e nova transferência tecnológica. Existe o impacto da avaliação, opinião pública, prioridades e outras necessidades.

A caracterização do escoamento pluvial é virtualmente importante devido a sua variabilidade no decorrer da chuva com a sua intermitência. Isto dificulta a escolha do tipo de tratamento destas águas.

As alternativas de planejamento comumente utilizados são: controle de fontes de poluição, reservação e tratamento (FIELD & LAGER, 1975).

O gerenciamento de águas pluviais está começando a ser de grande interesse por parte do governo e analistas profissionais dos Estados Unidos, e dentro deste campo, a maior e nova potencialidade utilizada são as bacias de armazenamento por seus duplos efeitos. Reduzem ou retardam o deflúvio direto e promovem a sedimentação de poluentes particulados contidos no escoamento pluvial. Esta possibilidade tem sido exposta em muitas publicações (KAMEDULSK & McCUEN, 1979; WHIPPLE, 1979 apud WHIPPLE & HUNTER, 1981).

Este tipo de procedimento é também aplicado em Stuttgart - Alemanha, que além de servir de bacia de sedimentação é utilizado para o controle do deflúvio.

3 - MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

3.1 - BACIA PESQUISADA

A escolha da área onde são executados os trabalhos de pesquisa desta natureza, tem grande importância na obtenção de resultados confiáveis e que representem com fidelidade a situação em estudo.

3.1.1 - SELEÇÃO DA BACIA

Estabeleceu-se os critérios abaixo relacionados para a seleção da bacia:

- 1 - Facilidade de caracterização;
- 2 - Uso de solo predominante;
- 3 - Facilidade de acesso para monitoragem de vazão e coleta de amostra;
- 4 - Não possuir interconexão de sistemas de esgotos pluviais com outras bacias;
- 5 - Não possuir lançamento de esgoto cloacal no sistema de esgoto pluvial (ligação clandestina);
- 6 - Não possuir problemas de inundação.

Várias bacias hidrográficas da cidade de Porto Alegre e região Metropolitana foram inspecionados numa tentativa de se localizar aquelas que pudessem reunir estas condições.

Pudemos verificar que a maioria dos cursos d'água que desaguam no Rio Guaíba e praticamente todos os sistemas de drenagem de águas pluviais recebem lançamentos de esgoto cloacal, inclusive os novos e bem elaborados conjuntos habitacionais.

O acelerado processo de urbanização de Porto Alegre, tem aumentado muito rapidamente a quantidade de escoamento superficial como consequência da impermeabilização do solo, sobrecarregando os 824613 m de rede de esgotos pluviais existentes. Aliado a isso, a ligação clandestina do esgoto cloacal no pluvial, faz com que os detritos refluem para dentro das casas, por ocasião das cheias.

Na busca de bacias de estudos, inúmeras tampas de poços de inspeção da rede de esgoto pluvial foram abertas e coletada uma amostra para verificação da existência de contaminação por esgoto cloacal. Também foram coletadas amostras nos canais e cursos d'água. Nem sempre este procedimento foi necessário, visto que, a contaminação por esgoto cloacal era evidente.

Inicialmente o principal objetivo deste trabalho era a avaliação e comparação de carga poluidora gerada pelo escoamento pluvial em duas bacias urbanas de diferentes usos do solo, na bacia do Arroio Dilúvio. Isto não foi possível pois a rede de esgoto pluvial, canais e cursos d'água apresentam significativa contaminação por esgoto cloacal desde a sua cabeceira ou então era impossível a instalação de equipamentos de monitoragem de vazão

e de precipitação.

No período de janeiro à julho de 1984 foi monitorada uma pequena bacia hidrográfica localizada na área central de Porto Alegre-RS, que foi denominada: **Bacia dos Açorianos**.

A Bacia dos Açorianos é uma pequena sub-bacia da Bacia do Arroio Dilúvio. De aproximadamente 80 km², e com topografia bastante acidentada, a Bacia do Arroio Dilúvio está cercada por uma cadeia de morros que atingem 300 m de altitude; esta disposição provoca uma perturbação ao fluxo normal do vento alterando a distribuição de sua velocidade. Verificou-se a existência de um gradiente vertical de chuva de considerável importância no cálculo do volume total de chuva. Na Bacia do Arroio Dilúvio apresentam-se condições de micro-clima geradas pela topografia, sendo caracterizada pela distribuição desigual da precipitação. (SANCHES & SIMÕES LOPES, 1984).

3.1.2 - CARACTERÍSTICAS GERAIS DE PORTO ALEGRE

Em seus 212 anos, Porto Alegre se expandiu para todos os lados, preenchendo todos os espaços entre o sete morros que a rodeiam. O censo de 1980, segundo IBGE, indicava que Porto Alegre possuía 1.158.709 habitantes.

Porto Alegre é considerado o centro cultural e industrial da região sul do Brasil. Localiza-se à margem esquerda do estuário do Guaíba. Formado pelos rios Jacuí, Caí, Sinos e Gravataí, que percorrendo diferentes regiões do estado trazem consigo características que lhe são peculiares. O rio Guaíba é utilizado pela cidade de Porto Alegre, como fonte de abastecimento,

alimentando atualmente sete estações de tratamento de água, como meio de recreação e como fonte de diluição de águas servidas (domésticas e industriais) e de escoamento pluvial urbano.

A posição geográfica, frente ao estuário que a liga, através dos rios, com o interior do estado, foi um dos fatores que impulsionaram seu desenvolvimento. A situação topográfica criou condições para as formas do esquema das vias de tráfego, definiu as conexões com o interior do estado, o desenvolvimento de alguns setores mais rapidamente do que os outros e, ainda, a existência de zonas aprazíveis para residências afastadas do setor central. (Porto Alegre, 1979).

A capital gaucha limita-se ao Norte com os municípios de Canoas, Gravataí e Cachoeirinha, sendo o rio Gravataí o divisor físico; a Leste com os municípios de Viamão e Alvorada, sendo o divisor físico com o último município, o arroio Feijão; no Sul, o limite é o rio Guaíba e o município de Viamão e a Oeste, o rio Guaíba, que separa Porto Alegre do município de Guaíba.

Suas coordenadas geográficas são: Latitude S30º01'53" e longitude W Greenwich 51º13'18".

Distante 100 km do mar, chega-se a Porto Alegre através do rio Guaíba, pelas rodovias BR-116, BR-290 e RS-40; pela ferrovia RFFSA e pelo aeroporto Salgado Filho.

O município possui uma topografia acidentada devido a presença de elevações pertencentes a Serra do Mar, que apresenta altitudes variando entre 50 e 300 m.

Segundo a classificação KOEPPEN, o clima de Porto Alegre está enquadrado no tipo Cfa: clima subtropical, caracterizando-se pelo forte calor e muita umidade no verão, e pelo frio no inverno.

A variação da temperatura é uma constante, sendo a média anual de 19,5°C. A média do mês mais quente (janeiro) é de 24,7°C e a do mês mais frio (julho) é de 14,3°C.

Durante a maior parte do ano a região sofre uma influência da Massa Tropical Atlântica, exceto no inverno, quando esta cede à Massa Polar Atlântica. Quando as duas massas intercalam suas influências, verificam-se bruscas oscilações térmicas e precipitações abundantes.

As chuvas são distribuídas por todos os meses do ano, atingindo um período máximo no inverno. Isto ocorre porque no inverno coincide o período em que as chuvas são frontais (finas e prolongadas) e a evaporação é fraca, enquanto que no verão as chuvas são convectivas (rápidas e violentas) e a temperatura elevada auxilia na rápida evaporação. (Tabela 3.1).

A direção predominante do vento da região é Sudoeste e a umidade relativa do ar, como em todo Estado, oscila entre 68% e 83%, com insolação média de 54% e pressão atmosférica média de 1.012,6 mb.

Com extensão territorial das menores do Estado, Porto Alegre possui 46.932 ha. Destes, 42.610 ha são continentais, onde atualmente 31.353 ha representam a área urbana e 4.322 ha são insulares.

Porto Alegre é assentado em solo PODZÓLICO VERMELHO AMARELO de textura argilosa. São solos bem drenados, derivados de granito. Ao longo do perfil se observa a presença de grãos de quartzo no tamanho da fração cascalho. São pobres em matéria orgânica, com menos de 2%, desde o horizonte superficial e também pobres em fósforo disponível, sendo 4ppm o valor mais elevado. (BRASIL. Min. Nac. de Pesquisa Agropecuária. 1973).

A cidade de Porto Alegre conta com um sistema contínuo de abastecimento de água tratada (2.104.640m³) que atende 1.205.767 hab com consumo médio de 336 l/hab.d. Em princípio, como outras cidades brasileiras, é adotado aqui o sistema separador absoluto. Possui 496.831 m de rede de esgoto cloacal e 824.613 m de rede de esgoto pluvial.

TABELA 3,1 - Dados Climáticos de Porto Alegre-RS.

M E S	Precip.Total (mm)*	Nº de Dias Chuvosos**	Temp.Média (°C)*	Pressão Atm. (mb)*	Umid.Relat. (%)*
Janeiro	118,5	10	24,7	1008,7	70,4
Fevereiro	103,8	9	24,5	1009,3	73,7
Março	88,5	10	23,3	1010,6	75,1
Abril	102,6	10	19,7	1013,3	77,5
Mai	114,7	10	17,1	1014,8	80,7
Junho	139,7	12	15,0	1015,7	83,2
Julho	128,0	10	14,3	1016,9	81,3
Agosto	114,4	12	15,3	1015,9	78,0
Setembro	123,8	11	16,8	1014,4	77,2
Outubro	118,9	11	19,1	1012,8	74,9
Novembro	75,3	9	21,3	1010,2	70,5
Dezembro	88,4	9	23,4	1008,8	68,5
Ano	1316,6	123	19,5	1012,6	75,9

*Valores Normais de 1931 - 1960 - Fonte: BRASIL. Inst.Nac.de Met.1979.

**Fonte: MACHADO, F.P. 1950.

3.1.3 - BACIA DOS AÇORIANOS

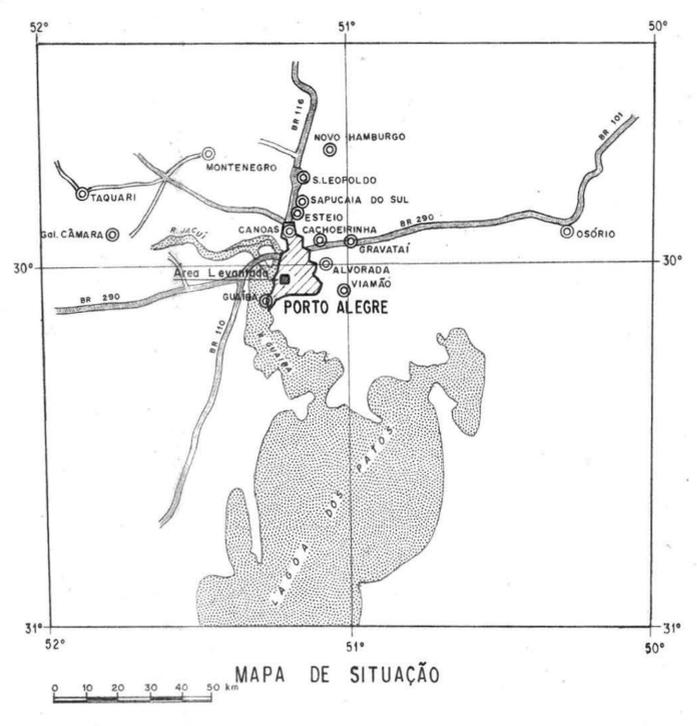
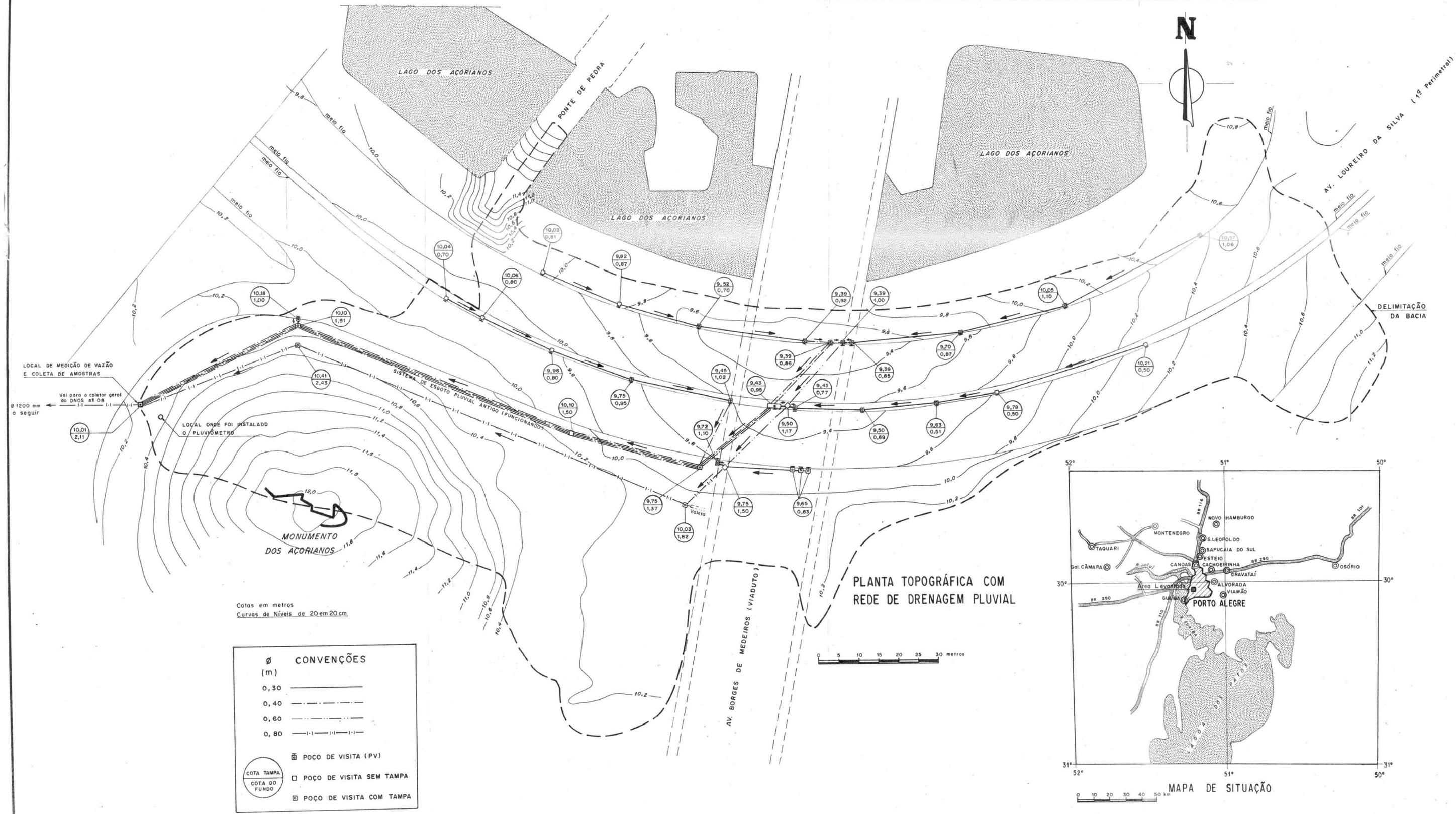
Esta pequena bacia de 1,80 ha, situada na junção da Avenida Loureiro da Silva (1ª perimetral) e Avenida Borges de Medeiros, faz parte do Parque que reúne a velha Ponte de Pedra, viaduto, lago e Monumento aos Açorianos.

A praça dos Açorianos, foi construída sobre o aterro do antigo riacho Dilúvio que desembocava pouco além no Guaíba. Ficava, nessa embocadura, o antigo "Pôrto do Dornelles" e foi ali que desembarcaram os primeiros casais açorianos. Para a construção da praça foi aproveitada a antiga ponte, mandada construir pelo Duque de Caxias, em 1845, sobre o arroio, e parte do antigo Dilúvio, hoje canalizado, ficou servindo para o lago sob a ponte. (SALDING, W. 1967).

Pela Avenida Loureiro da Silva, trafegam aproximadamente 1.500 veículos por hora, com um volume grande de ônibus, caracterizando-se como de médio fluxo de veículos. Os edifícios e construções existentes na periferia não fazem parte da bacia.

A figura 3.1, mostra a delimitação da bacia, a rede de drenagem e o local onde foi instalado o medidor de vazão e o pluviômetro.

O escoamento pluvial é coletado por bocas de lobo, e conduzido para fora da bacia por tubos de concreto de 600 mm no trecho inicial, de 800 mm até o ponto de coleta e de 1.200 mm de diâmetro até ser lançado no canal retangular fechado que passa pela Avenida Aureliano de Figueiredo Pinto (interceptor nº 08-DNOS). Esta



MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E CULTURA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS		
BACIA DOS AÇORIANOS PLANTA TOPOGRÁFICA REDE DE DRENAGEM PLUVIAL		
ÁREA DA BACIA: 1,80 ha	ESCALA: 1:500	DATA: OUTUBRO/1984
RESP. PROJETO: CARLOS NOBUYOSHI IDE		FIGURA nº
LEVANTAMENTO: AGUSTIN, RENATO e ALVARO		
CÁLCULO: AGUSTIN e JORGE		3.1
DESENHO: OLÁZIO		

bacia não possui rede coletora de esgotos cloacais.

A bacia possui 52% da área revestida com asfalto de bom estado de conservação. O restante da Bacia é em grande parte coberta por grama. (Tabela 3.2).

TABELA 3.2 - Características da Bacia dos Açorianos

Características	Bacia dos Açorianos
Área total (ha)	1,80
Parte hidraulicamente impermeável(%)	52
Parte permeável (%)	48
Perímetro (m)	890
Cobertura: parte permeável	grama
parte impermeável	asfalto
Tipo de solo	granito
Uso do solo	praça e uma avenida de tráfego médio
Fluxo de tráfego(veículos/h)	1.500
Veículos pesados (%)	20
Varrição	diária

3.2 - MEDIÇÃO DA PRECIPITAÇÃO

Para a medição da precipitação utilizou-se o "bocal" de um pluviômetro marca "TAMAYA", com superfície horizontal de exposição de $314,16 \text{ cm}^2$ (20 cm de diâmetro), onde foi adaptada uma proveta especial graduada em mm de precipitação. Deste modo foi possível registrar a altura da chuva dentro de um intervalo de tempo desejado.

O pluviômetro foi fixado por meio de uma cinta de alumínio no topo de um suporte de madeira, a 1,50 m do nível do solo. Para o posicionamento do pluviômetro foi concretado um encaixe de madeira para permitir a rápida colocação e retirada. (Figura 3.2).

3.3 - MEDIÇÃO DA VAZÃO

Apesar do grande número de métodos utilizados para medir a vazão, necessitou-se impor algumas condições, tais como:

- 1 - Não provocar represamento;
- 2 - Não provocar formação de depósito de material sedimentável;
- 3 - Facilidade de construção, operação e manutenção;
- 4 - Boa precisão; e
- 5 - Baixo custo.

3.3.1 - DESCRIÇÃO DA CALHA DE MEDIÇÃO DE VAZÃO "SIN CUELLO"

Como não podia se interferir no fluxo normal do escoamento na tubulação, para não provocar alagamento na Avenida Loureiro da Silva e nem provocar retenção de material sedimentável, optou-se pelo medidor "Sin Cuello" (CUTTHROAT FLUME), doravante chamado medidor SC, de 50x180 cm. (ALFARO, J.F. 1974).

Este tipo de medidor foi desenvolvido nos Laboratórios da Universidade do Estado de Utah. Consiste de uma seção de entrada, seção de saída, garganta ou seção estrangulada e soleira ou fundo. A seção de entrada tem duas paredes verticais com uma convergência de 3:1. A seção de saída é formada por duas pare-

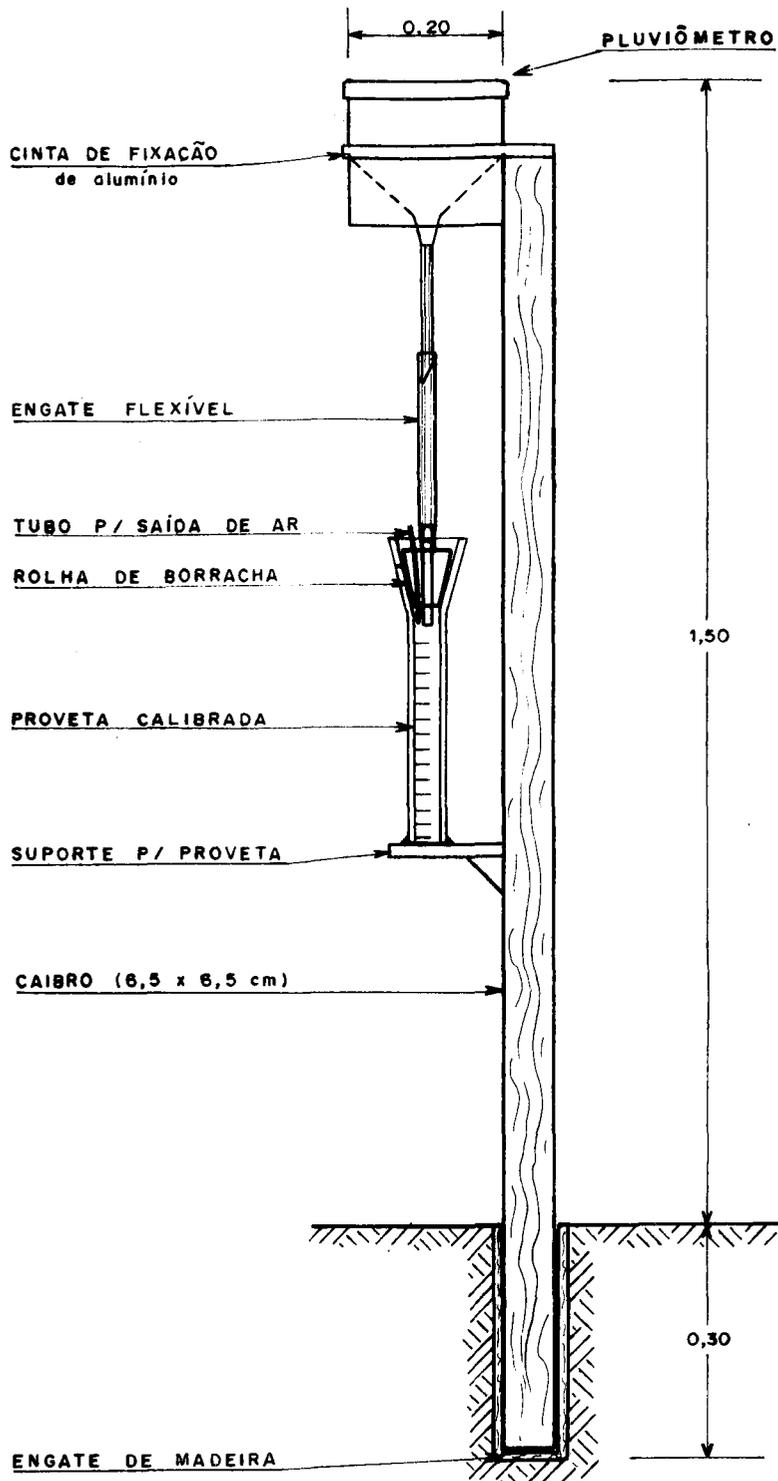


FIGURA 3.2 - Esquema do pluviômetro utilizado

des verticais com uma divergência de 6:1. A união destas duas seções forma uma contração na estrutura conhecida como "garganta". A largura desta garganta é designada com a letra W e o comprimento pela letra L. O fundo ou soleira é um plano horizontal em contraste com a calha Parshall, que tem um fundo inclinado nas seções de entrada e saída.

Tanto a seção de entrada como a de saída tem uma largura igual denominada pela letra B e representada pela seguinte equação:

$$B = W + \left(\frac{L}{4,5}\right) \quad (1)$$

ou em termos de comprimentos da seção de entrada L_1 , ou de saída L_2 , pela equação:

$$B = W + \frac{2}{3} (L_1) = W + \frac{1}{3} (L_2) \quad (2)$$

A Figura 3.3, mostra um diagrama esquemático do medidor.

A vazão se obtém medindo-se a profundidade do fluxo a montante (h_a) e a jusante (h_b). Para a medição precisa das profundidades h_a e h_b , o medidor deve possuir dois poços tranquilizadores. Estes poços devem estar colocados ao lado da estrutura e comunicados com ela em um ponto bem definido na seção de entrada e saída do medidor, a uma distância L_a e L_b a montante e jusante da garganta, respectivamente. Os comprimentos L_a e L_b podem ser calculados por meio das seguintes expressões:

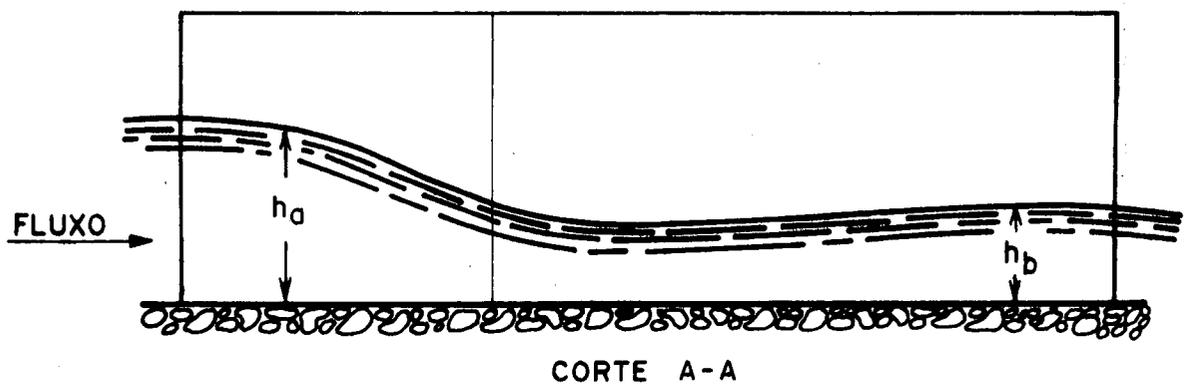
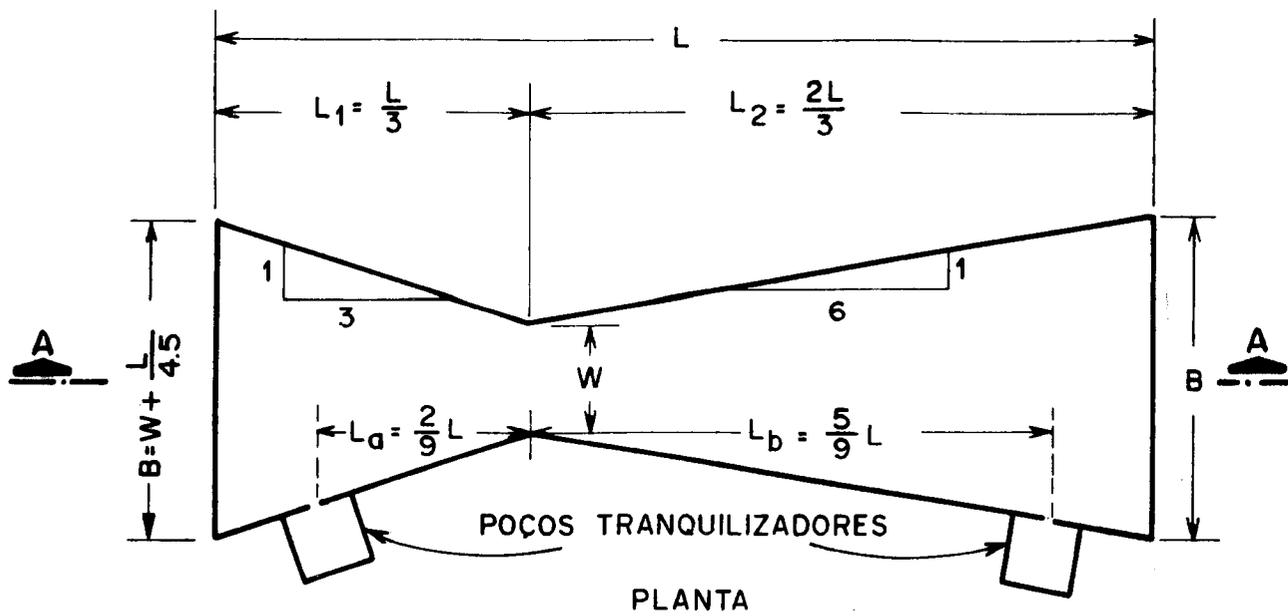


FIGURA 3.3 - Diagrama esquemático do medidor SC

$$L_a = \frac{2 \cdot L}{9} \quad (3)$$

$$L_b = \frac{5 \cdot L}{9} \quad (4)$$

Nestes poços tranquilizadores pode-se colocar flutuadores e limnigrafos, quando for necessário realizar medições precisas e contínuas. Caso contrário pode-se utilizar escalas graduadas fixadas diretamente nas paredes da estrutura.

3.3.2 - PRINCÍPIO DE OPERAÇÃO

Baseado no princípio de fluxo crítico, como o que pode ocorrer em uma seção de controle, a relação que existe entre a profundidade da água e a descarga é independente de outros fatores não controláveis, como a rugosidade do canal.

Nos medidores de fluxo crítico, a profundidade crítica se forma ao contrair-se a seção do fluxo pelas paredes divergentes. O medidor pode operar em condições de fluxo livre ou sob condições de fluxo submergido.

3.3.2.1 - FLUXO LIVRE

Sob condições de fluxo livre, a profundidade crítica ocorre na proximidade da garganta do medidor SC. O fluxo não é afetado pelas variações que podem ocorrer a jusante da garganta, e a descarga pode ser determinada simplesmente conhecendo-se a profundidade a montante (h_a) no medidor.

3.3.2.2 - FLUXO SUBMERGIDO

Se diz que o medidor SC opera submergido quando as condições de fluxo a montante são afetadas de tal maneira que a resistência é suficiente para diminuir a velocidade e aumentar a profundidade do fluxo, resultando em um aumento da profundidade do fluxo a montante. Sob estas condições a profundidade das águas em qualquer ponto ao longo do medidor seria maior que a profundidade crítica.

Para se obter a descarga sob condições de fluxo submergido é necessário que a profundidade a montante (h_a) e a profundidade a jusante (h_b) sejam medidos.

O grau de submersão, S , em um medidor é comumente definido pelo valor da razão, expressa em porcentagem, das profundidades de fluxo a montante (h_a) e jusante (h_b), de acordo com a seguinte relação:

$$S = \left(\frac{h_b}{h_a} \right) \cdot 100 \quad (5)$$

Em geral, o efeito da submersão é de diminuir a descarga no medidor. Esta diminuição principia entretanto em um valor determinado de submersão denominado "Submersão Transitória" (S_t). Quando o medidor SC opera com um valor de submersão abaixo da submersão transitória, o fluxo não é afetado e se considera como fluxo livre. Se a submersão é maior que a submersão transitória se diz que o medidor está operando submergido e a descarga torna-se menor, a medida que aumenta a porcentagem de submersão.

No medidor SC o valor da submersão transitória varia de acordo com o comprimento L. Desta maneira, os medidores SC de 90, 180 e 270 cm de comprimento, operam sob condições de fluxo livre, desde que a submersão não exceda os valores de submersão transitória S_t , de 65, 74 e 80 por cento respectivamente. (Figura 3.4).

3.3.3 - EQUAÇÕES DE DESCARGA

3.3.3.1 - FLUXO LIVRE

A descarga no medidor SC operando sob condições de fluxo livre é controlada unicamente pela profundidade de fluxo a montante (h_a), de acordo com a seguinte equação:

$$Q = c (h_a)^n \quad (6)$$

onde:

Q - descarga em m^3/s

h_a - profundidade do fluxo a montante em m

n - expoente de fluxo livre

c - coeficiente de fluxo livre

O valor do expoente n depende somente do comprimento L, do medidor, sendo desta maneira constante para todos os medidores SC de um mesmo comprimento, seja qual for a largura da garganta W.

Por outro lado, o valor do coeficiente de fluxo livre c , depende tanto do comprimento L, como da largura de sua garganta W. Empiricamente esta função se indica de acordo com a seguin-

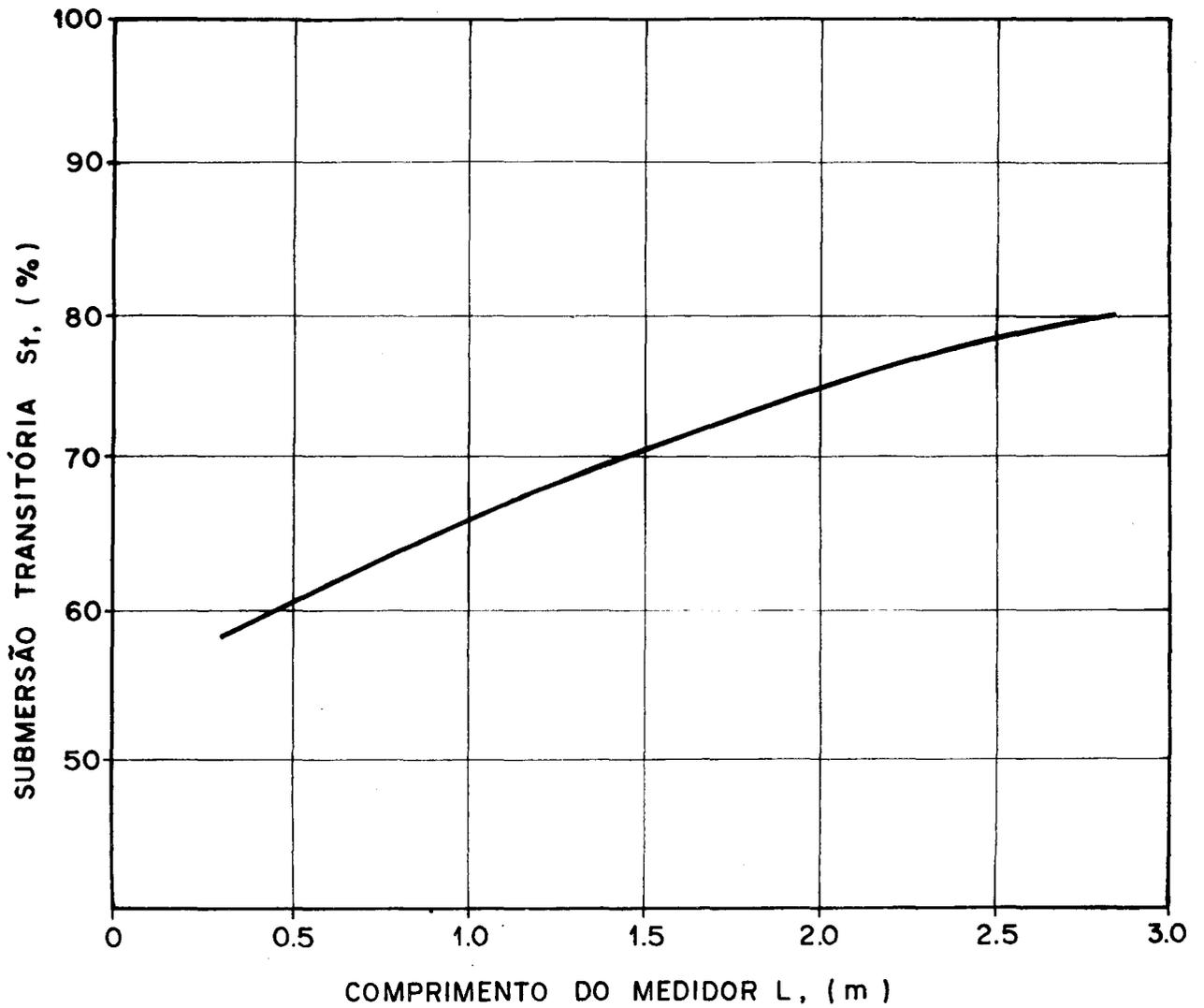


FIGURA 3.4 - Relação entre a submersão transitória, S_t , e o comprimento, L , do medidor SC

te relação:

$$c = K \cdot W^{1,025} \quad (7)$$

donde o parâmetro K anteriormente não definido é o coeficiente de comprimento para fluxo livre.

A Figura 3.5, mostra graficamente a relação que existe entre os valores de K e n com relação a comprimento L.

3.3.3.2 - FLUXO SUBMERGIDO

Para determinar a descarga quando o medidor SC funciona sob condições de fluxo submergido é necessário medir também a profundidade de fluxo a jusante, h_b . A vazão sob estas condições de fluxo pode ser determinado utilizando a seguinte relação:

$$Q = \frac{c_s \cdot (h_a - h_b)^n}{(\text{colog } S)^{n_s}} \quad (8)$$

onde:

Q - descarga em m^3/s

h_a - profundidade do fluxo da montante em m

h_b - profundidade do fluxo a jusante em m

n - expoente de fluxo livre

n_s - expoente de fluxo submergido

S - submersão, h_b/h_a , expressa em porcentagem

c_s - coeficiente de fluxo submergido.

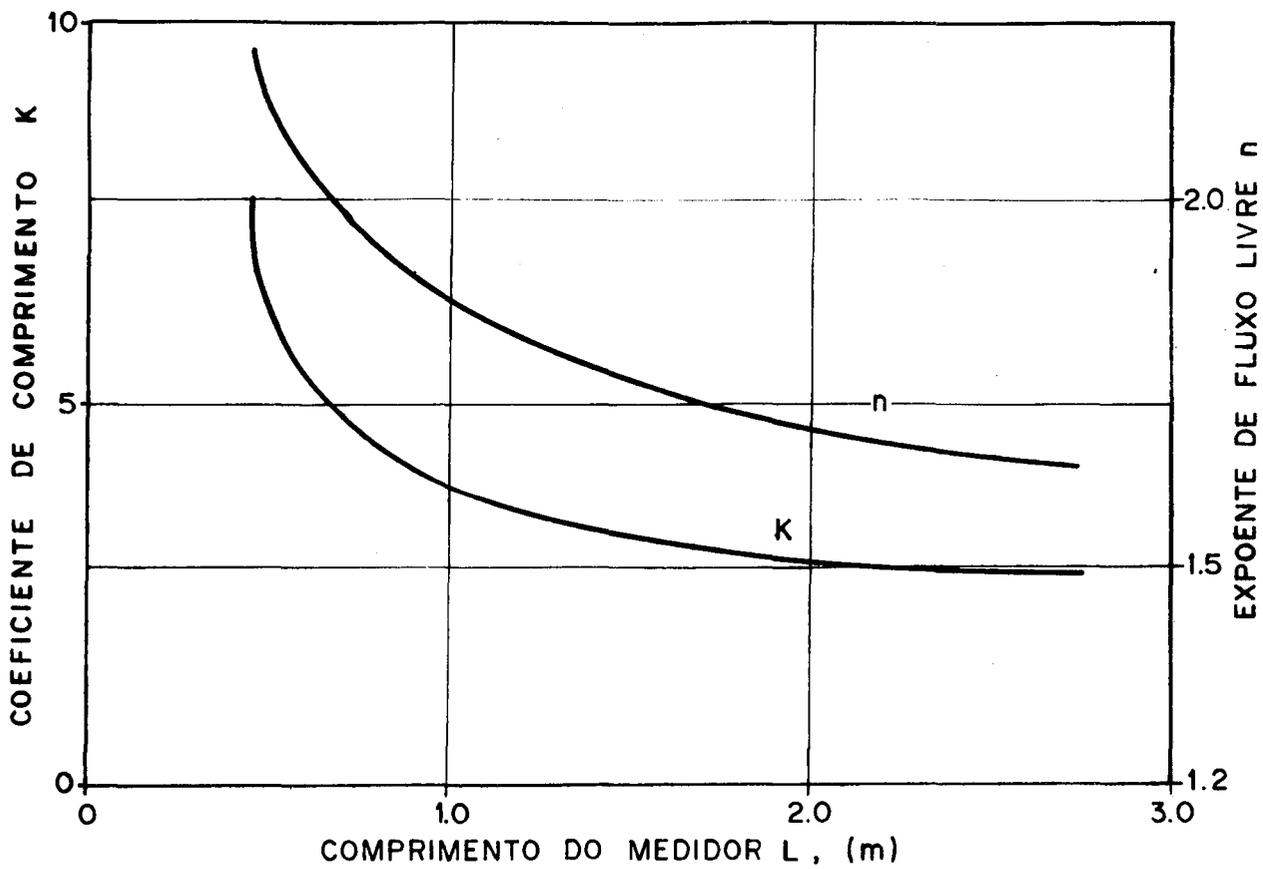


FIGURA 3.5 - Coeficiente de comprimento para fluxo livre, K , e o expoente de fluxo livre, n , com relação ao comprimento, L , do medidor SC

Como no caso do expoente de fluxo livre n , o valor de n_s , também depende unicamente do comprimento do medidor, sendo portanto constante para um determinado valor de L seja qual for a largura da garganta, W .

O coeficiente de fluxo submerso c_s , varia em função do comprimento do medidor L , e da largura da garganta W , de acordo com a seguinte expressão:

$$c_s = K_s \cdot W^{1,205} \quad (9)$$

onde K_s , é o coeficiente de comprimento do medidor para o fluxo submerso.

Os valores de K_s e n_s podem ser obtidos diretamente da Figura 3.6, para qualquer comprimento desejado.

A submersão transitória S_t é o limite de submersão entre o fluxo livre e o fluxo submerso (item 3.3.2). Sob esta condição a descarga pode ser determinada usando a equação para descarga livre ou a expressão para o fluxo submerso.

Usando o critério anterior, a submersão transitória S_t , pode ser determinada igualando as equações 6 e 8.

$$c \cdot (h_a)^n = \frac{c_s \cdot (h_a - h_b)^n}{(\text{colog } S)^{n_s}} \quad (10)$$

Ao substituir h_b por seu equivalente $(S \cdot h_a)$ e dividir ambos os lados da equação 10 por $(h_a)^n$ se obtém a seguinte expressão considerando que o valor da submersão corresponde à submersão

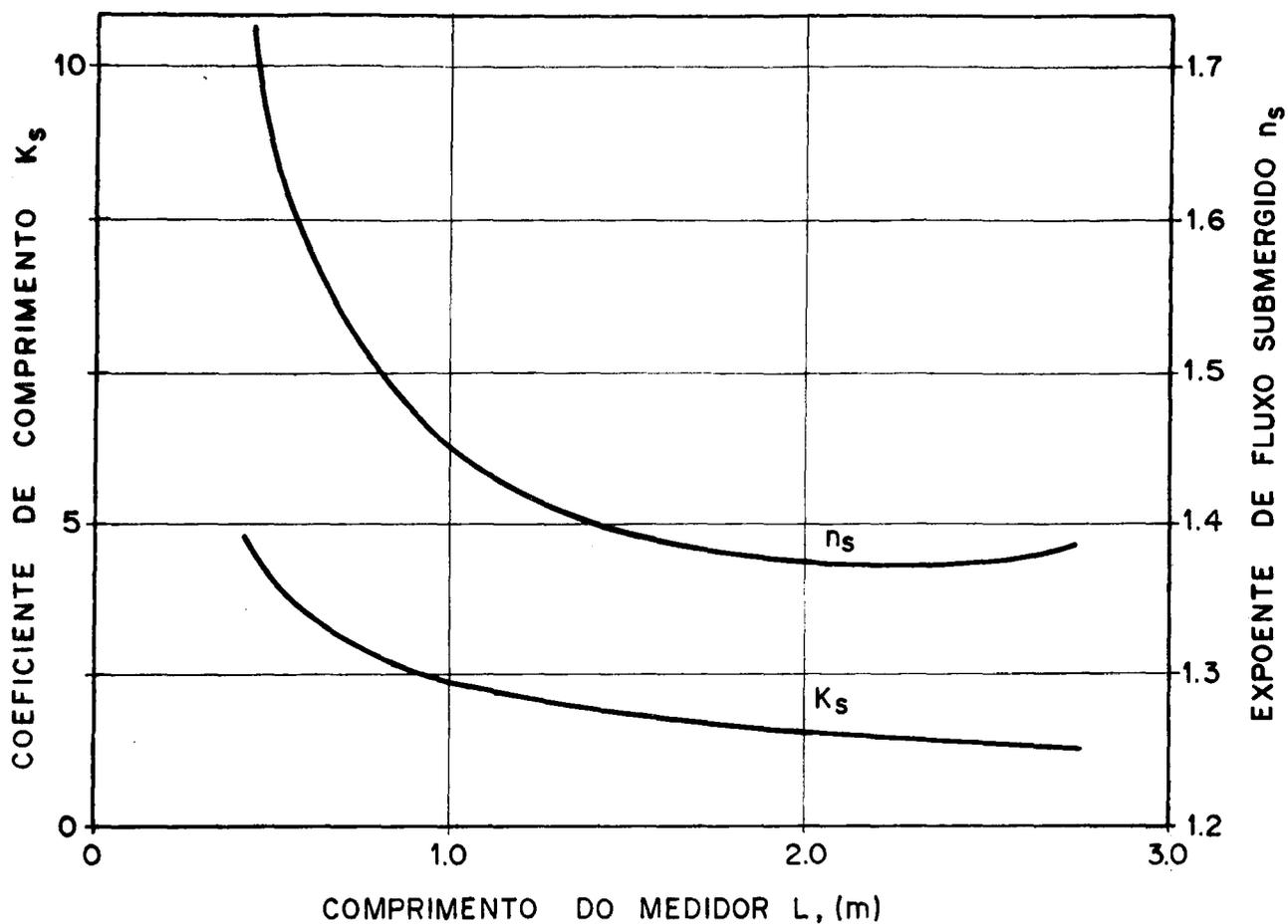


FIGURA 3.6—Coeficiente de comprimento para fluxo submerso K_s , e o expoente do fluxo submerso, n_s , com relação ao comprimento, L , do medidor SC

transitória, S_t :

$$(\text{colog } S_t)^{n_s} = \left(\frac{c_s}{c}\right) \cdot (1-S_t)^n \quad (11)$$

Para obter os valores de S_t , a equação 11 pode ser resolvida por tentativa.

Graficamente, a submersão transitória S_t se pode obter diretamente da Figura 3.4 (item 3.3.2.2), que indica a relação existente entre o comprimento do medidor L , e a submersão transitória S_t .

3.3.4 - DETERMINAÇÃO DA VAZÃO

O cálculo da descarga em um medidor SC, pode ser realizado seja fazendo uso das equações de descarga, de tabelas apropriadas, ou de monogramas.

Uma vez estabilizado o fluxo, se deverá estabelecer se o medidor está operando sob condições de fluxo livre ou submersido. Com este objetivo deve-se medir a profundidade do fluxo h_a e h_b e em seguida determinar se o valor de submersão é maior ou menor que o valor de submersão transitória correspondente ao medidor em uso. O fluxo será submersido toda vez que S for maior que S_t , e será livre toda vez que S for menor que S_t .

3.3.5 - SELEÇÃO DO MEDIDOR

É preferível, toda vez que as circunstâncias o permitam, instalar o medidor SC de maneira que opere sob condições de fluxo livre, quer dizer, que o valor de submersão S , não exceda o va -

lor de submersão transitória S_t , pela sua facilidade de operação.

A vantagem de instalar um medidor que funcione submersido é a de requerer uma perda de carga menor que a de condições de fluxo livre. Esta menor perda de carga evita o aumento da elevação do nível no fluxo à montante do medidor e também permite um rápido desague, reduzindo-se com isso as perdas por percolação, particularmente quando a descarga é menor que a máxima.

Neste trabalho devido a pouca declividade da tubulação foi instalado um medidor SC que operasse submersido.

No dimensionamento foi seguido os seguintes passos:

- 1 - Estabeleceu-se a descarga máxima a medir-se de acordo com as características da tubulação;
- 2 - Localizou-se nas paredes do poço de visita, o nível hidráulico correspondente à descarga máxima;
- 3 - Determinou-se a máxima perda de carga permissível para que a tubulação à montante não ficasse afogada;
- 4 - Calculou-se o valor da submersão, S ;
- 5 - Selecionou-se o comprimento do medidor desejado;
- 6 - Calculou-se o valor do coeficiente de fluxo submersido, C_s ;
- 7 - Calculou-se a largura mínima da garganta, W .

3.3.5.1 - DIMENSÕES DO MEDIDOR SC ADOTADO

O medidor SC utilizado possuía as seguintes dimensões:

$$W = 50 \text{ cm}$$

$$L = 180 \text{ cm}$$

Da Figura 3.4, se obteve o valor de $S_t = 73,7\%$ para o valor de $L = 180$ cm. Desde que S seja maior que S_t , se conclue que o medidor funcionará submerso.

Os valores de n , K , K_s , e n_s correspondentes ao comprimento $L = 180$ cm, são:

$$n = 1,65 \text{ (Figura 3.5)}$$

$$K = 1,35 \text{ (Figura 3.6)}$$

$$n_s = 1,39 \text{ (Figura 3.6)}$$

O valor do coeficiente de fluxo submerso c_s , calculado pela equação 9 é:

$$c_s = 0,6634$$

Para a determinação da descarga por meio do medidor SC operando sob condições de fluxo submerso, se calcula aplicando a equação 8, que para o caso é:

$$Q = 0,6634 \cdot \frac{(h_a - h_b)}{(\text{colog } S)^{1,39}} \quad (12)$$

onde

Q - Descarga em m^3/s

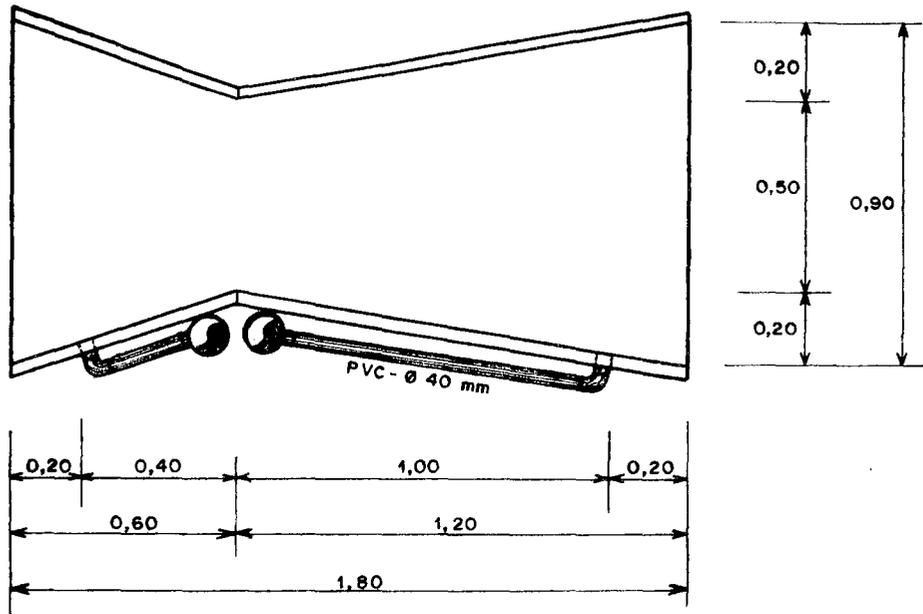
h_a - Profundidade do fluxo a montante em m

h_b - Profundidade do fluxo a jusante em m

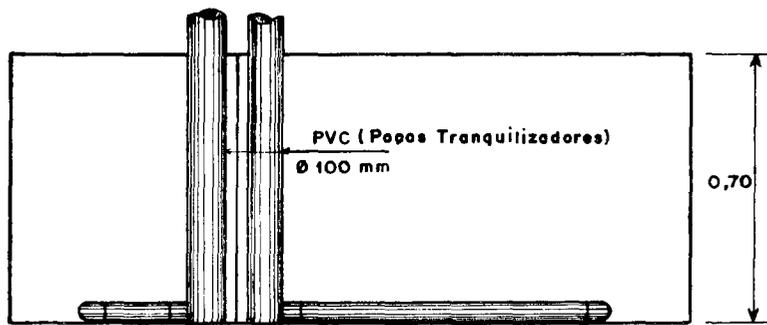
S - Submersão, h_b/h_a , expressa em porcentagem

Na Figura 3.7, são mostradas as dimensões do medidor SC utilizado e na Figura 3.8, o posicionamento do medidor no poço de visita.

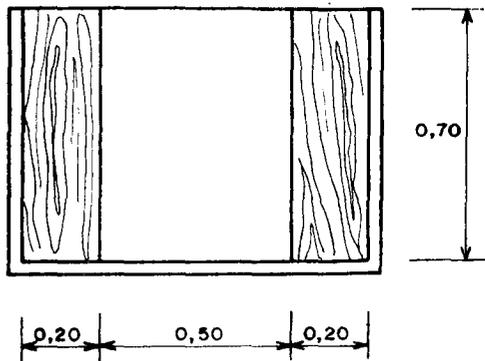
O medidor SC utilizado nesta pesquisa não foi aferido, para



PLANTA



VISTA LATERAL



VISTA FRONTAL

Cotas em metros
Escala: 1:20

FIGURA 3.7 - Dimensões do medidor SC utilizado

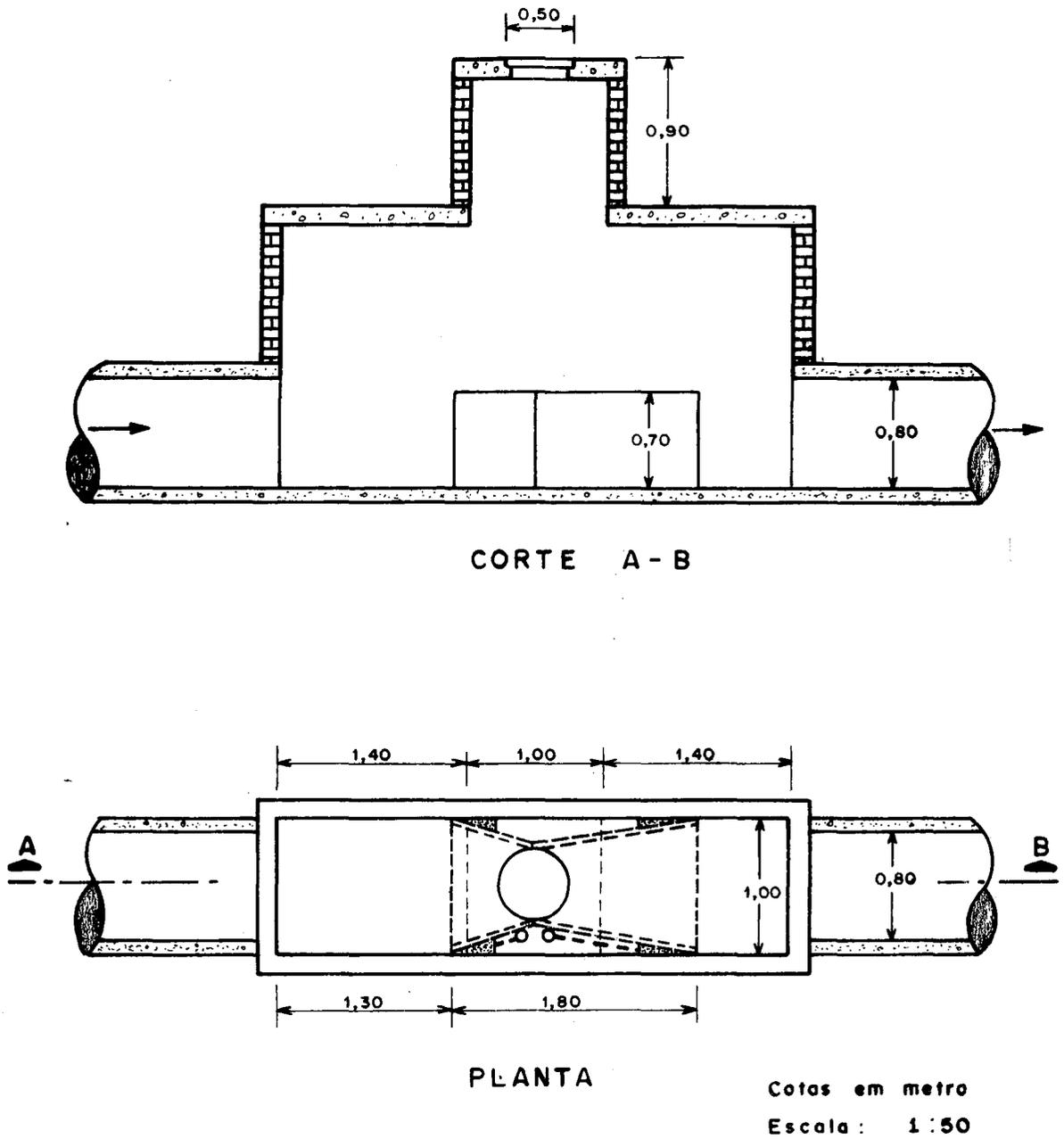


FIGURA 3.8 - Posicionamento do medidor de descarga no poço de visita

confirmar os valores dos expoentes e coeficientes da equação 12.

3.3.6 - MATERIAL EMPREGADO NA CONSTRUÇÃO DO MEDIDOR

O medidor foi construído com compensado marítimo de 25mm, e foi instalado no poço de visita indicado na Figura 3.1, tomando-se os cuidados de nivelamentos necessários em ambas as direções, longitudinal e horizontal.

Empregou-se tubos de PVC na montagem dos poços tranquilizadores.

3.3.7 - MÉTODO UTILIZADO PARA MEDIÇÃO DO NÍVEL NO MEDIDOR SC

Mediu-se o nível da água nos poços tranquilizadores, introduzindo-se um metro dobrável do tipo "CARPINTEIRO" onde era esfregado giz. Assim visualizava-se facilmente a marca da água deixada no metro.

3.4 - AMOSTRAGEM DO ESCOAMENTO

Informações obtidas principalmente no 89 Distrito de Meteorologia, das fotografias do Satélite Meteorológico "GOES-5" publicadas na Folha da Tarde e da previsão de tempo apresentada, na TV2 - Guaíba de Porto Alegre, possibilitaram o acompanhamento das condições do tempo, preparação antecipada do material a ser levado para a campanha e os reagentes e meios de cultura necessários para as análises de laboratório.

Ao receber-se a informação da possibilidade de chuva, a equipe de campo deslocava-se com antecedência ao local de amostragem para a colocação do pluviômetro e limpeza do medidor, aí permanecendo de plantão esperando a chuva. A dificuldade de uma previsão sempre acertada fez com que várias campanhas fossem frustradas. Além disso, nem sempre a precipitação ocorrida se prestava para a coleta de amostras e análise posterior em laboratório, pois dependendo da intensidade da chuva o escoamento produzido era muito pequeno e não permitia uma coleta adequada ou a chuva apenas umedecia a superfície do solo, formava poças enchendo as depressões, não promovendo escoamento.

Para os objetivos desta pesquisa as chuvas ideais foram as moderadas a fortes, que promoviam melhor lavagem das ruas, sarjetas e outras superfícies e produziam um volume de água suficiente para a coleta.

Precipitação, descarga e o tempo de amostragem de qualidade da água foram registrados sincronizadamente. A cada cinco minutos a partir do instante do início da chuva era feita a leitura da altura de chuva acumulada e medidas as profundidades (h_a e h_b) do nível da água nos poços tranquilizadores do medidor SC e anotadas em uma ficha de medição.

3.4.1 - MÉTODO DE COLETA

As formas de coleta de escoamento pluvial urbano tem variado de pesquisa para pesquisa, não havendo uma uniformidade nesse sentido. Amostras são coletadas manualmente com baldes e até com os mais sofisticados amostradores sequenciais de qualidade

da água.

Coletou-se amostras do escoamento em tempo seco (fluxo de base) e durante a chuva, tomando-se todas as precauções para assegurar a representatividade da composição das características de cada amostra.

Quantidades suficientes para as análises físicas, químicas e bacteriológicas (aproximadamente 8 litros) eram coletadas a cada amostragem. Medida a temperatura da água, a amostra era transferida aos recipientes apropriados a cada tipo de determinação. Os recipientes eram previamente etiquetados, contendo suficiente informação para proporcionar uma rápida e segura identificação no local de coleta e no laboratório.

3.4.2 - FREQUENCIA DE AMOSTRAGEM

Como pode-se verificar em trabalhos anteriores, os teores de poluentes variam com o tempo, sendo maior no começo do escoamento e diminuindo no decorrer da chuva. Portanto, foi dada mais ênfase para o início do escoamento para poder obter maiores informações para a verificação da existência do fenômeno da primeira lavagem.

A amostra do fluxo de base era coletada antes do início da contribuição do escoamento superficial para verificar as características iniciais. Esta amostra foi designada ser a de número um.

A frequência de amostragem depende muito do tempo de resposta de cada bacia. Como a bacia estudada é pequena e a resposta

bastante rápida optou-se pelo início da coleta de amostra do escoamento (amostra nº2) no instante em que se notava o aumento do nível da água no medidor coletou-se a terceira amostra 5 min após, a quarta após 5 min, a quinta 5 min após e a sexta após 10 min, totalizando 30 min de amostragem.

As análises das amostras da primeira campanha demonstravam que as concentrações dos poluentes eram mais elevadas no início da chuva, havendo uma tendência de diminuição com o decorrer do evento. Assim sendo, manteve-se esta frequência de amostragem, pois atendia aos objetivos do trabalho.

Na segunda, quinta e sexta campanha coletou-se uma sétima amostra após 10 min, totalizando 40 min de amostragem, e na última coletou-se uma sétima amostra após 10 min e uma oitava amostra após 30 min, totalizando 70 min de amostragem. Não adotou-se este procedimento em todas as campanhas devido ao elevado custo das análises.

3.4.3 - FREQUÊNCIA DE VARRIÇÃO

A Avenida Loureiro da Silva é varrida uma vez por dia, menos aos sábados e domingos. Normalmente dois carrinhos de lixo e areia provenientes da varrição da Avenida, na área de estudo, são retirados diariamente. Nota-se que após uma chuva há um aumento da quantidade de areia, principalmente por ocasião de chuvas fortes. Cerca de doze carrinhos de areia são recolhidos. Cada carrinho tem capacidade de conduzir sacos de lixo de 100 litros.

3.5 - ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS

Dentro de 1 hora, todas as amostras chegavam ao laboratório e imediatamente fazia-se a triagem para a separação das amostras a serem preservadas ou apenas refrigeradas. Estas eram imediatamente armazenadas em uma câmara de refrigeração. Realizou-se a preservação das amostras e procedimentos para as análises de acordo com os métodos e recomendações contidos no STANDARD METHODS, 15th Edition, 1980.

Vários fatores foram levados em consideração na seleção dos parâmetros monitorados neste trabalho. Estes fatores, entre outros incluem:

- 1 - Características dos constituintes do escoamento urbano;
- 2 - Suspeita de existência de determinados poluentes na bacia;
- 3 - Significância sanitária da drenagem urbana; e
- 4 - Parâmetros de qualidade da água de escoamento pluvial urbano comumente verificados.

Selecionou-se os 33 parâmetros de qualidade da água listados na Tabela 3.3., baseados nas considerações acima. Nesta mesma Tabela são apresentadas as técnicas analíticas utilizadas para medição dos constituintes em amostras coletadas do escoamento.

Os parâmetros físicos, constituintes orgânicos, constituintes inorgânicos, nutrientes e indicadores microbiológicos foram analisados no laboratório de análises físico - químico e labora-

TABELA 3,3 - Relação dos Parâmetros de Qualidade da Água de Escoamento Pluvial Urbano Estudados e Técnicas Analíticas Utilizadas

PARÂMETROS	TECNICA ANALÍTICA
<u>FÍSICOS</u>	
Temperatura do ar	Termômetro de mercúrio
Temperatura da água	Termômetro de mercúrio
pH	Potenciométrica - pHmetro
Condutividade	Condutivimétrica
Cor aparente	Comparação visual, platina - cobalto
Turbidez	Nefelométrica
Sólidos totais	Evaporação e secagem entre 103°C e 105°C
Sólidos totais voláteis	Diferença entre sólidos totais e sólidos totais fixos
Sólidos dissolvidos totais	Filtração, evaporação e secagem entre 103°C e 105°C
Sólidos suspensos totais	Diferença entre sólidos totais e sólidos dissolv. totais
Sólidos sedimentáveis	Cone Imhoff
<u>METAIS PESADOS</u>	
Chumbo total	Espectrofotometria de absorção atômica
Zinco total	Espectrofotometria de absorção atômica
Cádmio total	Espectrofotometria de absorção atômica
Cromo total	Espectrofotometria de absorção atômica
Cobre total	Espectrofotometria de absorção atômica
Ferro total	Colorimétrica, Orto - Fenantrolina
<u>CONSTITUINTES INORGÂNICOS</u>	
Acidez	Titulação potenciométrica até pH pré-determinado
Alcalinidade	Titulação potenciométrica até pH pré-determinado
Cloretos	Titulação, Argentometria
Oxigênio dissolvido	Winkler Modificado, Azida Sódica
<u>NUTRIENTES</u>	
Amônia	Destilação prévia e titulação c/ácido sulfúrico
Nitrito	Colorimétrica, Sulfanilamida e N-(1-Naftil)Etileno Diamina
Nitrato	Colorimétrica, método da Brucina
Fosfatos totais	Colorimétrica, Cloreto Estanoso
Sulfatos totais	Colorimétrica, precipitação com BaCl ₂
<u>CONSTITUINTES ORGÂNICOS</u>	
DBO _{5,20°C}	Diluição e incubação, tempo padrão de 5 dias a 20°C
DQO	Colorimétrica (Hach), oxidação por K ₂ Cr ₂ O ₇
Óleos e Graxas	Extração em Soxhlet
<u>INDICADORES MICROBIOLÓGICOS</u>	
Coliformes totais *	Fermentação em tubos múltiplos, presuntivo com sementeira em caldo de Lauryl Tryptose e confirmatório em caldo lactozado com bile e verde brilhante
Coliformes fecais *	Fermentação em tubos múltiplos, sementeira em meio EC
Conteúdo Bacteriano total*	Sementeira em "TRYPTONE GLUCOSE EXTRACT AGAR"

* EPA, 1978.

tório de análises microbiológicas do IPH-UFRGS.

As análises de metais pesados exceto ferro total, foram realizadas no Centro de Ecologia do Instituto de Biociências da UFRGS e nos laboratórios da CIENTEC. O limite de detecção do Espectrofotômetro de Absorção Atômica usando chama de ar - acetileno do Centro de Ecologia são:

Cr - 0,08 mg/l

Cu - 0,08 mg/l

Pb - 0,19 mg/l

Cd - 0,03 mg/l

Zn - 0,02 mg/l

As amostras do dia 05/05/84, foram analisadas no aparelho da CIENTEC. Os limites de detecção dos metais pesados no aparelho não foram fornecidos.

3.6 - SISTEMA DE CONTROLE DOS DADOS

Os dados obtidos foram arquivados e catalogados num programa de computador elaborado para o microcomputador APPLE II do IPH.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Resultados obtidos das análises das águas de escoamento pluvial da Bacia dos Açorianos, coincidem com algumas indicações prévias de bacias de usos semelhantes.

Todos os resultados de análises das águas do escoamento pluvial, precipitação e deflúvio dos eventos amostrados são apresentados nos anexos I e II, respectivamente.

A Tabela 4.1, mostra a média aritmética, desvio padrão e valores extremos (mínimo e máximo) dos parâmetros analisados, para os primeiros 30 minutos dos escoamentos de cada evento (chuva) de 29 de janeiro a 03 de julho de 1984.

Para o cálculo da média aritmética e desvio padrão dos metais pesados foi utilizado o valor limite de detecção do aparelho, como o valor limite observado.

As concentrações máximas observadas foram em geral 3 a 7 vezes maior do que as concentrações médias, exceto cor, coliforme total, coliforme fecal e CBT que atingiram índices maiores que 10.

TABELA 4,1 - Concentrações dos Constituintes da Drenagem Pluvial da Bacia dos Açorianos (Janeiro - Julho 1984)

P A R Â M E T R O S	Média	Desvio Padrão	Extremos	
			Mínimo	Máximo
Temperatura do ar (°C)	24,3	5,2	13,5	31,0
Temperatura da água (°C)	25,7	3,6	17,5	30,0
pH	7,2	0,4	6,5	8,3
Condutividade (µmho/cm)	232,2	94,5	72,0	445,0
Cor aparente (mg/l de Pt)	2080	4703	50	20000
Turbidez (UNT)	106,1	54,3	30,0	270,0
Sólidos totais (mg/l)	1.522,7	2096,0	160,0	10225,0
Sólidos totais fixos (mg/l)	1.255,7	1911,8	95,0	8985,0
Sólidos totais voláteis(mg/l)	270,4	225,4	10,0	1240,0
Sólidos dissolvidos totais(mg/l)	228,9	109,2	75,0	555,0
Sólidos suspensos totais (mg/l)	1.394,6	2103,1	10,0	9880,0
Sólidos sedimentáveis (ml/l)	36,4	68,6	0,0	260,0
Chumbo total (mg/l)	0,19	0,03	0,10	0,31
Zinco total (mg/l)	0,77	0,64	0,03	3,31
Cádmio total (mg/l)	< 0,03	-	-	-
Cromo total (mg/l)	0,09	0,03	0,06	0,23
Cobre total (mg/l)	0,20	0,20	0,06	1,12
Ferro total (mg/l)	30,33	27,46	0,19	81,29
Acidez (mg/l)	17,1	9,9	1,0	55,6
Alcalinidade (mg/l)	84,3	68,5	21,0	326,2
Cloretos (mg/l)	17,6	11,5	5,5	52,5
Oxigênio dissolvido (mg/l)	3,4	1,4	0,0	6,6
Amônia (mg/l)	1,00	0,81	0,31	4,88
Nitritos (mg/l)	0,14	0,19	0,01	0,85
Nitratos (mg/l)	1,86	2,60	0,20	16,61
Fosfatos totais (mg/l)	0,347	0,430	0,008	2,580
Sulfatos totais (mg/l)	16,73	11,55	2,24	51,91
DBO ₅ ,20°C (mg/l)	31,8	23,0	1,3	97,9
DQO (mg/l)	176,53	144,96	2,20	597,51
Óleos e graxas (mg/l)	23,1	13,5	1,0	56,5
Coliformes totais (NMP/100ml)	1,7x10 ⁷	6,4x10 ³	4,0x10 ²	2,4x10 ⁸
Coliformes fecais (NMP/100ml)	1,5x10 ⁷	4,8x10 ⁶	4,0x10 ²	2,4x10 ⁸
CBT (CBT/ml)	6,2x10 ⁶	1,3x10 ⁷	2,1x10 ⁴	6,3x10 ⁷

Sete eventos (chuva) foram monitorados. As descrições dessas chuvas são mostrados na Tabela 4.2. Nem todas as chuvas ocorridas entre janeiro a julho de 1984 foram aproveitadas. São foram acompanhadas as chuvaradas iniciais (pancada).

Não foram coletadas amostras do escoamento de chuvas menores que 1mm/h, pois estas apenas umedeciam o asfalto, acumulavam-se nas depressões e não produziam escoamento superficial. Chuvas um pouco maiores provocavam escoamento, porém com pequena vazão que não serviam para coleta de amostras características.

As chuvas 1, 2, 3 e 4 foram do tipo convectivo, e as demais do tipo frontal.

A chuva 4 foi muito forte com ventos também fortes, alagando toda a avenida Loureiro da Silva. Das 17:50h às 18:45h não foi possível medir a vazão pois, a água transbordou a calha de medição.

TABELA 4,2 - Descrição dos Eventos (Chuva) Monitorados

Chuva	D a t a	D A E	Duração da Chuva min	Chuva Total mm
1	29/01/84	8	35	4,40
2	16/02/84	9	30	2,05
3	24/02/84	4	25	6,10
4	09/03/84	6	55	24,00
5	28/03/84	3	160	12,00
6	05/05/84	11	155	6,00
7	03/07/84	6	120	11,20

DAE: Dias Antecedentes de Estiagem

Na Tabela 4.3, estão listados os horários de coleta das amostras de cada uma das chuvas aproveitadas, para posterior análise de laboratório.

TABELA 4,3 - Data/Hora da Coleta das Amostras

AMOSTRA	DATA/HORA						
	29/01/84	16/02/84	24/02/84	09/03/84	28/03/84	05/05/84	03/07/84
1	17:15	14:32	19:15	17:05	24:20	11:35	14:55
2	17:25	14:51	19:25	17:45	24:35	12:40	15:20
3	17:30	14:56	19:30	17:50	24:40	12:45	15:25
4	17:35	15:01	19:35	17:55	24:45	12:50	15:30
5	17:45	15:06	19:40	18:00	24:50	12:55	15:35
6		15:16	19:45	18:10	1:00	13:05	15:45
7		15:26			1:10	13:15	15:55
8							16:25

4.1 - ANÁLISE DE REGRESSÃO E CORRELAÇÃO

O estudo de correlação entre parâmetros podem mostrar a relação causa/efeito, entre os constituintes da água. Se são obtidas correlações entre parâmetros, alguns deles podem ser calculados de outros que tenham sido medidos no laboratório. Isto resultaria em significativa economia de carga de trabalho no laboratório e custo de operação.

Neste trabalho foi utilizado o método dos mínimos quadrados para a obtenção do coeficiente de correlação entre dois parâmetros. Para descrição da relação funcional foi utilizada a expressão matemática do tipo: $Y=a+bx$.

Uma matriz de correlação foi desenvolvida, e aqueles pares de parâmetros que apresentaram resultados mais significantes são mostrados na Tabela 4.4.

Outros métodos estatísticos, como a análise de regressão múltipla para uma dada amostra, o grau de correspondência entre uma variável dependente e um ou mais variáveis independentes, poderão ser utilizados para obtenção de curvas de regressão que se adaptem melhor aos dados coletados.

TABELA 4,4 - Resultados da Análise de Regressão e Correlação

Variáveis		Equação	Coef.de Correlação R
X	Y		
Cor (mg/l)	SS (mg/l)	$Y = 7,647 + 0,012 X$	0,90
ST (mg/l)	STF(mg/l)	$Y = -79,727 + 0,968 X$	0,96
STF (mg/l)	SST(mg/l)	$Y = 111,592 + 1,022 X$	0,93
CF(NMP/100ml)	CT(MNP/100ml)	$Y = 2378877,980 + 0,987 X$	0,99

4,2 - QUALIDADE DO FLUXO DE BASE

As concentrações médias dos constituintes do fluxo de base estão listados na Tabela 4.5.

O baixo teor de poluentes do fluxo de base, evidenciou a não contaminação por esgoto sanitário. O fluxo de base existente no local da coleta é aquela proveniente da água de infiltração do lençol freático, pois, esta bacia não possui nenhum outro tipo de lançamento de água. A $DBO_{5,20^{\circ}C}$ média do fluxo de base (3,9mg/l), é praticamente igual ao valor da DQO (3,34mg/l).

4.3 - QUALIDADE DO ESCOAMENTO PLUVIAL

A qualidade do escoamento pluvial da Bacia dos Açorianos foi determinada por meio de análises físicos, químicos e bacteriológicos.

As possíveis causas de variações de alguns desses parâmetros são discutidos a seguir.

4.3.1 - ASPECTOS FÍSICOS

A temperatura média do ar e da água foi de 24,3 °C e 25,7°C, respectivamente.

O pH médio da drenagem pluvial foi de 7,2. O pH em alguns eventos pareceu declinar no decorrer do escoamento, presumivelmente devido a diluição pela chuva. Em outros pareceu aumentar. Em uma ocasião foi observado um pH de 9,6 (28/03/84). Isto pode ter sido influenciado pela pintura do meio-fio com cal feita na época do carnaval, ou por uma contaminação eventual não detectada, por exemplo, provenientes de caminhão betoneira ou de caminhão caçamba, carregados de concreto ou argamassa que trafegam pela avenida. A praça dos Açorianos é o local de concentração das escolas de samba que desfilam na Avenida Loureiro da Silva.

A elevada cor e turbidez, no início do escoamento, talvez seja devido a lavagem do material depositado nas tubulações, no asfalto e sarjetas.

A cor variava de uma tonalidade escura acinzentada, típica de lavagem de rua com pó de desgaste de pneu e asfalto, para uma cor

avermelhada.

Em geral, a amostra nº 2 apresentava uma cor amarelada, talvez devido a alta concentração de ferro depositado na tubulação, provavelmente do Momunento dos Açorianos, e carregado pela água de infiltração do lençol freático.

A alta proporção de sólidos no início do escoamento pode ser devido ao movimento no sistema coletor de grande quantidade de partículas depositadas da chuva anterior.

A elevada turbidez (106,1 UNT) é decorrente da presença da alta concentração de sólidos suspensos e de microorganismos.

A drenagem pluvial apresentou um valor médio de 1394,6 mg/l de sólidos suspensos totais. Estes sólidos são os principais responsáveis pelos altos volumes de lodo nos tratamentos de esgotos.

A condutividade (232,2 mg/l) foi elevada na maioria das amostras, bem como os sólidos dissolvidos totais (228,9 mg/l) presentes.

Os teores elevados de sólidos dissolvidos totais, podem provocar acúmulo de sais nas estações de tratamento de esgotos alterando a biomassa responsável pela degradação da matéria orgânica.

Os sólidos totais variaram de 160,0 mg/l a 10.225,0 mg/l. Estes valores demonstram que bacias urbanas também podem produzir grande carga de sólidos, principalmente areia, que são carregados pela drenagem pluvial.

A diferença entre os sólidos totais fixos e voláteis

(1255,7 mg/l e 270,4 mg/l, respectivamente) indica que a drenagem pluvial urbana com médio fluxo de veículos é mais rica em materiais minerais do que materiais orgânicos.

O teor médio de sólidos sedimentáveis foi elevada nesta bacia (36,4 ml/l). Estes materiais são responsáveis pela diminuição da seção disponível da rede, exigindo a limpeza de caixas de areia e galerias após uma chuva.

A água permanecendo na bacia entre eventos de escoamento tende a tornar-se séptica. Os sólidos no início do escoamento, em geral tinham características de sépticos ou lodo anaeróbico.

4.3.2 - METAIS PESADOS

Seis metais pesados foram escolhidos para análises. Concentrações de chumbo total atingiram 0,31 mg/l, zinco total 3,31 mg/l, cromo total 0,23 mg/l e cobre total 1,12 mg/l em pelo menos uma ocasião. Concentrações de ferro total foram sempre maiores que 0,19 mg/l, atingindo 81,29 mg/l uma vez. O alto nível de ferro total talvez, seja devido, ao Monumento dos Açoria - nos, construído em ferro.

O teor de cádmio foi sempre inferior a 0,03 mg/l em todas as amostras analisadas (limite de detecção do aparelho: 0,03mg/l).

As concentrações de metais pesados encontrados na drenagem pluvial, são mais altos do que no efluente secundário de uma estação de tratamento de esgotos domésticos.

As concentrações de metais pesados verificados nesta bacia, foram em geral maiores do que aqueles verificados por

KLEIN, H. 1983

Os metais pesados encontrados são provavelmente derivados de produtos de exaustão de queima de combustíveis dos veículos, e de materiais sedimentados.

4.3.3 - POLUENTES INORGÂNICOS

O nível médio de cloretos encontrados na Bacia dos Açorianos foi de 17,6 mg/l. Altas concentrações do íon cloreto na água podem trazer restrições ao sabor da água. Os digestores anaeróbicos são influenciados pela presença de cloretos.

A concentração média de acidez, alcalinidade e OD encontrados foi de 17,1 mg/l, 84,3 mg/l e 3,4 mg/l, respectivamente. A concentração de alcalinidade de 326,2 mg/l do dia 09/03/84, talvez seja devida a pintura do meio-fio com cal.

4.3.4 - NUTRIENTES

Os nutrientes medidos no escoamento foram amônia, nitrito, nitrato, fosfatos totais e sulfatos totais. As concentrações desses nutrientes foram respectivamente 1,00 mg/l, 0,14 mg/l, 1,86 mg/l, 0,347 mg/l e 16,73 mg/l.

A concentração de 4,88 mg/l de amônia no dia 09/03/84, foi provavelmente devida a grande concentração de pessoas no local durante o período de carnaval. A instituição de serviços Sanitários volante ("pipimóvel") por ocasião desses tipos de eventos, além de trazer o bem-estar da população, podem contribuir para diminuir a poluição.

A amônia pode ser indicativo de poluição e devido ao seu significativo efeito na cloração, a EPA, recomenda que as fontes de água para abastecimento não excedam 0,5 mg/l.

Os sulfatos encontrados no escoamento são provavelmente devidos aos dióxido de enxofre e outros produtos sulfurosos contidos nos combustíveis. A concentração de nitrato é relativamente alta. A fonte de nitrito não é conhecida, mas alguns deles são provenientes da lixiviação de fertilizantes usados sobre o solo da praça e da decomposição de matéria orgânica de dejetos humanos e animais.

De uma maneira geral os nutrientes encontrados na Bacia dos Açorianos podem ser devidos à lavagem da atmosfera pela chuva, dos sólidos e das poeiras das ruas, da lixiviação de podas das árvores e aparas do gramado, fertilizantes utilizados na praça e produtos de combustão de derivados de petróleo, expelidos pelos veículos.

4.3.5 - POLUIÇÃO ORGÂNICA

Na verdade, a matéria orgânica é necessária para o ciclo biológico da vida. Mas em excesso em um corpo d'água poderá destruí-lo. A medida que aumenta a concentração da matéria orgânica, lançada num lago, por exemplo, aumenta o consumo de oxigênio, devido à atividade bacteriana que deverá transformar e estabilizar aquela matéria. A medida que o nível de oxigênio diminui, os organismos que não toleram a falta de oxigênio começam a desaparecer. Os peixes mais sensíveis morrem em primeiro lugar, depois os demais organismos aquáticos, tais como crustá-

ceos e os protozoários, permanecendo apenas os organismos que não necessitam de oxigênio como forma de vida. Quando o oxigênio já foi totalmente consumido, passam à ação, bactérias anaeróbicas, ocorrendo desagradável despreendimento de odor e de gases, além da formação da cor negra característica.

A $DBO_{5,20^{\circ}C}$ média encontrada nesta bacia foi 31,8 mg/l. A DQO média de 176,53 mg/l. A relação entre $DBO_{5,20^{\circ}C}$ e DQO foi de 1:5; superior àquela normalmente encontrada no esgoto sanitário (1:3), o que demonstra existirem substâncias embora biodegradáveis, sofrem uma decomposição muito lenta (estabilização bacteriana mais demorada) e/ou mostra a presença de substâncias tóxicas inibidoras da DBO. Alguns desses produtos podem ser provenientes dos gramados, árvores (folhas) e óleos e graxas, que na bacia apresentou uma concentração de 23,1 mg/l óleos e graxas. Em uma ocasião (03/07/84) foi verificada uma concentração de 56,5 mg/l. O aumento ocasional de concentrações de óleos e graxas pode ser devido a derramamentos acidentais como ocorre em caso de transferência de combustível, de vazamento de óleos e graxas de veículos ou de descarga deliberada. A provável fonte de hidrocarbonetos na drenagem pluvial urbana são os óleos, graxas e resíduos de combustíveis sobre as ruas. Os compostos inorgânicos no estado reduzido podem ter influenciado nos valores da DQO.

Na chuva do dia 09/03/84, foi verificada uma $DBO_{5,20^{\circ}C}$ de 97,9 mg/l. Isto provavelmente ocorreu devido ao lançamento de restos de alimentos, latas e garrafas de cerveja e refrigerantes, cascas de sorvetes, baganas de cigarros, etc., que puderam

ser notados no início do escoamento. As tendas para a venda de lanches instalados na praça por ocasião do carnaval, devem ter influido para o aumento da DBO, pois, as águas das lavagens dos utensílios eram lançadas no próprio local.

4.3.6 - ASPECTOS BACTERIOLÓGICOS

A concentração média de coliformes totais foi de $1,7 \times 10^7$ NMP/100 l, de coliformes fecais $1,5 \times 10^7$ NMP/100 ml e o CBT foi de $6,2 \times 10^6$ CBT/ml.

As fezes dos mendigos que perambulam na praça dos Açorianos, fezes de cães de estimação que são levados para passear e fezes de ratos contribuem para a alta contagem bacteriana.

O nível médio de coliformes são pelo menos 10.000 vezes maior do que encontrados em alguns pontos do Rio Guaíba. Em alguns trechos das praias do Guaíba, o nível de coliformes fecais atinge cinco vezes mais a quantidade tolerada para a balneabilidade. Esta situação pode ser agravada após uma chuva, devido a alta concentração de coliformes fecais contidos na drenagem pluvial.

A maior parte da bacia estudada encontra-se ocupada por uma praça gramada e por algumas áreas nuas, sendo a restante coberta por asfalto e calçadas. Os microorganismos quantificados podem ter origem nestas áreas e refletir as condições aí reinantes.

Os microorganismos não se encontram livres na fase líquida do solo e sim aderidas, por efeito eletrostático, à partículas de argila e húmus, exigindo uma certa força da água pluvial para ser removido e carregado até às bocas de lobo. O número destes mi

microorganismos pode depender do tipo de solo e da sua cobertura (vegetação), no caso grama, o que determina uma grande densidade devido ao maior suprimento de nutrientes, fornecidos pelos seus exudatos ou pela sua decomposição. As partículas de areia e pó locais e de outras áreas existentes na parte pavimentada, podem ser outra fonte de microorganismos, pois estas se aderem a elas.

Assim a densidade e diversidade de microorganismos encontrados na água de drenagem pluvial, depende das populações terrestres circundantes, e uma pequena proporção pode ser trazida de áreas mais distantes pelo vento e veículos.

Os microorganismos da parte gramada em condições naturais do solo, podem formar associações estáveis (comunidades microbianas) de tal maneira que o escoamento pluvial desta área possa possuir de forma generalizada, a mesma densidade de microorganismos. Já o mesmo não se pode dizer da drenagem pluvial da área pavimentada, por haver uma série de fatores que influenciam a sobrevivência dos microorganismos aderidos às partículas de pó e areia. Fatores tais como as condições climáticas (tempo decorrido entre duas precipitações consecutivas, luz, umidade e temperatura), resistência às condições adversas e a capacidade de formar esporos ou listos, atuando conjuntamente, também podem influenciar a densidade microbiana da água de drenagem da área pavimentada.

4.4 - POLUTOGRAMA

As concentrações dos constituintes da qualidade da água do escoamento pluvial com o tempo, podem ser visualizadas através de polutogramas pois, fornecem a indicação do pico de concentração esperado e o tempo de duração do escoamento que afetará o corpo receptor. Relata ainda a qualidade da água de escoamento com o volume do escoamento a qualquer instante.

A chuva do dia 03/07/84, foi escolhida para traçar o polutograma por conter uma quantidade maior de pontos amostrados (anexo III).

Verifica-se através desses polutogramas que a maioria dos constituintes da drenagem pluvial apresentam os efeitos da primeira lavagem. As demais chuvas também mostraram comportamento semelhante. Em geral observa-se um certo paralelismo entre os parâmetros. Os resultados listados na Tabela 4.5, indicam o efeito da primeira lavagem com o tempo decorrido após o início do escoamento. Mostram também os primeiros 30 min das sete chuvas monitoradas.

Verifica-se o pico das concentrações entre 5 e 10 min após o início do escoamento, na maioria dos parâmetros estudados. Coliformes totais, coliformes fecais e CBT, em geral, apresentaram concentração máxima aos 15 min. Houve um decréscimo do nível de oxigênio no começo do escoamento, recuperando a condição inicial após 30 min de escoamento. A temperatura do ar e água diminuíram e o pH aumentou no decorrer do evento.

Nos polutogramas do dia 03/07/84, após o pico mais elevado

no início do escoamento, ocorreram picos menores em alguns parâmetros. Isto talvez seja devido a contribuição da parte permeável da bacia, pois visualizava-se a mudança do aspecto das amostras. Um outro motivo talvez seja devido aos poluentes trazidos de outras bacias pelos veículos e lavados pela chuva durante o movimento. É interessante notar que o pico do polutograma precede o pico do hidrograma, indicando um efeito da primeira lavagem logo no início do escoamento.

Um exemplo de dados de precipitação, escoamento e concentração de constituintes e carga para uma chuva é mostrado na Figura 4.1. Para este exemplo foi utilizada a chuva do dia 03/07/84, no cálculo da carga cumulativa de DQO. A chuva total foi de 11,20 mm, e o pico de descarga foi de 27,4 l/s. A chuva iniciou às 14:45 h e aumentou abruptamente no intervalo das 15:10 h às 15:15 h. O fluxo no local da coleta tornou-se apreciável às 15:15h. O tempo de retardamento da bacia de aproximadamente 15 min, talvez seja devido a acumulação na bacia, causada pela sua pequena declividade, infiltração, evaporação, etc. As concentrações de DQO das oito amostras foram superpostas sobre o hidrograma de descarga. A concentração de DQO no escoamento pluvial foi mais alta (429,20 mg/l) na terceira amostra. A mais baixa (7,15 mg/l) foi coletada às 16:25 h, durante a última parte do escoamento. Os valores das cargas são obtidos multiplicando os valores da concentração pelo valor da descarga no instante da amostragem, como indicado na expressão:

$$M 2 f . C . Q$$

(13)

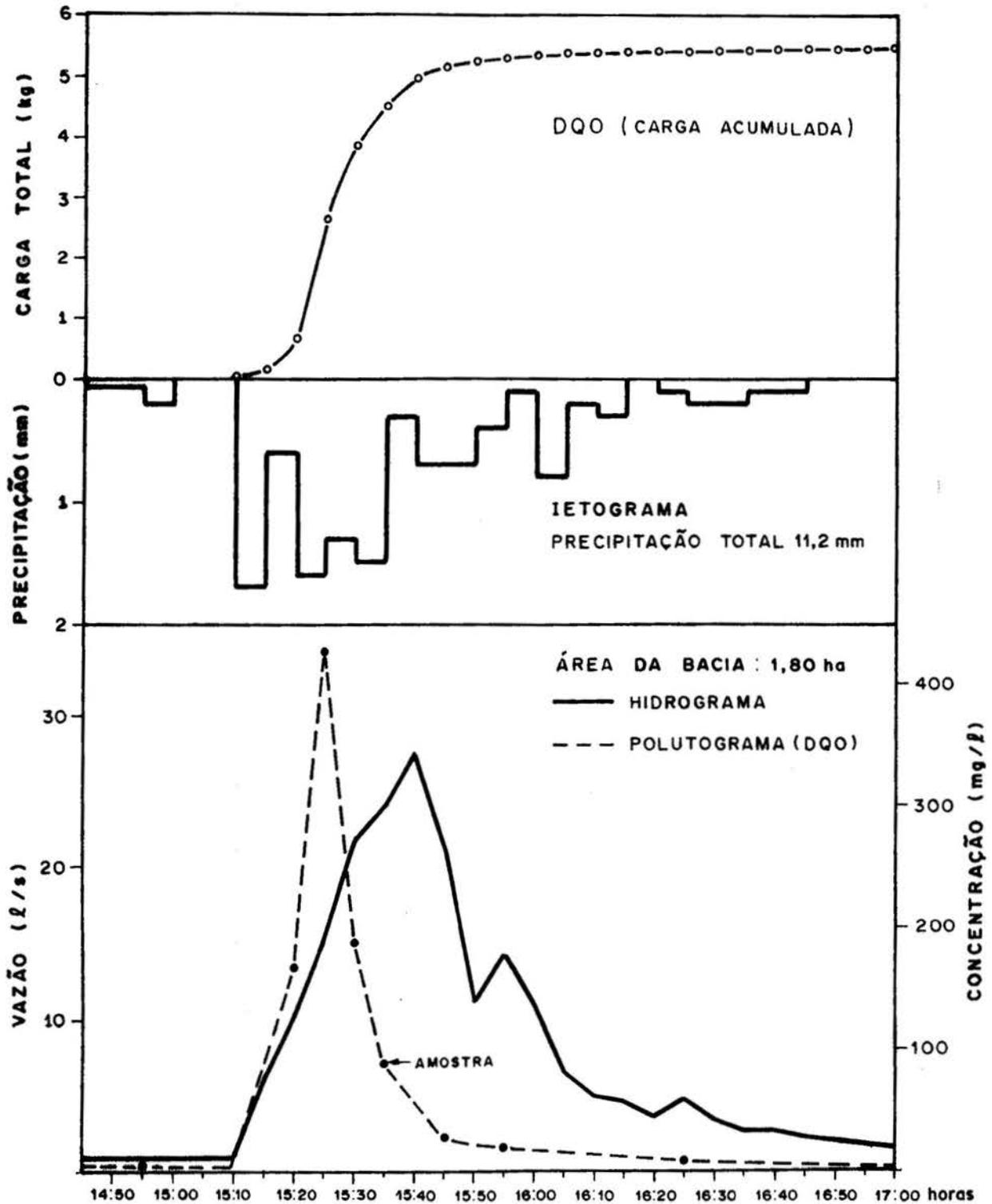


FIGURA 4.1 - Ietograma, Hidrograma, Polutograma e carga acumulada de DQO no escoamento da Bacia dos Açorianos da chuva do dia 03/07/84

TABELA 4,5 - Concentrações Médias dos Constituintes do Escoamento Vs Tempo

P A R Â M E T R O S	TEMPO APÓS O INÍCIO DO ESCOAMENTO (min)					
	0 *	5	10	15	20	30
Temperatura da ar (°C)	26,4	24,2	24,2	24,3	24,4	23,0
Temperatura da água(°C)	26,3	25,9	25,8	25,7	25,3	24,0
pH	7,1	7,0	7,1	7,1	7,2	7,4
Condutividade (µmho/cm)	264,0	339,3	242,6	199,3	172,1	176,2
Cor aparente (mg/l de Pt)	150	9721	914	457	700	282
Turbidez (UNT)	56,4	185,7	116,4	97,1	95,0	82,5
Sólidos totais (mg/l)	202,9	4221,4	1816,4	755,0	1215,7	825,0
Sólidos totais fixos(mg/l)	145,7	3620,7	1517,9	516,4	640,7	1065,8
Sólidos totais voláteis(mg/l)	57,1	600,7	298,7	238,6	217,9	199,2
Sólidos dissolvidos totais(mg/l)	169,3	262,1	307,1	237,1	208,6	182,5
Sólidos suspensos totais(mg/l)	35,7	3959,3	2029,3	513,6	1007,1	727,3
Sólidos sedimentáveis (ml/l)	8,6	174,3	15,0	6,4	7,8	1,7
Chumbo total (mg/l)	0,18	0,22	0,19	0,19	0,18	0,18
Zinco total (mg/l)	0,27	1,74	0,76	0,68	0,66	0,45
Cádmio total (mg/l)	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Cromo total (mg/l)	0,08	0,10	0,10	0,09	0,08	0,10
Cobre total (mg/l)	0,17	0,40	0,15	0,15	0,20	0,11
Ferro total (mg/l)	3,93	50,48	51,29	37,79	22,49	16,03
Acidez (mg/l)	10,1	27,7	19,1	16,7	16,3	11,8
Alcalinidade (mg/l)	117,7	185,0	55,0	46,3	43,8	53,5
Cloretos (mg/l)	14,0	22,5	24,9	18,3	14,8	11,2
Oxigênio dissolvido(mg/l)	4,4	1,8	2,7	3,3	3,6	4,4
Amônia (mg/l)	0,59	1,55	1,35	0,94	0,89	0,69
Nitritos (mg/l)	0,02	0,14	0,28	0,20	0,12	0,07
Nitratos (mg/l)	0,59	4,88	1,86	1,46	1,22	1,05
Fosfatos totais(mg/l)	0,180	0,780	0,360	0,275	0,259	0,207
Sulfatos totais (mg/l)	7,78	15,56	24,56	20,37	18,32	13,27
DBO _{5,20°C} (mg/l)	3,9	47,3	49,2	37,3	31,1	19,9
DQO (mg/l)	3,34	256,84	339,46	210,57	149,52	86,58
Óleos e graxas (mg/l)	8,9	28,6	33,6	26,4	23,4	17,0
Coliformes totais (NMP/100ml)	1,7x10 ⁴	2,0x10 ⁶	2,1x10 ⁷	5,6x10 ⁷	1,4x10 ⁷	8,5x10 ⁶
Coliformes fecais (NMP/100ml)	1,5x10 ⁴	1,6x10 ⁶	1,7x10 ⁷	5,5x10 ⁷	9,4x10 ⁶	5,2x10 ⁶
CBT (CBT/ml)	6,0x10 ⁵	7,3x10 ⁶	4,2x10 ⁶	1,2x10 ⁷	7,7x10 ⁶	5,0x10 ⁶

* Fluxo de Base

onde M é o valor da carga total, f o fator de conversão, C a concentração e Q a descarga. O valor de f depende da unidade usada para expressar M , C e Q . Quando o valor exato da descarga no instante da amostragem não for disponível, valores médios são usados. A carga de DQO em kg/min é obtido multiplicando a concentração em mg/l e a descarga em l/s por 0,00006, fator de conversão. A carga total de DQO para o período de chuva é a soma das cargas para cada intervalo (5 min neste exemplo). As amostras da chuva do dia 03/07/84 foram coletadas durante 75% de escoamento. As concentrações em intervalos onde não foram coletadas amostras são estimadas usando as concentrações obtidas do polutograma.

Os valores de f de várias combinações de unidades são dadas na Tabela 4.6.

TABELA 4,6 - Fatores de Conversão

M	C	Q	f
kg/d	mg/l, ppm	l/s	0,0864
kg/d	mg/l, ppm	m ³ /h	0,024
kg/d	mg/l, ppm	m ³ /d	0,001
kg/h	mg/l, ppm	m ³ /s	3,6
kg/h	mg/l, ppb	m ³ /s	0,0864
kg/h	mg/l, ppm	l/s	0,0036
kg/min	mg/l, ppm	m ³ /h	0,0000167
kg/min	mg/l, ppm	m ³ /s	0,06
kg/min	mg/l, ppm	l/s	0,00006

4.5 - COMPARAÇÃO ENTRE A CARGA ANUAL DE POLUENTES PRODUZIDOS PELA DRENAGEM PLUVIAL E ESGOTO SANITÁRIO

É feita uma comparação entre a carga anual de poluentes provenientes do escoamento pluvial urbano e esgoto sanitário da cidade de Porto Alegre. Esta comparação é independente do corpo receptor ou das condições climáticas. Os resultados desta análise são mostrados na Tabela 4.7.

As concentrações médias dos poluentes na drenagem pluvial foram consideradas iguais as encontradas na Bacia dos Açorianos, para toda a área urbana de Porto Alegre. Esta hipótese pode representar uma situação real, porém, devido aos diferentes tipos de uso do solo existentes, as cargas aqui calculadas poderão ser maiores ou menores. Também não foi determinado um pior tipo de chuva neste estudo, eficaz para remoção de poluentes, sendo adotada a precipitação total anual. O volume diário de esgoto per capita foi considerado equivalente a 80% do consumo diário per capita de água.

Os dados abaixo foram adotados neste estudo:

- a) área total: 31.353 ha
- b) população: 1.200.000 hab
- c) volume diário de esgoto per capita: 270 l/hab.d
- d) chuva total anual: 1.316,6 mm
- e) coeficiente de escoamento: 0,6
- f) eficiência de tratamento de esgoto doméstico: 80%

O escoamento pluvial urbano não tratado pode contribuir com a maioria de poluentes para o corpo receptor. Se por um lado o

esgoto doméstico está recebendo um bom tratamento (80% de remoção de poluentes) por outro lado, o escoamento pluvial urbano pode contribuir com cerca de 64% de SDT, 98% de SST, 99% de chumbo total, 50% de zinco total, 96% de cromo total, 98% de cobre total, 2% de amônia, 7% de fosfatos totais, 52% de $DBO_{5,20^{\circ}C}$, 67% de DQO e 80+ de óleos e graxas para o corpo receptor. Um tratamento adicional do esgoto doméstico melhorará muito pouco a qualidade da água do corpo receptor. Portanto, eles não podem ser adequadamente protegidos a não ser que o escoamento pluvial seja tratado ou controlado por um substancial programa de limpeza de rua. Isto também tem sido reconhecido em testes realizados pela EPA, em muitas cidades dos Estados Unidos.

Estes resultados devem ser vistos com cautela, pois, foram calculados tomando a concentração média de todos os eventos monitorados e multiplicados pelo escoamento total anual para conseguir a massa total anual. O modo mais preciso deveria ser a soma dos produtos da descarga e concentração sobre cada um dos eventos observados, para obter a emissão total de poluentes em um ano.

Para amostras individuais de chuva, o efeito do impacto da carga poluidora proveniente do escoamento pluvial urbano não tratado, num corpo receptor pode ser grande. Durante o período de precipitação as cargas da maioria das substâncias poluidoras podem atingir o múltiplo das registradas na saída de uma estação de tratamento de esgotos domésticos, durante a chuva.

TABELA 4,7 - Carga Anual de Poluentes Produzidos pelo Esgoto Doméstico Tratado e Drenagem Pluvial

P A R Â M E T R O S	Esgoto Tratado	Drenagem Pluvial	
	Carga (t)	Carga (t)	Carga ao Corpo Recep. (%)
Sólidos dissol.totais	32000	57.225	64
Sólidos susp.totais	7200	348.650	98
Chumbo total	0,4	48	99
Zinco total	192	193	50
Cromo total	0,9	23	96
Cobre total	0,9	50	98
Amônia	792	250	2
Fosfatos totais	1200	87	7
DBO _{5,20°C}	7200	7.950	52
DQO	21600	44.132	67
Óleos e graxas	1440	5.775	80

4.6 - EFEITOS SOBRE O CORPO RECEPTOR

Quando poluentes de superfícies de ruas contaminadas são carreadas pelo escoamento pluvial e descarregados em um corpo receptor, a sua qualidade pode ser afetada de várias maneiras. Verifica-se através dos valores médios de DBO e coliformes no escoamento, que os efeitos importantes imediatos que essas águas poderiam provocar num corpo d'água seriam a depleção de oxigênio e contaminação bacteriana. Outros efeitos mais demorados que poderiam ser observados seriam o enriquecimento de nutrientes, principalmente responsáveis pela eutrofização, e os efeitos tóxicos sobre os organismos devido a presença de metais pesados.

Os efeitos da depleção de oxigênio são provavelmente o mais imediato e severo. Em uma ocasião foi verificado nível zero de oxigênio na água do escoamento.

A quantidade de sólidos suspensos, 9,880 mg/l (chuva do dia 09/03/84), provenientes da drenagem pluvial poderia ser prejudicial para os peixes. As águas contendo 80 a 400 mg/l de sólidos suspensos já são danosas para os peixes. Acima deste valor sobrevivem apenas os peixes de baixa qualidade, e estes provavelmente estarão altamente contaminados. Além disso, um alto teor de sólidos suspensos impedem a penetração da luz e piora o aspecto estético da água devido ao aumento da turbidez.

O potencial recreacional e estético é reduzido pelo crescimento de vegetação e pelo desenvolvimento da grande quantidade de algas verde-azuis, provocada pelo enriquecimento de nutrientes. Os ventos podem empurrar essa massa de algas para as margens, e aí entrar em processo de decomposição. As cargas de fósforo, nitrogênio e demais nutrientes, poderão acelerar a eutrofização dos corpos d'água. Essas águas poderão conter ainda substâncias químicas trazidas pela água de chuva provenientes de áreas industriais em concentrações tóxicas para o homem, portanto, não podendo ser utilizadas para recreação, pois poderão provocar irritação nas membranas mucosas, após uma breve imersão.

Para os rios de classe 2 (rio Guaíba) a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA), recomenda níveis de coliformes fecais a baixo de 1.000 NMP/100 ml.

Após uma chuva, dependendo do corpo receptor, suas águas não

poderão ser utilizadas nem para irrigação. A EPA, recomenda uma densidade de coliformes fecais abaixo de 1.000/100 ml para este fim.

4.7 - INFLUENCIA DO TEMPO DECORRIDO DESDE A CHUVA ANTERIOR

Pode haver alguma influência, mas não foi possível a obtenção de resultados estatisticamente mais confiáveis neste estudo devido a quantidade de chuvas amostradas. Para observar esta relação, seria necessário comparar várias chuvas de intensidade e duração similar, com diferentes períodos de estiagem. A porcentagem de remoção de poluentes de ruas pelo escoamento pluvial em função da duração e intensidade, bem como a quantidade e qualidade de poluentes presentes na atmosfera podem ser importantes.

Se a concentração e a carga não forem uma função dos dias antecedentes de estiagem e, considerando que a chuva não remove todos os contaminantes da área, a carga poluidora pode ser mais uma função do efeito da lavagem pela precipitação do que do tempo desde a chuva anterior.

Na Tabela 4.8, são mostradas as concentrações médias dos constituintes do escoamento pluvial de chuvas individuais na Baía dos Açorianos.

4.8 - VARIAÇÃO SAZONAL

Concentrações dos constituintes analisados em amostras coletadas de janeiro a julho de 1984, foram desdobradas em duas estações: janeiro a março, verão, e abril a julho, outono (Tabela 4.9).

Verifica-se que tanto no verão ou no outono, a quantidade de poluentes no escoamento pluvial é alta. Exceto para bactérias, fosfatos totais e nitratos, que parece não haver mudanças pronunciadas na qualidade do escoamento pluvial na Bacia dos Açorianos. Estes resultados são muito preliminares e trabalhos adicionais são necessários para se obter dados confiáveis sobre diferenças sazonais.

4.9 - COMPARAÇÃO COM RESULTADOS DE TRABALHOS ANTERIORES

De uma maneira geral os resultados encontrados, estão dentro dos valores obtidos nos Estados Unidos, apud WANIELISTA, M. 1979, Tabela 4.10. Os resultados obtidos na Bacia dos Açorianos e na Bacia do Gregório, São Carlos - SP, não são muito similares. Na comparação dos valores médios obtidos na Bacia dos Açorianos com as encontradas nas águas superficiais do trecho rodoviário de Obereiseisheim-Alemanha, notam-se diferenças acentuadas, conforme a substância. A condutividade, chumbo e cloretos foram maiores na Alemanha. As concentrações maiores de chumbo podem ser devidas as diferenças nas condições de tráfego. Os valores maiores de condutividade e cloretos são devido ao uso de sais para degelo.

Diferenças nas condições climáticas, diferenças nas condições e tipo de pavimento, condições do veículo e de tráfego, sistema de limpeza, educação, etc., não permitem fazer uma comparação categórica de dados obtidos em outros países, devido aos diferentes fatores reinantes. Entretanto, podem ser realizadas comparações no ponto de vista crítico.

TABELA 4,8 - Concentrações Médias do Escoamento de Chuvas Individuais

PARÂMETROS	1 9 8 4						
	29/01	16/02	24/02	09/03	28/03	05/05	03/07
	DAE:8	DAE:9	DAE:4	DAE:6	DAE:3	DAE:11	DAE:6
Temperatura do ar (°C)	30,6	29,0	29,2	23,6	23,2	21,0	15,6
Temperatura da água (°C)	27,6	29,3	27,5	27,2	26,9	23,1	18,3
pH	6,9	7,0	7,2	7,7	7,4	6,6	7,3
Condut.(µmhos/cm)	231,0	267,2	154,2	209,2	236,7	301,7	225,0
Cor aparente(mg/l de Pt)	510	1.445	2.767	3.607	1.655	632	2.625
Turbidez (UNT)	75,0	110,8	112,5	80,0	120,8	108,3	130,0
Sólidos totais (mg/l)	2.092,0	890,8	1.619,2	2.323,3	1.873,3	622,5	1.332,5
Sólidos totais fixos(mg/l)	1.862,0	646,7	1.380,8	2.012,5	1.552,5	412,5	1.024,2
Sólidos totais voláteis(mg/l)	239,0	244,2	238,3	394,2	256,7	210,0	305,0
Sólidos dissol.totais(mg/l)	305,0	305,8	117,5	209,2	211,7	270,8	195,0
Sólidos susp.totais(mg/l)	1.781,0	1.193,3	1.501,7	2.197,5	1.660,8	348,2	1.139,2
Sólidos sedimentáveis(ml/l)	-	42,6	40,6	29,5	34,9	17,0	57,4
Chumbo total (mg/l)	0,19	0,19	0,20	0,21	0,19	0,17	0,19
Zinco total (mg/l)	0,64	0,63	0,81	1,02	0,89	0,72	0,74
Cádmio total (mg/l)	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Cromo total (mg/l)	0,10	0,08	0,08	0,12	0,08	0,11	0,08
Cobre total (mg/l)	0,26	0,12	0,14	0,19	0,42	0,12	0,14
Ferro total (mg/l)	-	25,70	26,00	27,41	37,90	24,29	40,70
Acidez (mg/l)	12,3	19,3	13,3	17,4	12,1	26,0	18,4
Alcalinidade (mg/l)	58,8	90,3	75,4	97,7	64,7	106,9	101,9
Cloretos (mg/l)	-	8,1	11,7	27,0	11,2	20,8	26,9
Oxigênio dissolvido (mg/l)	2,5	2,3	4,0	2,7	2,8	3,9	5,1
Amônia (mg/l)	-	1,41	0,57	1,56	0,65	1,00	0,82
Nitritos (mg/l)	0,05	0,34	0,04	0,02	0,28	0,17	0,08
Nitratos (mg/l)	1,32	1,67	0,85	1,63	1,61	1,78	4,10
Fosfatos totais (mg/l)	0,549	0,230	0,617	0,370	0,236	0,043	0,417
Sulfatos totais (mg/l)	10,71	24,08	8,68	11,63	21,70	25,66	13,61
DBO _{5,20°C} (mg/l)	14,0	-	25,9	53,6	28,1	32,9	33,2
DQO (mg/l)	299,15	206,89	137,99	132,52	203,60	125,23	150,76
Óleos e graxas (mg/l)	25,2	27,9	11,8	23,7	25,6	26,6	21,4
Coliformes tot.(NMP/100ml)	7,1x10 ⁶	2,8x10 ⁷	6,1x10 ⁷	1,6x10 ⁶	9,5x10 ⁶	1,1x10 ⁷	3,7x10 ⁵
Coliformes fecais(NMP/100ml)	7,4x10 ⁵	2,8x10 ⁷	5,5x10 ⁷	3,5x10 ⁵	7,2x10 ⁶	1,1x10 ⁷	2,3x10 ⁵
CBT (CBT/ml)	2,4x10 ⁶	2,2x10 ⁷	-	5,3x10 ⁵	1,5x10 ⁶	9,0x10 ⁶	8,5x10 ⁵

DAE: Dias Antecedentes de Estiagem

TABELA 4.9 - Variação Sazonal dos Constituintes do Escoamento Pluvial

P A R Â M E T R O S	CONCENTRAÇÕES MÉDIAS	
	1 9 8 4	
	Janeiro - Março *	Abril - Julho **
Temperatura do ar (°C)	28,0	19,2
Temperatura da água (°C)	27,9	22,8
pH	7,2	7,1
Condutividade (μ mhos/cm)	214,7	254,4
Cor aparente (mg/l de Pt)	2.166	19,71
Turbidez (UNT)	95,4	119,7
Sólidos totais (mg/l)	1.715,7	276,1
Sólidos totais fixos (mg/l)	1.458,7	996,4
Sólidos totais voláteis (mg/l)	280,7	257,2
Sólidos dissolvidos totais (mg/l)	231,3	225,8
Sólidos suspensos totais (mg/l)	1.664,8	1.049,4
Sólidos sedimentáveis (ml/l)	37,5	35,21
Chumbo total (mg/l)	0,20	0,18
Zinco total (mg/l)	0,78	0,75
Cádmio total (mg/l)	< 0,03	< 0,03
Cromo total (mg/l)	0,10	0,09
Cobre total (mg/l)	0,17	0,23
Ferro total (mg/l)	26,37	34,30
Acidez (mg/l)	15,7	18,8
Alcalinidade (mg/l)	78,9	91,1
Cloretos (mg/l)	15,6	19,6
Oxigênio dissolvido (mg/l)	3,0	4,0
Amônia (mg/l)	1,18	0,82
Nitritos (mg/l)	0,11	0,18
Nitratos (mg/l)	1,38	2,50
Fosfatos totais (mg/l)	0,437	0,232
Sulfatos totais (mg/l)	13,91	20,32
DBO _{5,20°C} (mg/l)	32,2	31,4
DQO (mg/l)	189,57	159,86
Óleos e graxas (mg/l)	22,0	24,5
Coliformes totais (NMP/100ml)	2,5x10 ⁷	7,0x10 ⁶
Coliformes fecais (NMP/100ml)	2,2x10 ⁷	6,2x10 ⁶
CBT (CBT/ml)	8,7x10 ⁶	3,8x10 ⁶

* Chuvas 1, 2, 3 e 4

** Chuvas 5, 6 e 7

TABELA 4.10 - Comparação dos resultados obtidos na Bacia dos Açorianos e nos trabalhos anteriores

PARÂMETROS	VARIABILIDADE / CONCENTRAÇÕES			
	ESCOAMENTO PLUVIAL URBANO (a)	ESCOAMENTO PLUVIAL URBANO (d)	ESCOAMENTO PLUVIAL DE RODOVIA (e)	ESCOAMENTO PLUVIAL BACIA DOS AÇORIANOS
Temperatura do ar (°C)				13,5 - 31,0
Temperatura da água (°C)				17,5 - 30,0
pH		2,8 - 8,9		6,5 - 8,3
Condutividade (µmho/cm)			414 µs/cm	72,0 - 445,0
Cor aparente (mg/l de Pt)		100 - 4.000		50 - 20.000
Turbidez (UNT)		62 - 180JTU		30,0 - 270,0
Sólidos Totais (mg/l)	200 - 14.600	171 - 3.499		160,0 - 10.225,0
Sólidos Totais fixos (mg/l)				95,0 - 8.985,0
Sólidos Totais voláteis (mg/l)	12 - 1.600			10,0 - 1.240,0
Sólidos dissolvidos totais (mg/l)				75,0 - 555,0
Sólidos suspensos totais (mg/l)	2 - 11.300		181	10,0 - 9.880,0
Sólidos sedimentáveis (ml/l)	0,5 - 5,400mg/l	0,3 - 16,0		0,0 - 260,0
Chumbo total (mg/l)	0 - 1,9		0,245	0,10 - 0,31
Zinco total (mg/l)	0,110- 0,158(c)		0,62	0,03 - 3,31
Cádmio total (mg/l)			0,0059	< 0,03
Cromo total (mg/l)	0,044- 0,083(c)		0,0204	0,06 - 0,23
Cobre total (mg/l)			0,117	0,06 - 1,12
Ferro total (mg/l)			5,16	0,19 - 81,29
Acidez (mg/l)				1,0 - 55,6
Alcalinidade (mg/l)				21,0 - 326,2
Cloretos (mg/l)	2 - 25.000(b)		152 (b)	5,5 - 52,5
Oxigênio dissolvido (mg/l)				0,0 - 6,6
Amônia (mg/l)	0,1 - 2,5		0,89	0,31 - 4,88
Nitritos (mg/l)				0,01 - 0,85
Nitratos (mg/l)	0,01 - 1,5			0,20 - 16,61
Fosfatos totais (mg/l)	0,1 - 125	0,01 - 28,30		0,008 - 2,580
Sulfatos totais (mg/l)				2,24 - 51,91
DBO _{5,20°C} (mg/l)	1 - 700	11,7 - 300		1,3 - 97,9
DQO (mg/l)	5 - 3.100	39 - 1.535	118,5	2,20 - 597,51
Óleos e graxas (mg/l)	0 - 110		5,51	1,10 - 56,5
Coliformes totais (NMP/100ml)	200 - 146x10 ⁶	8,5x10 ³ - 4,8x10 ⁶		4,0x10 ² - 2,4x10 ⁸
Coliformes fecais (NMP/100ml)	55 - 112x10 ⁶			4,0x10 ² - 2,4x10 ⁸
CBT (CBT/ml)				2,1x10 ⁴ - 6,3x10 ⁷

(a) Valores obtidos de WANIELISTA, M. 1979.

(b) com degelo de ruas

(c) valores obtidos de WHIPPLE, et alii, 1978.

(d) Valores da Bacia do Gregório, São Paulo - SP, obtidos de GOMES, L.A. 1981.

(e) valores médios ponderados, do escoamento superficial do trecho rodoviário de Obereisesheim - Alemanha obtidos de KLEIN, H. 1983.

4.10 - MEDIDAS PARA CONTROLE DE QUALIDADE DA DRENAGEM PLUVIAL URBANA

Verifica-se que as práticas correntes de limpeza de ruas na maioria das cidades brasileiras é inadequada para manter a qualidade do corpo d'água. Se a varrição de rua fosse cumprida mais efetivamente do que é feito correntemente, a carga poluidora residual poderia ser substancialmente diminuída, resultando conseqüentemente numa melhoria da qualidade da água. Há vários problemas associados com a varrição: Interferência de carros estacionados na operação normal de varrição, não remoção de todos os sólidos (pequenas partículas), mesmo que a varrição seja realizada mais frequentemente, são alguns deles. Por estas razões o melhor caminho provavelmente seria a combinação de varrição de rua e métodos de tratamento da drenagem pluvial urbana, variando de acordo com as condições locais.

Pelo fato de no Brasil não se adotar sistemas de esgotos combinados, além das práticas correntes de limpeza de ruas, outras alternativas de controle de proteção dos corpos receptores poderiam ser adotados.

A seguir são sugeridas algumas medidas que poderão ser utilizadas para a diminuição da poluição provocada pela drenagem pluvial urbana.

4.10.1 - CONTROLE DAS FONTES

Exemplo de controle das fontes incluem atenuação do escoamento utilizando pavimentos porosos nas calçadas e estacionamentos, controle de erosão, restrição ao uso de poluentes químicos

(pesticidas) e progressão nas práticas sanitárias. As condições sanitárias dos indivíduos em geral influenciam parcialmente o ambiente de toda a bacia hidrográfica. Alguns indicadores parciais são as condições dos estabelecimentos ou moradias, número de latas de lixo descobertas, pilhas de lixo e entulho, cães, etc. A filosofia por trás dos controles das fontes é limitar o número de contaminantes. Os benefícios não são somente a redução da poluição da água, mas também ambientes mais limpos e saudios.

4.10.2 - LIMPEZA ADEQUADA E FREQUENTE DOS SÓLIDOS DEPOSITADOS NOS SISTEMAS DE ESGOTOS PLUVIAIS

Este procedimento evitará que resíduos e sólidos de período seco que foram sedimentados no sistema de esgoto, sejam carreados por ocasião da chuva e contribuam para o aumento da carga poluidora. Ligações clandestinas de esgotos sanitários no sistema de esgotos pluviais poderão piorar o nível de poluição.

A deposição de sólidos em bueiros dificultam a efetiva manutenção do serviço desde a cabeceira dos sistemas de esgotos pluviais.

4.10.3 - SISTEMA DE ESGOTAMENTO

Devido a significativa quantidade de ligações clandestinas verificadas, principalmente do esgoto cloacal, no sistema de esgoto pluvial, a adoção do sistema de esgoto combinado aliado a limpeza adequada de ruas, parece ser uma solução para o caso de Porto Alegre. Apesar da utilização de sistema de esgotos combi-

nados, serem mais vantajosos em países com menor pluviosidade do que países de zonas tropicais, este procedimento provavelmente apressaria o controle de poluição dos cursos d'água próximos as cidades que já possuam sistema de esgotos pluviais e ainda não possuam sistema de esgotos cloacais. Além disso possibilitaria o tratamento da primeira descarga da drenagem pluvial. Tradicionalmente o uso do sistema de esgoto combinado, tem sido aceito como eficaz para obtenção da melhoria da qualidade do corpo receptor.

4.10.4 - EDUCAÇÃO

O alto grau de poluição gerado pela drenagem pluvial urbana juntamente com as fontes domésticas não são ainda devidamente enfatizados nas escolas. Com a evidente necessidade de controle de poluição, agora é a hora para encorajar as universidades a abranger os conceitos de poluição de escoamento pluvial nos currículos, na área de controle de poluição da água. O desenvolvimento de um manual sobre conceitos dessas águas deveria ser patrocinado e distribuído nos colégios de todo o país. Este projeto é extremamente valioso uma vez que será dado aos estudantes de hoje um conhecimento inicial de um problema que está recebendo grande importância em outros países e no Brasil.

5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 - CONCLUSÕES

O objetivo primário deste trabalho foi avaliar a qualidade da água de drenagem pluvial urbana de uma bacia com médio fluxo de veículos. Sete chuvas individuais foram manualmente coletadas na saída do sistema pluvial da Bacia dos Açorianos, Porto Alegre-RS, no período de janeiro a julho de 1984. O escoamento pluvial urbano pode contribuir com a maioria de poluentes para os corpos receptores, tais como metais pesados, nutrientes, óleos e graxas, bactérias e muitos sólidos incluindo folhas e galhos de árvores, restos de lixo, etc. Este fato é especialmente importante quando grande soma de dinheiro e esforço estão sendo investidos para o controle da poluição da água devido ao esgoto doméstico e industrial sem o verdadeiro reconhecimento do impacto gerado pela drenagem pluvial urbana, nos corpos receptores. As análises dos dados obtidos sugeriram as seguintes conclusões:

- A poluição proveniente do escoamento pluvial urbano e de fontes urbanas indeterminadas podem ser estimados com precisão pela amostragem a intervalos frequentes em bacias razoavelmente pequenas. Onde existe um fluxo de base, este também deve ser amostrado.

- A drenagem pluvial de área utilizada exclusivamente por ruas de médio fluxo de veículos é mais rica em materiais minerais do que materiais orgânicos. A maioria das substâncias são biologicamente pouco decomponíveis ($DQO/DBO_{5,20^{\circ}C} = 5$). Os resíduos sólidos são provavelmente a maior porção de poluentes encontrados na superfície de rua. A carga de sedimentos pode colaborar para a aceleração do assoreamento dos cursos d'água, pela deposição de sólidos sedimentáveis no fundo de canais, reduzindo sua eficiência e aumentando a área de inundação.

- Os metais pesados bem como os óleos e graxas são provavelmente derivados dos produtos de exaustão e vazamentos que afetam boa parte da frota de veículos nacionais. As concentrações de metais pesados na drenagem pluvial urbana podem ser mais altas do que os contidos no efluente de esgoto doméstico tratado.

- A densidade e diversidade microbiana encontrada nas amostras coletadas, parece ser uma expressão das condições da bacia de drenagem e das condições aí existentes, e não do próprio escoamento pelo fato de não haver um lapso de tempo de permanência necessário para que os microorganismos arrastados pela água da chuva possam responder à concentração de nutrientes também carregados por esta mesma água e assim aumentar em número.

- A grande densidade de coliformes fecais e demais poluentes como os metais pesados, presentes no escoamento pluvial urbano indica que estas águas podem ser de alto risco para a saúde se ingeridas sem um tratamento e desinfecção adequada.

- O volume e tipo de tráfego, frequência e eficiência de

varrição podem ter influência preponderante na quantidade de contaminantes presentes na superfície de rua. O tráfego de veículos pode ser considerado uma respeitável fonte para a produção de poluentes nas ruas. Provavelmente, dependendo do volume de tráfego, das condições do veículo e da rua, podem ser produzidas ou emitidas os seguintes poluentes em maior ou menor proporção: resíduos de desgaste da pista e pneus, emissão de gases, óleos e graxas, combustível e outros fluidos especiais, resíduos de lona e peças metálicas de freios, e produtos de corrosão. Ruas com tráfego mais intenso de veículos, como os corredores de ônibus, poderão apresentar cargas maiores de poluentes, tais como óleos, graxas e metais pesados.

- O início do escoamento pluvial pode representar uma seria fonte de poluição. Foi observada a ocorrência do efeito da primeira lavagem na Bacia dos Açorianos, nos primeiros quinze minutos da descarga. A verificação deste fenômeno pode ser importante na determinação da capacidade da estação de tratamento e da utilização de "by-pass".

- Um polutograma bem definido que segue o mesmo padrão geral do hidrograma, e que durante uma chuva exibe o efeito da primeira lavagem de poluentes, pode ser construído para pequenas bacias.

- Os constituintes encontrados no escoamento pluvial urbano podem ser menor em concentração (alguns parâmetros), mas a massa anual de poluentes produzidos pela chuva, é provavelmente maior que a produzida por um efluente de uma estação de tratamento de esgotos domésticos. Um cálculo hipotético realiza-

do para a cidade de Porto Alegre, indica que cerca de 64% de SDT, 98% de SST, 99% de chumbo total, 50% de zinco total, 96% de cromo total, 98% de cobre, 25% de amônia, 7% de fosfatos totais, 52% de $DBO_{5,20^{\circ}C}$, 67% de DQO e 80% de óleos e graxas que alcançam o Rio Guaíba, anualmente são devidos à drenagem pluvial, quando comparados com o efluente de esgoto produzido por toda a população da cidade, tratado em uma estação com 80% de eficiência de remoção de poluentes. Estes valores indicam que um tratamento adicional do esgoto doméstico não poderá melhorar muito a qualidade da água do corpo receptor.

- A água de escoamento pluvial da Bacia dos Açorianos pode ser em certos casos a principal fonte de poluição intermitente das praias de banho e mananciais de suprimentos de água. A descarga do escoamento pluvial não tratada pode afetar a qualidade da água do corpo receptor de várias maneiras. Os efeitos imediatos mais importantes seriam a depleção de oxigênio e a contaminação bacteriana, seguida de efeitos mais demorados como a eutrofização devida ao aumento de nutrientes e a intoxicação dos organismos aquáticos pela presença de metais pesados.

- Em geral existe pouca similaridade entre os resultados obtidos na Bacia dos Açorianos e em outros locais. Isto talvez seja devido às diferenças nas condições climáticas, condições e tipos de ruas, tipo de tráfego, sistema de limpeza, etc., que não permitem uma confiável transferibilidade de dados, principalmente de outros países.

O controle da poluição urbana causada pelo escoamento pluvial urbano tem tendência de ser bastante custoso. Os métodos de

planejamento e de controle, precisam ser bastante flexíveis, e não depender de um só padrão arbitrário.

- Devido ao elevado índice de ligações domésticas cloacais no sistema de esgotos pluvial, a adoção de sistema de esgoto combinado, aliado a limpeza adequada de ruas e coleta de lixo, parece ser uma solução para o caso de Porto Alegre.

Para a melhoria da qualidade de corpos receptores não basta somente tratar o esgoto doméstico e industrial mas também controlar e possivelmente tratar pelo menos a água de primeira lavagem das chuvas.

5.2 - RECOMENDAÇÕES

Este trabalho não esgota as necessidades de pesquisa a respeito da qualidade e o comportamento da drenagem pluvial urbana. Estudos complementares deverão ser desenvolvidos, a fim de que em um futuro próximo se possa utilizar mais racionalmente este recurso hídrico.

As ações abaixo, são recomendadas para auxiliar o combate a poluição provocada pela drenagem pluvial urbana.

- Recomenda-se conduzir estudos para determinar a extensão e severidade da carga poluidora resultante da drenagem pluvial de áreas com diferentes tipos de ocupação.

- Recomenda-se utilizar resultados destes tipos de estudo para aperfeiçoar ou modificar práticas correntes de controle de limpeza de ruas e desenvolver métodos mais seguros para a disposição da drenagem pluvial urbana.

- Recomenda-se realizar pesquisas para avaliar os efeitos da drenagem pluvial urbana poluída no meio ambiente aquático, especialmente os efeitos tóxicos a longo prazo, para determinar o tipo de tratamento necessário.

- Recomenda-se desenvolver modelos matemáticos adequados às condições brasileiras, que simulam a qualidade da drenagem pluvial urbana e seus efeitos no corpo receptor.

- Recomenda-se criar uma legislação específica no sentido de desenvolver medidas contra os impactos da drenagem pluvial urbana nos corpos receptores.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, C.; FORD, D.; ECKENFELDER, W. 1981. Development of design and operational criteria for wastewater treatment. Nashville, Enviro Press. 493p.
- AISSE, M.; OBLADEM, N. L.; SANTOS, A. S. 1982. Aproveitamento dos Resíduos Sólidos Urbanos. Publicação Técnica - científica. Curitiba, Lhisama, 108p.
- ALFARO, J. F. 1974. Medidas de águas en canales por media del aforador "sin cuello". In: Simpósio Internacional de Irrigação, 1., Porto Alegre, 1974. Anais. Porto Alegre, UFRGS. p.461-529.
- Algo está no ar... e se trata de SO₂, NO_x, CO, CO₂ e muita poeira. 1980. Revista Scala. Ed. Luso-brasileira, 12: 19-12.
- ANGINO, Ernest, E.; MAGNUSON, Larry, M.; STEWART, Gary, F. 1972. Effects of urbanization on storm water runoff quality: A limited experiment, Naismith Ditch, Lawrence, Kansas. Water Resources Research, 8 (1): 135-140, Feb.
- BATTALHA, B.- H. L. & PARLATORE, A. C. 1977. Controle da qualidade da água para consumo humano. São Paulo, CETESB. 198p.
- BEDIENT, P., B.; HARNED, D., A.; CHARACKLIS, W., G. 1978. Stormwater analysis and prediction in Houston. Journal of the Environmental Engineering Division. New York, 107, (5): 957-74, oct.

- BRADFORD, W., L. 1977. Urban Stormwater pollutant loadings: a statistical summary through 1972. Journal Water Pollution Control Federation, 49(4): 613-22,
- BRASIL. Ministério Nacional de Pesquisa Agropecuária. 1973. Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Rio Grande do Sul. Recife. 431p.
- BRASIL. Instituto Nacional de Meteorologia. 1979. Normais Climatológicas. Rio de Janeiro. 77p.
- CARRO a álcool: Funcionamento e manutenção. 1984. Quatro Rodas, Porto Alegre, 24 (285): 95-7, abr.
- CETESB, 1980. Drenagem Urbana; manual de projeto. 2 ed. cor. São Paulo, 468p.
- CHEN, C. W. 1983. Water quality analysis of urban runoff. In: ARGENTINA. Secretaria de Recursos Hídricos. Curso Latinoamericano Sobre Técnicas Modernas en Hidrologia. Córdoba, CIHRSA. n.p.
- CLARK, D., L.; ASPLUND, R.; FERGUSON, J.; MAR, B. W. 1981. Composite sampling of highway runoff. Journal of the Environmental Engineering Division, New York, 107(5): 1067-81, oct.
- COLLINS, P., G.; RIDGWAY, J., W. 1980. Urban storm runoff quality in Southeast Michigan. Journal of the Environmental Engineering Division, New York, 106 (1): 153-162, feb.
- DMAE. 1981. Padrão de emissão para resíduos industriais afluentes de uma rede de esgoto cloacal. Porto Alegre. 26p.
- DMAE. 1982. Projeto rio Guaíba; relatório técnico preliminar: resumo. Porto Alegre, DMAE-CORSAN. 190p.

- EPA. 1978. Microbiological Methods for Monitoring the Environment - Water and Wastes. Cincinnati. 338p. (EPA -600/8 - 78 - 017).
- EPA. 1980. Acid rain. Washington. 36p.
- FELDMAN, B.M. 1974. The problem of urban dogs. Science, 185, 903.
- FIELD, R.; LAGER, J. A. 1975. Urban runoff pollution control-state of the Art. Journal of the Environmental Engineering Division, New York, 101 (1): 107 - 125, feb.
- FIELD, R.; TURKELTAUB, R. 1981. Urban runoff receiving water impacts: Program overview. Journal of the Environmental Engineering Division, New York, 107(1): 83-99, feb.
- FLETCHER, I. J.; PRATT, C.J.; ELLIOTT, G. E. P. 1978. An assessment of the importance of roadside gully pots in determining the quality of stormwater runoff. In: HELLIWELL, P.R., ed. Urban Storm Drainage. London, Pentech. p.586-602.
- GOMES, L. A. 1981. Aspectos qualitativos das águas pluviais urbanas. São Carlos, Escola de Engenharia da USP. 102f. (Diss.mestr.Hidráulica e Saneamento).
- GELDREICH, E. E.; BEST, L. C.; KENNER, B. A.; VAN DONSEL, D. J. 1968. The bacteriological aspects of stormwater pollution. Journal Water Pollution Control Federation, 40(11): 1861-72, nov.
- HAITH, D. A. 1976. Land use and water quality in New York rivers. Journal of the Environmental Engineering Division, New York, 102(1): 1-15, feb.
- HAJAS, L.; BOGGS, D. B.; SHUCKROW, A. J.; QUIMPO, R. G. 1978. Projecting urban runoff flows and loads. Journal of the Environmental Engineering Division. New York, 104(6) 1149-63, dec,

- HEANEY, J. P.; SULLIVAN, R. H. 1971. Source control of urban water pollution. Journal Water Pollution Control Federation, 43(4): 571-79, april.
- HELSEY, D. R.; KIM, J. I.; GRIZZARD, T. J.; RANDALL, C. W.; HOEHN, R. C. 1979. Land use influences on metals in storm drainage. Journal Water Pollution Control Federation, 51(4): 709-17, april.
- HOFFMAN, E. J.; LATIMER, J. S.; MILLS, G. L.; QUINN, J. G. 1982. Petroleum hydrocarbons in urban runoff from a commercial land use area. Journal Water Pollution Control Federation, 54(11): 1517-25, nov.
- HORNER, R. W.; WOOD, L.B.; WROE, L. R. 1977. London's stormwater problem. Journal Water Pollution Control Federation, 49(1): 103-10, jan.
- HUNTER, J. V.; SABATINO, T.; GOMPERS, R.; MACKENZIE, M. J. 1979. Contribution of urban runoff to hydrocarbon pollution. Journal Water Pollution Control Federation, 58(8): 2129-39, aug.
- KLEIN, Hartmut. 1983. A Qualidade das Águas Pluviais Escoradas das Rodovias. Trad. Siglinde Ströher. Porto Alegre, UFRGS. Curso de Tradutor/Interprete. 27f. Original alemão.
- LEE, G. F.; JONES, R. A.; NEWBRY, B. 1982. Water Quality standards and water quality. Journal water pollution Control Federation, 54(7): 1131-38, july.
- LINDHOLM, O. & BALMÉR, P. 1978. Pollution in storm runoff and combined sewer overflows. In: HELLIWELL, P. R., ed. Urban Storm Drainage. London, Pentech. p.575.85.

- LITWIN, Y. J.; DONIGIAN, A. S., Jr. 1978. Continuous simulation of nonpoint pollution. Journal Water Pollution Control Federation, 50(10): 2348-61, oct.
- LOEHR, R. C. 1974. Characteristics and comparative magnitude of nonpoint sources. Journal Water Pollution Control Federation. 46(8): 1849-72, aug.
- MACHADO, F. P. 1950. Contribuição ao Estudo do Clima do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 92p.
- MANCE, G. & HARMAN, M. M. I. 1978. The quality of urban storm water runoff. In: HELLIWELL, P. R., ed. Urban Storm Drainage. London. Pentech, p. 603-17.
- MELANEN, M. 1978. The finish urban stormwater project. In: HELLIWELL, P. R., ed. Urban Storm Drainage. London, Pentech. p. 148-57.
- MELANEN, M. J. & LAUKKANEN, R. H. 1981. Urban runoff quality in Finland and its dependence on some hydrological parameters. Water Science and Technology, 13(2): 1073-83.
- METCALF & EDDY, Inc. 1977. Tratamiento y Depuración de las aguas residuales. 1 ed. España. Barcela, Editorial Labor, S. A. 837p.
- MILLER, R. A. & MATTRAW, H. C., Jr. 1982. Storm water runoff quality from three land-use areas in South Florida. Water Resources Bulletin, Journal American Resources Association, 18(3): 513-19, june.
- NEWTON, C. D.; SHEPHARD, W. W.; COLEMAN, M. S. 1974. Street runoff as a source of lead pollution. Journal Water Pollution Control Federation, 46(5): 999-1000, may.

- OLIVER, L. J. & GRIGOROPOULOS, S. G. 1981. Control of storm-generated pollution using a small urban lake. Journal Water Pollution Control Federation, 53(5): 594-603, may.
- PAVONI, J. L. 1977. Handbook of water quality management planning. New York. Van Nostrand Reinhold Company. 419p.
- PITT, R. & FIELD, R. 1977. Water quality effects from urban runoff. Journal American Water Works Association, 69(8): 432-36, Aug.
- Poluição das Águas. Curso por correspondência. 1975. São Paulo, CETESB. n.p.
- PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal do Meio Ambiente. 1979. Política de Proteção Ambiental em Porto Alegre. Porto Alegre. 244p.
- PORTO ALEGRE. Prefeitura Municipal. Secretaria do Planejamento Municipal. 1982. Estatísticas. Porto Alegre. 107p.
- REED, J. S.; HENNINGSON, J. C. 1984. Acid precipitation and drinking water supplies. Journal American Water Works Association, 76(3): 60-65, march.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente. 1981. Portaria nº 01/81. Aprova norma técnica SSMA-nº01/81 DMA. Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 19 jan.
- RIMER, A. E.; NISSEN, J. A.; REYNOLDS, D. E. 1978. Characterization and impact of stormwater runoff from various land cover types. Journal Water Pollution Control Federation, 50(2): 252-64, feb.

- ROESNER, L. A. 1974. Quality of urban runoff. In: HEC. Training Course on Urban Hydrology. Davis. Chap. 4-1-17.
- SANCHEZ, J. & SIMÕES LOPES, M. 1984. Regionalização de Hidrogramas Unitários para Bacias Urbanas do Sul do Brasil. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. 1v. (Recursos Hídricos. Publicação nº 8).
- SARTOR, J. D.; BOYD, G. B.; AGARDY, F. J. 1974. Water pollution aspects of street surface contaminants. Journal Water Pollution Control Federation. 46(3): 458-57, march.
- SAWYER, C. N. & MCCARTY, P. L. 1967. Chemistry for sanitary engineers. 2 ed. Tokyo, Kogakusha. 518p.
- SERAPICOS, M. 1984. Um defeito medido em gotas. Quatro Rodas, São Paulo, 25(289): 75-7, ago.
- SILVA, Manuel O. Serra Alvares da. 1977. Análises Físico-Químicas para Controle de Estações de Tratamento de Esgotos. São Paulo, CETESB. 225p.
- SÖDERLUND, G. et alii. 1972. Comparison of discharges from urban stormwater runoff, mixed storm overflow and treated sewage. In: JUNKIES, S. H., ed. Advances in Water Pollution Research. Oxford, Pergamon Press. p.309-22.
- SOLOMON, R. L.; HARTFORD, J. W.; MEINKOTH, D. M. 1977. Sources of automotive lead contamination of surface water - communication. Journal Water Pollution Control Federation, 49(12): 2502-4, dec.
- STANDARD methods for the examination of water and wastewater. 1980. 15 ed. Washington, American Public Health Association. 1134p.

- VILLELA, S. M. & MATTOS, A. 1975. Hidrologia Aplicada. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil. 245p.
- WALLER, D. H. & NOVAK, Z. 1981. Pollution loading to the great lakes from municipal sources in Ontário. Journal Water Pollution Control Federation, 53(3): 387-95, marc.
- WANIELISTA, M. P. YOUSEF, Y. A.; McLELLON, W. M. 1977. Nonpoint source effects on water quality. Journal Water Pollution Control Federation, 49(3): 441-51, marc.
- WANIELISTA, M. 1979. Stormwater Management; quantity and quality. Ann Arbor, Ann Arbor Science, 383p.
- WATER Quality Criteria. 1972. Washington, EPA. 539p.
- WATER Quality Surveys; a Guide for the Collection and Interpretation of Water Quality Data. 1978. Paris, UNESCO. 350p.
- WEIBEL, S. R.; ANDERSON, R. J.; WOODWARD, R. L. 1964. Urban land runoff as a factor in stream pollution. Journal Water Pollution Control Federation, 36(7): 914-24, july.
- WINKLER, S. H. 1980. Os perigos para os ecossistemas causados pela poluição provocada pelo homem. Revista Perspectiva, Erechim(RS), 5(15): 29-40, nov.
- WHIPPLE, W.; HUNTER, J. V.; YU, S.L. 1974. Unrecorded pollution from urban runoff. Journal Water Pollution Control Federation, 46(5): 873-85, may.
- WHIPPLE, W. Jr. 1975. Urbanization and water quality control. Minneapolis, American Water Resources Association. 302p.

- WHIPPLE, E. Jr.; HUNTER, J.V. 1977a. Nonpoint sources and planning for water pollution control. Journal Water Control Federation, 49(11): 15-23, jan.
- WHIPPLE, W. Jr.; HUNTER, J. V.; YU, S. L. 1977b. Effects of storm frequency on pollution from urban runoff. Journal Water Pollution Control Federation, 49(11): 2243-48, nov.
- WHIPPLE, W. Jr.; BERGER, B. B.; GATES, C. D.; RAGAN, R. M.; RANDALL, C. W. 1978. Characterization of urban runoff. Water Resources Research, 14(2): 370-2, april.
- WHIPPLE, W. Jr. & HUNTER, J. V. 1981. Setteability of urban runoff pollution. Journal Water Pollution Control Federation, 53(12): 1726-31, dec.

ANEXOS

**ANEXO I - RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICAS, QUÍMICAS
E BACTERIOLÓGICAS DAS ÁGUAS DO ESCOAMENTO
PLUVIAL**

ANEXO II - PRECIPITAÇÃO E DEFLUVIO DOS EVENTOS
APROVEITADOS PARA AMOSTRAGEM

DATA: 29/01/84

HORA	CHUVA ACUMULADA (MM)	VAZAO (L/S)
17H15MIN	0.00	0.6
17H20MIN	-	0.6
17H25MIN	-	4.9
17H30MIN	-	10.1
17H35MIN	-	11.2
17H40MIN	3.75	12.3
17H45MIN	-	10.9
17H50MIN	4.40	9.1
17H55MIN	4.40	7.9
18H00MIN	4.40	7.1

DATA: 16/02/84

HORA	CHUVA ACUMULADA (MM)	VAZAO (L/S)
14H32MIN	0.00	0.4
14H36MIN	0.50	0.4
14H41MIN	1.40	2.5
14H46MIN	1.70	4.0
14H51MIN	2.00	5.1
14H56MIN	2.02	5.5
15H01MIN	2.05	4.9
15H06MIN	2.05	4.0
15H11MIN	2.05	3.2
15H16MIN	2.05	2.7
15H21MIN	2.05	2.4
15H26MIN	2.05	2.1
15H31MIN	2.05	1.9

DATA: 24/02/84

HORA	CHUVA ACUMULADA (MM)	VAZAO (L/S)
19H15MIN	0.00	0.5
19H20MIN	1.30	0.5
19H25MIN	2.35	2.8
19H30MIN	3.10	31.9
19H35MIN	4.70	133.2
19H40MIN	6.10	82.5
19H45MIN	6.10	30.9
19H50MIN	6.10	21.0
19H55MIN	6.10	12.0
20H00MIN	6.10	4.2

DATA: 09/03/84

HORA	CHUVA ACUMULADA (MM)	VAZAO (L/S)
17H05MIN	0.00	1.3
17H10MIN	0.30	1.3
17H15MIN	0.50	1.3
17H20MIN	0.55	1.3
17H25MIN	0.55	1.3
17H30MIN	0.56	1.3
17H35MIN	4.10	1.3
17H40MIN	9.20	-
17H45MIN	14.50	69.2
17H50MIN	22.00	-
17H55MIN	24.00	-
18H00MIN	24.00	-
18H05MIN	24.00	-
18H10MIN	24.00	-
18H15MIN	24.00	-
18H20MIN	24.00	-
18H25MIN	24.00	-
18H30MIN	24.00	-
18H35MIN	24.00	-
18H40MIN	24.00	-
18H45MIN	24.00	-
18H50MIN	24.00	69.2
18H55MIN	24.00	-
19H00MIN	24.00	-

DATA: 28/03/84

HORA	CHUVA ACUMULADA (MM)	VAZÃO (L/S)
23H00MIN	0.00	0.2
23H05MIN	0.10	0.2
23H10MIN	0.20	0.2
23H15MIN	0.25	0.2
23H20MIN	0.27	0.2
23H25MIN	0.30	0.2
23H30MIN	0.50	0.2
23H35MIN	0.55	0.2
23H40MIN	0.55	0.2
23H45MIN	0.60	0.2
23H50MIN	0.70	0.2
23H55MIN	0.80	0.2
24H00MIN	1.00	0.2
00H05MIN	1.05	0.2
00H10MIN	1.10	0.2
00H15MIN	1.20	0.2
00H20MIN	1.40	0.2
00H25MIN	1.50	0.2
00H30MIN	1.70	0.7
00H35MIN	2.50	1.0
00H40MIN	3.70	1.3
00H45MIN	5.30	13.4
00H50MIN	6.40	30.2
00H55MIN	7.40	61.7
01H00MIN	9.00	80.7
01H05MIN	10.00	84.9
01H10MIN	10.90	82.9
01H15MIN	11.30	72.3
01H20MIN	11.60	40.9
01H25MIN	11.70	11.9
01H30MIN	11.95	3.6
01H35MIN	12.00	2.1

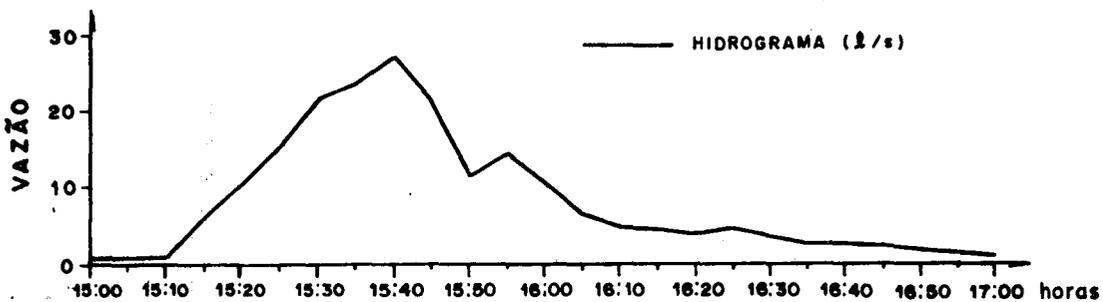
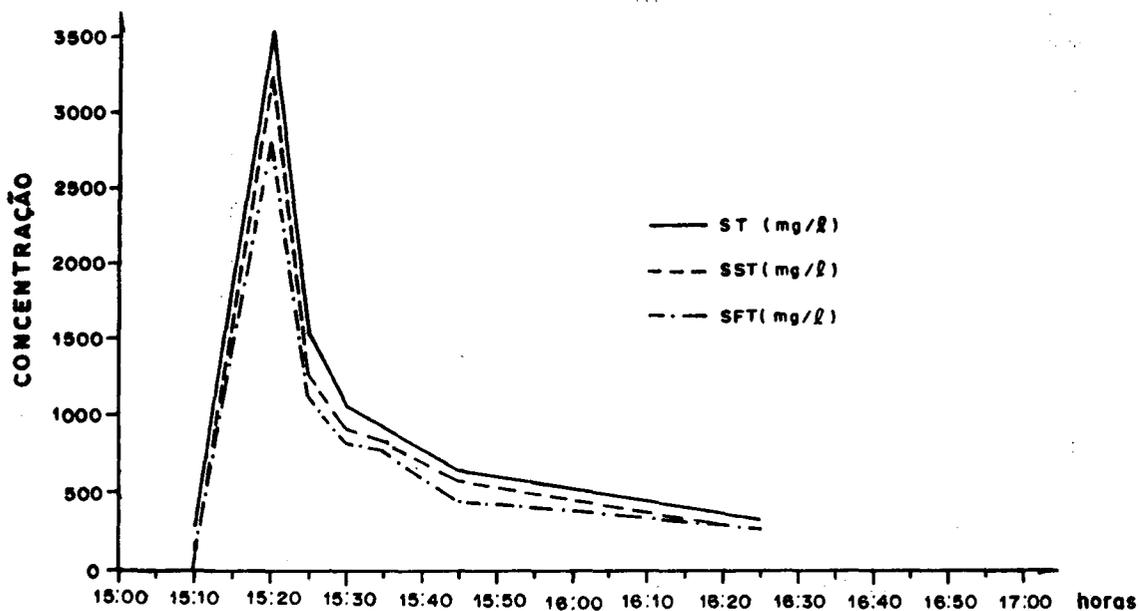
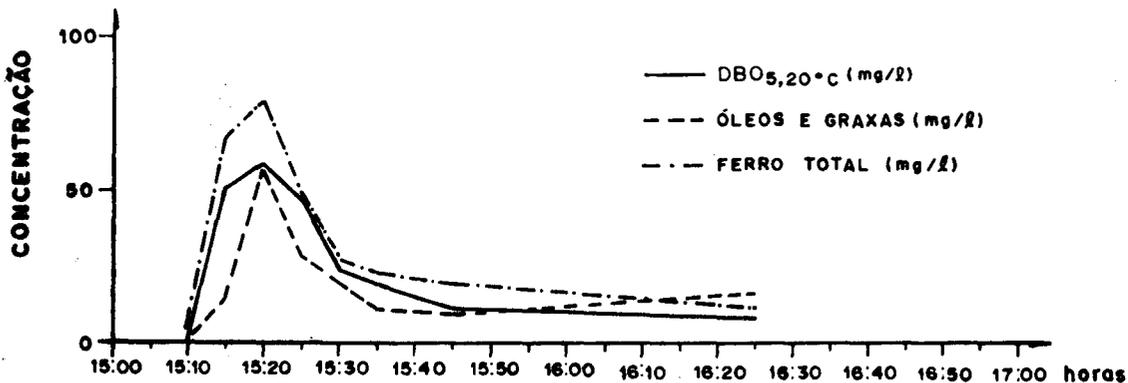
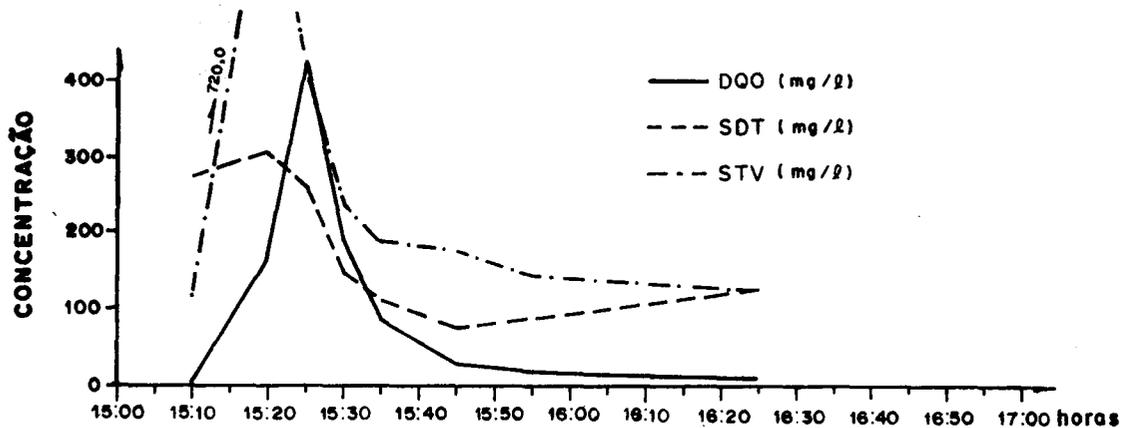
DATA: 05/05/84

HORA	CHUVA ACUMULADA (MM)	VAZAO (L/S)
10H55MIN	0.00	0.5
11H00MIN	0.10	0.5
11H05MIN	0.20	0.5
11H10MIN	0.20	0.5
11H15MIN	0.20	0.5
11H20MIN	0.20	0.5
11H25MIN	0.20	0.5
11H30MIN	0.25	0.5
11H35MIN	0.30	0.5
11H40MIN	0.40	0.5
11H45MIN	0.48	0.5
11H50MIN	0.50	0.5
11H55MIN	0.50	0.5
12H00MIN	0.54	0.5
12H05MIN	0.58	0.5
12H10MIN	0.60	0.5
12H15MIN	0.78	0.5
12H20MIN	1.00	0.5
12H25MIN	1.30	0.5
12H30MIN	2.00	0.5
12H35MIN	2.10	2.6
12H40MIN	2.20	3.7
12H45MIN	2.25	3.0
12H50MIN	2.30	1.8
12H55MIN	2.65	1.0
13H00MIN	3.00	0.9
13H05MIN	3.70	1.7
13H10MIN	4.20	2.7
13H15MIN	5.50	15.2
13H20MIN	5.90	22.7
13H25MIN	5.90	10.1
13H30MIN	6.00	4.3
13H35MIN	6.00	1.7

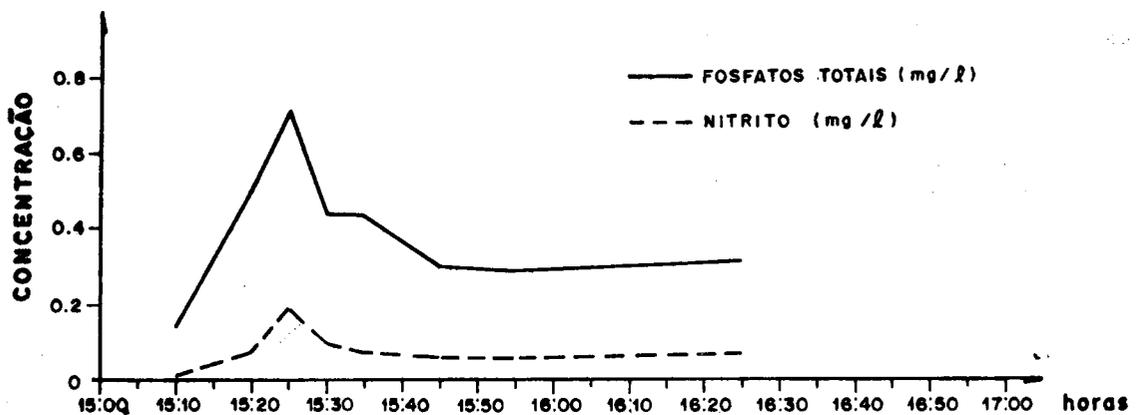
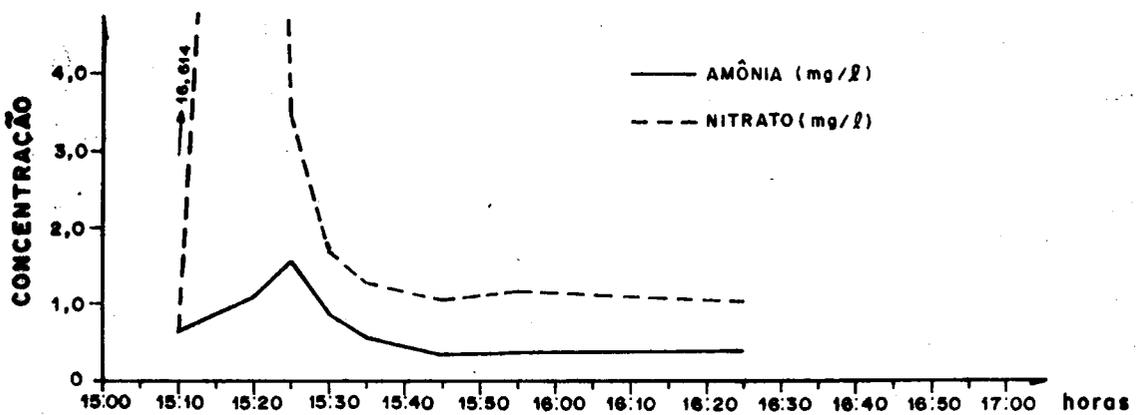
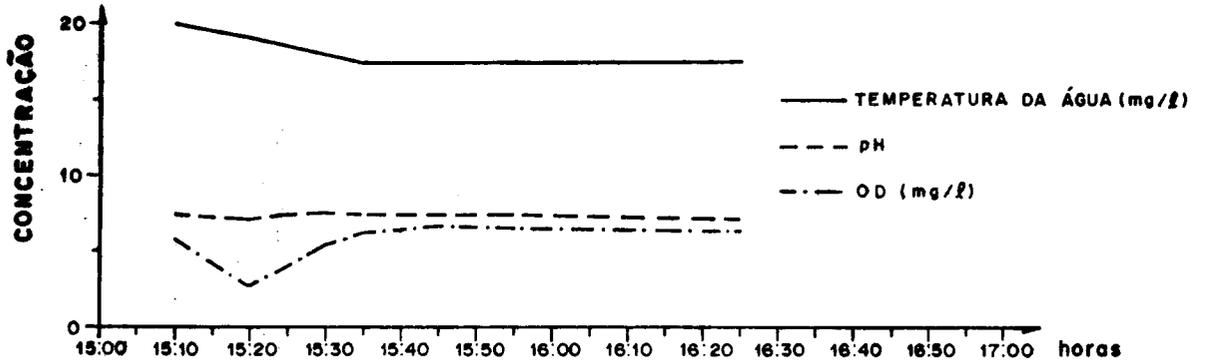
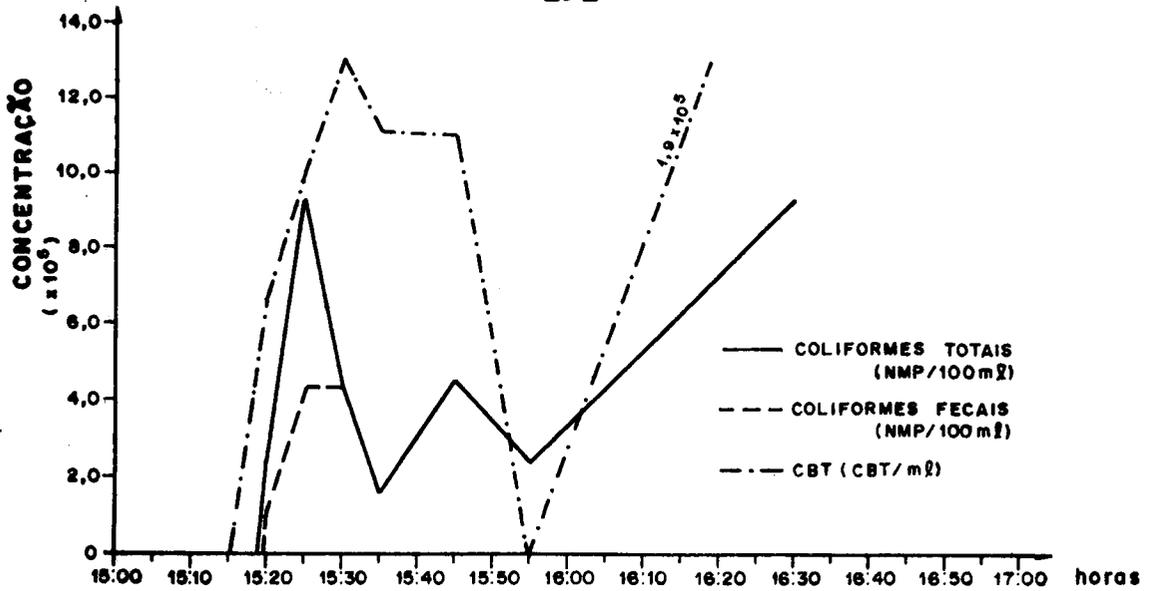
DATA: 03/07/84

HORA	CHUVA ACUMULADA (MM)	VAZAO (L/S)
14H45MIN	0.00	0.9
14H50MIN	0.05	0.9
14H55MIN	0.10	0.9
15H00MIN	0.30	0.9
15H05MIN	0.30	0.9
15H10MIN	0.30	0.9
15H15MIN	2.00	6.0
15H20MIN	2.60	10.1
15H25MIN	4.20	15.3
15H30MIN	5.50	21.7
15H35MIN	7.00	23.9
15H40MIN	7.30	27.4
15H45MIN	8.00	21.1
15H50MIN	8.70	11.1
15H55MIN	9.10	14.3
16H00MIN	9.20	10.8
16H05MIN	10.00	6.3
16H10MIN	10.20	4.8
16H15MIN	10.50	4.5
16H20MIN	10.50	3.7
16H25MIN	10.60	4.7
16H30MIN	10.80	3.2
16H35MIN	11.00	2.5
16H40MIN	11.10	2.5
16H45MIN	11.20	2.1
16H50MIN	11.20	1.8

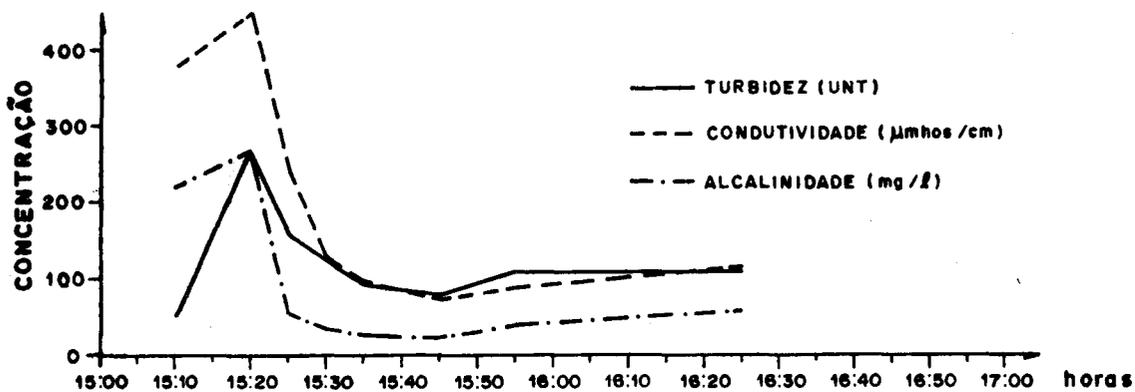
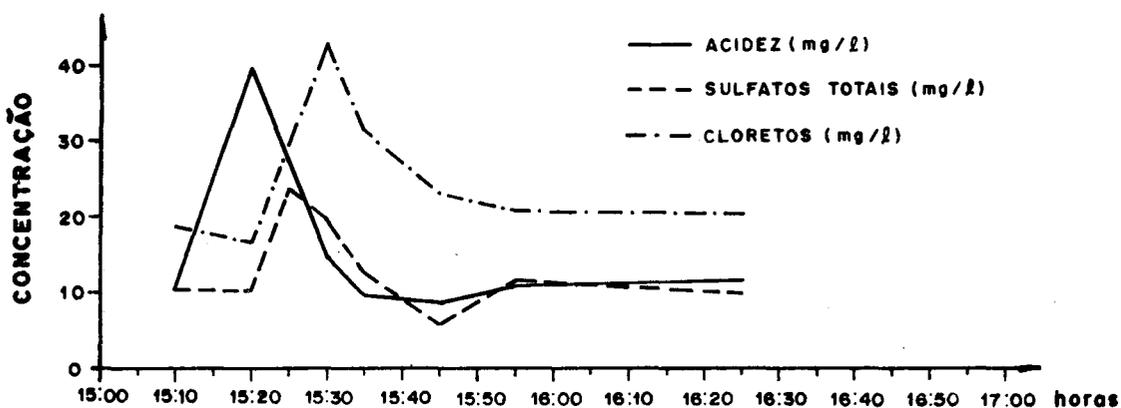
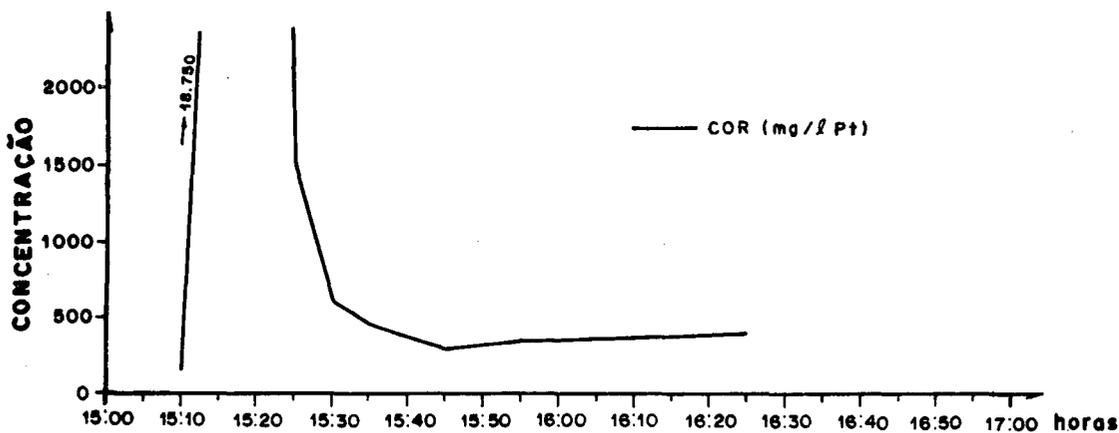
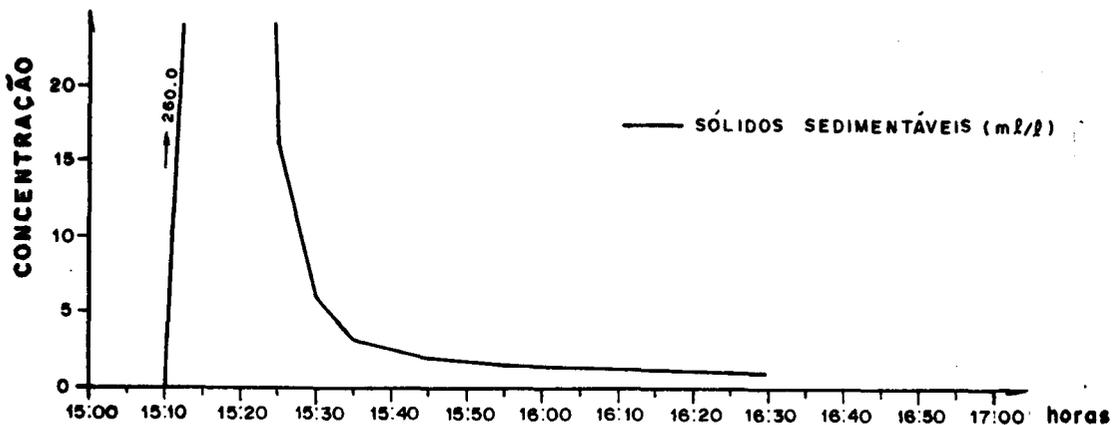
**ANEXO III - POLUTOGRAMA DOS CONSTITUINTES DA DRENAGEM
PLUVIAL DA BACIA DOS AÇORIANOS, DA CHUVA
DO DIA 03/07/84**



ANEXO III - Polutograma dos constituintes da drenagem pluvial da Bacia dos Açorianos da chuva do dia 03/07/84



ANEXO III - Polutograma dos constituintes da drenagem pluvial da Bacia dos Açorianos da chuva do dia 03/07/84



ANEXO III - Polutograma dos constituintes da drenagem pluvial da
Bacia dos Açorianos da chuva do dia 03/07/84

LISTA DE ABREVIATURAS

- APWA - American Public Works Association
- CIENTEC - Fundação de Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Sul
- CESB - Centro de Estudos de Saneamento Básico, DMAE - Porto Alegre.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
- CORSAN - Companhia Riograndense de Saneamento
- DEP - Departamento de Esgotos Pluviais - Porto Alegre
- DMA - Departamento do Meio Ambiente - SS-RS
- DMAE - Departamento Municipal de Águas e Esgotos - P. Alegre
- DMLU - Departamento Municipal de Limpeza Urbana - P. Alegre
- EPA - Environmental Protection Agency
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IPH - Instituto de Pesquisas Hidráulicas
- PUC/RS - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
- RFFSA - Rede Ferroviária Federal S/A
- SMT - Secretaria Municipal dos Transportes - P. Alegre
- SPM - Secretaria de Planejamento Municipal - P. Alegre

- SSMA - Secretaria da Saúde e Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul
- UFMS - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
- UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- USGS - U. S. Geological Survey
- WPCF - Water Pollution Control Federation
- CBT - Conteúdo Bacteriano Total
- CF - Coliformes Fecais
- COT - Carbono Orgânico Total
- CT - Coliformes Totais
- DBO_{5,20°C} - Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias
- DQO - Demanda Química de Oxigênio
- NMP - Número Mais Provável
- NTK - Nitrogênio Total Kjeldhal
- OD - Oxigênio Dissolvido
- PH - Potencial Hidrogeniônico
- SDT - Sólidos Dissolvidos Totais
- SS - Sólidos Sedimentáveis
- SST - Sólidos Suspensos Totais
- ST - Sólidos Totais
- STF - Sólidos Totais Fixos
- STV - Sólidos Totais Voláteis
- UNT - Unidade Nefelométrica de Turbidez