



UFSM

Dissertação de Mestrado

**ESTUDO COMPARATIVO DA
CARGA DE LAVAGEM EM BACIAS URBANA E
RURAL**

Marcio Ferreira Paz

PPGEC

Santa Maria, RS, Brasil

2004

**ESTUDO COMPARATIVO DA
CARGA DE LAVAGEM EM BACIAS URBANA E
RURAL**

por

Marcio Ferreira Paz

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS) como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**.

Santa Maria, RS, Brasil

2004

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ESTUDO COMPARATIVO DA
CARGA DE LAVAGEM EM BACIA URBANA E RURAL**

elaborada por
Marcio Ferreira Paz

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini
(Presidente/Orientador)

Prof. Dr. João Batista Dias de Paiva – (CT / UFSM)

Prof. Ph D Sérgio João de Luca – (IPH / UFRGS)

Santa Maria, 31 de Março de 2004.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

Aos meus pais Adair da Rosa Paz e Catharina Ferreira Paz, ao meu grande irmão Carlos Henrique e sua esposa Fátima Beatriz, e a minha querida Cema, por todo apoio, carinho, compreensão e incentivo, muito obrigado.

A minha orientadora, Prof^a Dr^a Maria do Carmo Cauduro Gastaldini, pela oportunidade, incentivo, compreensão, amizade e exemplo.

Ao meu grande amigo e colega de curso Adalberto Meller, pelo companheirismo, incentivo e amizade, valeu Betinho.

Aos professores João Batista Dias de Paiva e Eloiza Maria Cauduro Dias de Paiva, pelos dados fluviométricos e pluviométricos das estações de monitoramento da bacia hidrográfica Alto da Colina.

Aos bolsistas do departamento de hidráulica e saneamento: Andréa Stumm, Jankiel, Marcelo Pereira Jorge (Spock), Renato Antônio Geller, Sabrina Hagemann e Teobaldo Frederico, meu muito obrigado pela ajuda nos trabalhos de campo e laboratório, e principalmente pela amizade de vocês.

Ao servidor técnico e amigo Alcides Sartori, pelo apoio nos trabalhos de campo.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS), pelo auxílio financeiro a pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq/CT-Hidro – Brasil, pela bolsa de estudos concedida e pelo auxílio financeiro.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Qualidade da Água no Meio Ambiente	3
2.2. Fontes de Poluição	5
2.3. O escoamento superficial como fonte de poluição.....	8
2.3.1. Deposição Atmosférica.....	10
2.3.2. Áreas rurais	11
2.3.3. Urbanização	17
2.4. Carga de Lavagem	22
2.3.1. Definições de Carga de Lavagem	23
2.3.2. Ocorrência da Carga de Lavagem	24
3. ÁREA DE ESTUDO	30
3.1. Estações de Monitoramento	31
3.2. Uso e ocupação do Solo.....	34
3.3. Clima e solos	35
4. METODOLOGIA	37
4.1. Coleta de Amostras	37
4.1.1. Sólidos suspensos e turbidez.....	37
4.1.1.1. Amostragem do sedimento em suspensão	38
4.1.1.2. Análise do sedimento em suspensão	40
4.1.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO.....	41
4.1.2.1. Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio ..	41
4.1.3. Coliformes Totais e Fecais - indicadores de contaminação fecal	41
4.1.3.1. Avaliação da qualidade microbiológica da água	42
4.1.4. Oxigênio dissolvido, temperatura, pH e condutividade	44
4.2. Avaliação da Carga de Lavagem.....	46
4.2.1. Método 1 (Deletic, 1998)	46
4.2.2. Método 2 (Gupta & Saul, 1996a).....	48

4.2.3. Concentração média do evento (CME)	50
4.2.4. Análise dos eventos de precipitação	50
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	53
5.1. Qualidade das águas da Bacia Hidrográfica Alto da Colina	53
5.1.1. Análise de tempo seco	53
5.1.2. Qualidade do escoamento superficial	56
5.1.2.1. Aspectos físicos	56
5.1.2.2. Poluição orgânica.....	57
5.1.2.3. Aspectos bacteriológicos.....	58
5.1.3. Análise dos dados registrados com os Amostradores de Nível Ascendente	58
5.1.3.1. ANA – AC-II.....	59
5.1.3.2. ANA – AC-I.....	62
5.2. Estudo da carga de lavagem	64
5.2.1. Curvas M(V): Método 1	65
5.2.1.1. Resultados	71
5.2.2. Curvas M(V): Método 2	74
5.2.2.1. Sólidos Suspensos Totais – AC-I.....	74
5.2.2.2. Sólidos Suspensos Voláteis – AC-I.....	76
5.2.2.3. DBO ₅ – AC-I	78
5.2.2.4. Coliformes Totais – AC-I	81
5.2.2.5. Coliformes Fecais – AC-I	83
5.2.2.6. Condutividade – AC-I	85
5.2.2.7. pH – AC-I.....	87
5.2.2.8. Sólidos Suspensos Totais – AC-II.....	89
5.2.2.9. Sólidos Suspensos Voláteis – AC-II.....	91
5.2.2.10. DBO ₅ – AC-II	93
5.2.2.11. Coliformes Totais – AC-II	95
5.2.2.12. Coliformes Fecais – AC-II	96
5.2.2.13. Condutividade – AC-II	98
5.2.2.14. pH – AC-II.....	100
5.2.2.15. Resultados	102

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	106
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	109
ANEXOS	117
ANEXO 1 – Procedimentos para análise das coletas de água.	118
ANEXO 2 – Tabelas de Coleta	127
ANEXO 3 – Eventos Analisados na estação AC-I.....	136
ANEXO 4 – Eventos Analisados na estação AC-II	151

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Características físicas da Bacia Hidrográfica Alto da Colina.	31
Tabela 2: Resumo dos elementos que compõe a rede de microdrenagem.	
Fonte: Meller & Paiva (2003).	33
Tabela 3: Tipologias de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Alto da Colina para os anos de 1999 e 2004. Fonte: Meller (2004).	35
Tabela 4: Relação nível-garrafa dos amostradores instalados na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.	39
Tabela 5: Parâmetros utilizados no modelo IPH II. Fonte: Meller et al. (2002).	52
Tabela 6: Características de qualidade da água em tempo seco determinadas nas estações AC-I e AC-II.	54
Tabela 7: Característica de qualidade da água médias do ANA da estação AC-II.	60
Tabela 8: Características de qualidade da água médias do ANA da estação AC-I	63
Tabela 9: Coletas de tempo seco adotadas para o cálculo da carga de lavagem.	64
Tabela 10: FF20 segundo a metodologia de Deletic (1998) para as estações AC-I e AC-II.	72
Tabela 11: Carga de Lavagem segundo Gupta & Saul (1996a) para as estações AC-I e AC-II.	103
Tabela 12: Percentagem de tempo do evento correspondente a 20% do volume do evento nas estações AC-I e AC-II.	103
Tabela 13: Concentrações médias e características dos eventos.	104
Tabela 14: Discretização do evento do dia 22/05/2003 registrado na estação AC-I.	137
Tabela 15: Discretização das características de qualidade da água da estação AC-I no dia 22/05/2003.	138
Tabela 16: Discretização do evento do dia 16/06/2003 registrado na estação AC-I.	139
Tabela 17: Discretização das características de qualidade da água dos amostradores ANA registradas na estação AC-I no dia 16/06/2003.	141
Tabela 18: Discretização do evento do dia 08/07/2003 registrado na estação AC-I.	142
Tabela 19: Discretização das características de qualidade da água da estação AC-I no dia 08/07/2003.	144
Tabela 20: Discretização do evento do dia 15/07/2003 registrado na estação AC-I.	145
Tabela 21: Discretização das características de qualidade da água da estação AC-I no dia 15/07/2003.	146
Tabela 22: Discretização do evento do dia 11/12/2003 registrado na estação AC-I.	147
Tabela 23: Discretização das características de qualidade da água da estação AC-I no dia 11/12/2003.	149

Tabela 24: Discretização das características de qualidade da água dos amostradores ANA registradas na estação AC-I no dia 22/05/2003.	150
Tabela 25: Discretização do evento do dia 22/05/2003 simulado na estação AC-II.	152
Tabela 26: Discretização das características de qualidade da água da estação AC-II no dia 22/05/2003.	153
Tabela 27: Discretização do evento do dia 16/06/2003 simulado na estação AC-II.	154
Tabela 28: Discretização das características de qualidade da água dos amostradores ANA registradas na estação AC-II no dia 16/06/2003.	155
Tabela 29: Discretização do evento do dia 08/07/2003 simulado na estação AC-II.	156
Tabela 30: Discretização das características de qualidade da água da estação AC-II no dia 08/07/2003.	158
Tabela 31: Discretização do evento do dia 15/07/2003 simulado na estação AC-II.	159
Tabela 32: Discretização das características de qualidade da água da estação AC-II no dia 15/07/2003.	161
Tabela 33: Discretização das características de qualidade da água dos amostradores ANA registradas na estação AC-II no dia 15/07/2003.	162

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Trajeto dos poluentes relacionados ao ambiente aquático. Fonte: adaptado de Chapman (1998).....	7
Figura 2: Infiltração, Runoff (escoamento) e evapotranspiração, em função da impermeabilização do solo. Adaptado de EPA (1999).	20
Figura 3: Trajetos qualitativos do escoamento urbano. Fonte: adaptado de Ellis (1991).	21
Figura 4: Localização geográfica da Bacia Hidrográfica Alto da Colina junto a Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim (Adaptado de Meller et al., 2003).	30
Figura 5: Estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica Alto da Colina. Adaptado de Meller & Paiva (2003).....	32
Figura 6: Estações fluviométricas da Bacia Hidrográfica Alto da Colina.	33
Figura 7: Localização dos elementos que compõe a rede na área em estudo. Fonte: Meller & Paiva (2003).....	34
Figura 8: Distribuição das diferentes tipologias de uso e ocupação do solo na Bacia hidrográfica Alto da Colina.	36
Figura 9: Amostradores de nível ascendente instalados na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.	40
Figura 10: Tecnologia do substrato definido.	44
Figura 11: (A) Terminal multiparâmetros inolab e (B) Oxímetro YSI.....	46
Figura 12: Definição de carga de lavagem de acordo com a metodologia de Deletic 1998.	48
Figura 13: Definição de carga de lavagem como máxima divergência. (Adaptado de Gupta & Saul, 1996a).	49
Figura 14: Lixo jogado as águas da B. H. Alto da Colina junto a estação AC-I.	56
Figura 15: Cenários A e B dos dados do ANA da estação AC-II.	59
Figura 16: Comparação entre as concentrações médias de sólidos suspensos totais e dos cenários A e B.	61
Figura 17: Comparação entre as concentrações médias de DBO_5 e dos cenários A e B.	61
Figura 18: Correlação Ssvol/Ssfixos – concentrações médias – AC-II....	61
Figura 19: Correlação Ssvol/Ssfixos – cenário A.	62
Figura 20: Correlação Ssvol/Ssfixos – cenário B.	62
Figura 21: Correlação Ssvol/Ssfixos – concentrações médias – AC-I	63
Figura 22: Método 1 – SStot- AC-I.	65
Figura 23: Método 1 – SStot- AC-II.	65
Figura 24: Método 1 – SSvol- AC-I.	66
Figura 25: Método 1 – SSvol- AC-II.	66
Figura 26: Método 1 – DBO_5 - AC-I.....	67
Figura 27: Método 1 – DBO_5 – AC-II.....	67
Figura 28: Método 1 – Coliformes Totais - AC-I.....	68
Figura 29: Método 1 – Coliformes Totais - AC-II.....	68
Figura 30: Método 1 – Coliformes Fecais - AC-I.	69
Figura 31: Método 1 – Coliformes Fecais - AC-II.	69
Figura 32: Método 1 – Condutividade - AC-I.....	70

Figura 33: Método 1 – Condutividade - AC-II.....	70
Figura 34: Método 1 - pH - AC-I.....	71
Figura 35: Método 1 – pH - AC-II	71
Figura 36: Método 2 – SStot- AC-I – CP – 22/05/2003	74
Figura 37: Método 2 – SStot- AC-I – CP – 08/07/2003	74
Figura 38: Método 2 – SStot- AC-I – CP – 15/07/2003	75
Figura 39: Método 2 – SStot- AC-I – CP – 11/12/2003	75
Figura 40: Método 2 – SStot- AC-I – ANA – 16/06/2003.....	75
Figura 41: Método 2 – SStot- AC-I – ANA – 11/12/2003.....	76
Figura 42: Método 2 – SSvol- AC-I – CP – 22/05/2003	76
Figura 43: Método 2 – SSvol- AC-I – CP – 08/07/2003	77
Figura 44: Método 2 – SSvol- AC-I – CP – 15/07/2003	77
Figura 45: Método 2 – SSvol- AC-I – CP – 11/12/2003	77
Figura 46: Método 2 – SSvol- AC-I – ANA – 16/06/2003.....	78
Figura 47: Método 2 – SSvol- AC-I – ANA – 11/12/2003	78
Figura 48: Método 2 – DBO_5 - AC-I – CP – 22/05/2003.....	79
Figura 49: Método 2 – DBO_5 - AC-I – CP – 08/07/2003.....	79
Figura 50: Método 2 – DBO_5 - AC-I – CP – 15/07/2003.....	79
Figura 51: Método 2 – DBO_5 - AC-I – CP – 11/12/2003.....	80
Figura 52: Método 2 – DBO_5 - AC-I – ANA – 16/06/2003	80
Figura 53: Método 2 – DBO_5 - AC-I – ANA – 11/12/2003	80
Figura 54: Método 2 – Coliformes Totais - AC-I – CP – 22/05/2003.....	81
Figura 55: Método 2 – Coliformes Totais - AC-I – CP – 08/07/2003.....	81
Figura 56: Método 2 – Coliformes Totais - AC-I – CP – 15/07/2003.....	82
Figura 57: Método 2 – Coliformes Totais - AC-I – CP – 11/12/2003.....	82
Figura 58: Método 2 – Coliformes Totais - AC-I – ANA – 16/06/2003	82
Figura 59: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-I – CP – 22/05/2003	83
Figura 60: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-I – CP – 08/07/2003	83
Figura 61: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-I – CP – 15/07/2003	84
Figura 62: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-I – CP – 11/12/2003	84
Figura 63: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-I – ANA – 16/06/2003	84
Figura 64: Método 2 – Condutividade - AC-I – CP – 22/05/2003	85
Figura 65: Método 2 – Condutividade - AC-I – CP – 08/07/2003	85
Figura 66: Método 2 – Condutividade - AC-I – CP – 15/07/2003	86
Figura 67: Método 2 – Condutividade - AC-I – CP – 11/12/2003	86
Figura 68: Método 2 – Condutividade - AC-I – ANA – 16/06/2003	86
Figura 69: Método 2 – Condutividade - AC-I – ANA – 11/12/2003	87
Figura 70: Método 2 – pH - AC-I – CP – 22/05/2003	87
Figura 71: Método 2 – pH - AC-I – CP – 08/07/2003	88
Figura 72: Método 2 – pH - AC-I – CP – 15/07/2003	88
Figura 73: Método 2 – pH - AC-I – CP – 11/12/2003	88
Figura 74 : Método 2 – pH - AC-I – ANA – 16/06/2003	89
Figura 75: Método 2 – pH - AC-I – ANA – 11/12/2003	89
Figura 76: Método 2 – SStot- AC-II – CP - 08/07/2003	90
Figura 77: Método 2 – SStot- AC-II – CP - 15/07/2003	90
Figura 78: Método 2 – SStot- AC-II – ANA - 16/06/2003	90
Figura 79: Método 2 – SStot- AC-II – ANA - 15/07/2003	91
Figura 80: Método 2 – SSvol- AC-II – CP - 08/07/2003	91

Figura 81: Método 2 – SSvol- AC-II – CP - 15/07/2003	92
Figura 82: Método 2 – SSvol- AC-II – ANA - 16/06/2003.....	92
Figura 83: Método 2 – SSvol- AC-II – ANA - 15/07/2003.....	92
Figura 84: Método 2 – DBO ₅ - AC-II – CP - 22/05/2003	93
Figura 85: Método 2 – DBO ₅ - AC-II – CP - 08/07/2003	93
Figura 86: Método 2 – DBO ₅ - AC-II – CP - 15/07/2003	94
Figura 87: Método 2 – DBO ₅ - AC-II – ANA - 16/06/2003	94
Figura 88: Método 2 – DBO ₅ - AC-II – ANA - 15/07/2003	94
Figura 89: Método 2 – Coliformes Totais - AC-II – CP - 22/05/2003.....	95
Figura 90: Método 2 – Coliformes Totais - AC-II – CP - 08/07/2003.....	95
Figura 91: Método 2 – Coliformes Totais - AC-II – CP - 15/07/2003.....	96
Figura 92: Método 2 – Coliformes Totais - AC-II – ANA - 16/06/2003	96
Figura 93: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-II – CP - 22/05/2003.....	97
Figura 94: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-II – CP - 08/07/2003.....	97
Figura 95: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-II – CP - 15/07/2003.....	97
Figura 96: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-II – ANA - 16/06/2003	98
Figura 97: Método 2 – Condutividade - AC-II – CP - 22/05/2003	98
Figura 98: Método 2 – Condutividade - AC-II – CP - 08/07/2003	99
Figura 99: Método 2 – Condutividade - AC-II – CP - 15/07/2003	99
Figura 100: Método 2 – Condutividade - AC-II – ANA - 16/06/2003	99
Figura 101: Método 2 – Condutividade - AC-II – ANA - 15/07/2003	100
Figura 102: Método 2 – pH - AC-II – CP - 22/05/2003	100
Figura 103: Método 2 – pH - AC-II – CP - 08/07/2003	101
Figura 104: Método 2 – pH - AC-II – CP - 15/07/2003	101
Figura 105: Método 2 – pH - AC-II – ANA - 16/06/2003.....	101
Figura 106: Método 2 – pH - AC-II – ANA - 15/07/2003.....	102
Figura 107: (A) Solução de iodeto de azida adicionada a amostra; (B) Formação do precipitado; (C) Ácido sulfúrico adicionado a amostra; (D) Proveta com 200mL de amostra e Erlenmeyer; (E) Início do processo de titulação; (F) Amostra apresenta cor de palha desbotada; (G) Adição de solução indicadora de amido e (H) Amostra incolor após a viragem.....	124
Figura 108: Procedimento para detecção, confirmação e enumeração de coliformes totais e fecais.....	125
Figura 109: (A) Seladora e em detalhe cartela quanti-tray e reagentes Colilerts-24 horas; (B) Cartela apresentando coloração amarela positiva para CT; (C) câmara de luz ultra-violeta e (D) cartela sob luz ultra-violeta apresentando coloração positiva para CF.....	126
Figura 110: Evento do dia 22/05/2003 registrado na estação AC-I.....	137
Figura 111: Evento do dia 16/06/2003 registrado na estação AC-I.....	139
Figura 112: Evento do dia 08/07/2003 registrado na estação AC-I.....	142
Figura 113: Evento do dia 15/07/2003 registrado na estação AC-I.....	145
Figura 114: Evento do dia 11/12/2003 registrado na estação AC-I.....	147
Figura 115: Evento simulado do dia 22/05/2003.....	152
Figura 116: Evento simulado do dia 16/06/2003.....	154
Figura 117: Evento simulado do dia 08/07/2003.....	156
Figura 118: Evento simulado do dia 15/07/2003.....	159

LISTA DE SÍGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AC-I	Estação de monitoramento Alto da Colina I
AC-II	Estação de monitoramento Alto da Colina II
ANA	Amostrador de nível ascendente
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CF	Coliformes fecais
cm	Centímetro
CME	Concentração Média do Evento
CP	Coleta Pontual
CQA	Característica de qualidade da água
C_{ssf}	Concentração de sólidos suspensos fixos
C_{sst}	Concentração de sólidos suspensos totais
C_{ssv}	Concentração de sólidos suspensos voláteis
CT	Coliformes totais
C_t	Concentração no tempo t
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DBO_5	Demanda bioquímica de oxigênio de cinco dias
DQO	Demanda química de oxigênio
Δt	Intervalo de tempo
EPA	Environmental Protection Agency
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Fe	Ferro
FF20	Carga de lavagem em 20% do escoamento acumulado
FT	Fósforo total
g	Grama
H	Cota
H_2SO_4	Ácido sulfúrico
km	Quilômetro
L	Litro
m	Metro
M	Massa total poluente durante o evento
$M(V)$	Curva cumulativa da massa poluente vs volume escoado
mg	acumulado
min	Miligrama
mL	Minuto
$MnSO_4$	Mililitro
μS	Sulfato manganoso
N	Microsiemens
$Na_2S_2O_3$	Normalidade
NKT	Tiosulfato de sódio
NMP	Nitrogênio Kjeldahl total
NURP	Número mais provável
$^{\circ}C$	National Urban Runoff Program
OD	Grau centígrado
P	Oxigênio Dissolvido
	Peso da cápsula+filtro

Pb	Chumbo
pH	Potencial hidrogeniônico
PRONACOP	Programa Nacional de Controle da Poluição
Ps	Peso da cápsula+filtro+sedimento seco a 105 °C
Psf	Peso da cápsula+filtro+sedimento seco a 550 °C
PTSA	Período de Tempo Seco Antecedente
Q _{es}	Vazão do escoamento superficial
Q _t	Vazão no tempo t
RS	Rio Grande do Sul
s	Segundo
SS	Sólidos Suspensos
SStot	Sólidos Suspensos totais
SSvol	Sólidos Suspensos voláteis
T	Tonelada
t	Tempo
T _{ch}	duração do escoamento superficial
TSD	Tecnologia do Substrato Definido
U.S.A.	United States of America
UT	Unidade de Turbidez
V	Volume total durante o evento
V _{amostra}	Volume da amostra
V _{titulado}	Volume titulado

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Curso de pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

**ESTUDO COMPARATIVO DA
CARGA DE LAVAGEM EM BACIAS URBANA E RURAL**

Autor: Marcio Ferreira Paz

Orientador: Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini

Santa Maria, 31 de Março de 2004.

O crescimento populacional associado ao desenvolvimento urbano, industrial e rural, promove profundas alterações no meio ambiente, as quais refletem-se principalmente na deterioração da qualidade da água dos recursos hídricos disponíveis. As cargas poluentes de origem difusa, originadas no escoamento superficial e lançadas nos sistemas de drenagem, geram preocupações crescentes no contexto do controle da poluição e da proteção dos recursos hídricos. A quantificação destas cargas apresenta grande importância na avaliação do impacto por elas produzido e no projeto de medidas estruturais para o seu controle.

Este trabalho avalia a existência e natureza do fenômeno da carga de lavagem gerada pelo escoamento superficial na qualidade das águas da Bacia Hidrográfica Alto da Colina, no município de Santa Maria, RS. A área de estudo apresenta características rurais e urbanas. Analisou-se os parâmetros de qualidade da água: sólidos suspensos, condutividade, pH, DBO₅, OD, coliformes totais e fecais e temperatura da água.

Os resultados indicam que o fenômeno da carga de lavagem na Bacia Hidrográfica Alto da Colina, quando este ocorre é de pequena intensidade e influenciado pelas atividades antrópicas desenvolvidas junto ao corpo receptor, onde destacam-se o preparo das áreas de plantio e o lançamento do sistema de esgoto combinado no corpo d'água.

ABSTRACT

Dissertação de Mestrado

Curso de pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

COMPARATIVE STUDY OF FIRST FLUSH IN URBAN AND RURAL BASINS.

Author: Marcio Ferreira Paz

Advisor: Prof^a. Dr^a. Maria do Carmo Cauduro Gastaldini, Ph.D.

Santa Maria, 31st March 2004.

The population growth associated with the development of urban, industrial and rural areas produces major changes in the environment, which are readily observable in the deterioration of the quality of existing water resources. The pollutant loads of diffuse source, originating in surface runoff and flowing into drainage systems, are cause for growing concern over pollution control and the protection of the water resources. It is extremely important that these loads be quantified to make impact assessment studies and the design of control measures possible.

This survey evaluates the existence and nature of first flush phenomena generated by surface runoff in the water quality of the Alto da Colina' watershed, located in the Santa Maria, RS, Brazil. The surveyed area encompasses both rural and urban characteristics and the water quality was analyzed for suspended solids, conductivity, pH, BOD₅, DO, total and fecal coliforms and water temperature.

Results indicate that the occurrence of the first flush phenomenon in the Alto da Colina' watershed is of small intensity and is influenced by the human activities developed in its drainage area. The major activities observed were soil management for agricultural proposes and the discharge of the combined sewer system in that water course.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional associado ao desenvolvimento urbano, industrial e rural, vêm promovendo profundas alterações no meio ambiente, as quais refletem-se principalmente na deterioração da qualidade da água dos recursos hídricos disponíveis.

As alterações provocadas no meio ambiente pela ação antrópica processam-se de forma rápida e variada causando muitas vezes danos irreparáveis ao ambiente. O uso e ocupação do solo de forma desordenada em áreas urbanas e rurais associado ao escoamento superficial podem gerar cargas poluidoras (cargas difusas) de grande magnitude, que são lançadas nos sistemas de drenagem, gerando preocupações crescentes no contexto do controle da poluição e da proteção dos recursos hídricos.

Assim, o escoamento superficial gerado tanto em áreas rurais como urbanas, passou a ser reconhecido como uma das principais causas de poluição dos corpos d'água, pois promove a lavagem das superfícies, carreando grandes quantidades de poluentes para os corpos d'água, constituindo-se em importante fonte de degradação destes.

Esta poluição, de origem difusa tem sido estudada e quantificada, sendo propostas medidas de controle principalmente em cidades americanas e européias. No Brasil a poluição devido a cargas difusas tem sido pouco estudada, uma vez que os lançamentos orgânicos de esgotos domésticos ainda não foram suficientemente solucionados.

A previsão dos impactos na qualidade da água e os seus respectivos controles/tratamento encontram barreiras, devido a variabilidade temporal e espacial nas concentrações dos poluentes carreados para o sistema de drenagem da bacia hidrográfica considerada. As concentrações dos poluentes variam com o tipo de área (residencial, industrial, comercial, rural), com eventos de precipitação e ao longo do mesmo evento.

As cargas poluentes produzidas pelo escoamento superficial podem vir a ser algumas vezes superiores as do efluente de tratamento secundário de esgoto doméstico. Vários trabalhos têm quantificado esta carga difusa e comprovado que a primeira parte do escoamento superficial é a mais poluída, fenômeno conhecido como “carga de lavagem do escoamento superficial” (Ide (1984), Deletic, A. (1998), Wu, J.S. et al (1998), Matos, J.S. et al (1998), Porto (2001)).

1.1. Objetivos

O objetivo deste trabalho foi caracterizar os efeitos da ação antrópica sobre a qualidade das águas da Bacia Hidrográfica Alto da Colina (Santa Maria – RS) com objetivo principal de analisar a evidência da existência e a natureza da carga de lavagem gerada pelo escoamento superficial.

Para tanto foi realizado um monitoramento quali-quantitativo de suas águas na ausência de chuva e na subida do hidrograma de cheia, comparando-se os resultados gerados em uma área de características rurais com outra de características urbanas. Avaliou-se os seguintes parâmetros de qualidade da água: sólidos suspensos, condutividade elétrica, pH, demanda bioquímica de oxigênio, oxigênio dissolvido, coliformes totais e fecais e temperatura da água.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Qualidade da Água no Meio Ambiente

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. Sendo, portanto, função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, devido aos seguintes fatores, como explica Von Sperling (1996):

- *Condições naturais:* mesmo com a bacia hidrográfica preservada nas suas condições naturais, a qualidade das águas subterrâneas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. O impacto nas mesmas é dependente do contato da água em escoamento ou infiltração com as partículas, substâncias e impurezas no solo. Neste caso, tem grande influência a cobertura e a composição do solo;
- *Interferência do homem:* a interferência do homem, quer de uma forma concentrada, como na geração de despejos domésticos ou industriais, quer de uma forma dispersa, como na aplicação de defensivos agrícolas no solo, contribui na introdução de compostos e microorganismos na água, afetando a sua qualidade. Portanto, a forma como o homem usa e ocupa o solo tem uma implicação direta na qualidade da água.

Os processos envolvidos na transformação de um ambiente rural para um ambiente urbano resultam em alterações ambientais significativas, que influenciarão processos de desenvolvimento das formas de vida que este ambiente antes contemplava.

As alterações provocadas no meio ambiente pela ação antrópica, ao contrário daquelas de origens naturais, processam-se de forma rápida

e variada causando muitas vezes danos irreparáveis ao ambiente. Compete ao homem procurar adequar o processo de urbanização ao meio físico existente, de modo que os efeitos negativos sejam os mínimos possíveis (Mota, 1999).

Atualmente, o processo de ocupação é realizado sem a devida implantação de infra-estrutura básica, o crescimento é desordenado, sem considerar as características naturais do meio. As consequências desse processo inadequado de crescimento são: falta de condições sanitárias em muitas áreas, ocupação de áreas inadequadas, destruição de recursos de valor ecológico, poluição do meio ambiente, habitações em condições precárias. Todos esses aspectos refletem-se na qualidade de vida urbana, repercutindo diretamente na saúde das pessoas (Mota, 1999).

Assim como a urbanização desordenada acarreta prejuízos à qualidade d'água dos corpos receptores, o desenvolvimento de atividades agropecuárias em zonas rurais têm implicações diretas na qualidade dos corpos d'água. A aplicação de pesticidas e herbicidas às lavouras, como forma de controle de pragas, pode atingir os corpos receptores, devido ao escoamento superficial, afetando a qualidade de suas águas.

“A qualidade final da água no rio ou lago reflete necessariamente as atividades que são desenvolvidas em toda a bacia, com cada um dos usos do seu espaço físico produzindo um efeito específico e característico” (Branco, 1991).

Assim, o uso e ocupação do solo e qualidade da água são inseparáveis. Quase todas as atividades efetuadas na superfície do solo afetam a qualidade d'água de uma maneira ou outra. O gerenciamento da qualidade da água deve incluir suprimentos para o controle da poluição da água associada com uso do solo e fontes não pontuais (Sekhar et al., 1995).

2.2. Fontes de Poluição

O conjunto de ações e interferências diretas e indiretas sobre a qualidade da água de um manancial caracteriza um estado geral que recebe a denominação de poluição das águas. Entende-se por poluição das águas a adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água de uma maneira tal que prejudique os usos legítimos que dele são feitos (Von Sperling, 1996).

Existem basicamente duas fontes de poluentes que podem atingir um corpo de água: a poluição pontual e a poluição difusa (Von Sperling, 1996).

Na poluição pontual ou concentrada, os poluentes atingem o corpo de água de forma concentrada no espaço, onde há entradas em locais específicos, devido a despejos de afluentes, efluentes domésticos, industriais ou pluviais, entre outros (Von Sperling, 1996).

A poluição difusa geralmente resulta da precipitação, escoamento superficial, infiltração, drenagem, vazamentos, modificações hidrológicas, ou deposição atmosférica. Na poluição difusa, os poluentes adentram o corpo d'água distribuídos ao longo de parte de sua extensão.

Novotny, 1991 (apud Porto, 1998), caracteriza as fontes difusas através de cinco condições:

- O lançamento da carga poluidora é intermitente e está relacionado à precipitação;
- Os poluentes são transportados a partir de extensas áreas;
- As cargas poluidoras não podem ser monitoradas a partir de seu ponto de origem.
- O controle da poluição de origem difusa deve incluir ações sobre a área geradora da poluição, ao invés de incluir, apenas, o controle do efluente quando do lançamento.
- É difícil o estabelecimento de padrões de qualidade para o lançamento do efluente, uma vez que a carga poluidora lançada varia de acordo com a intensidade e duração do

evento meteorológico, extensão da área de produção naquele evento e com outros fatores.

Os poluentes geralmente são liberados no ambiente na forma de gases, substâncias dissolvidas ou na forma particulada. A figura 1 ilustra de forma esquemática, as principais vias de acesso dos poluentes aos corpos d'água e como as alterações resultantes nestes refletem-se diretamente na saúde do homem.

Não existe uma separação clara entre as fontes pontuais e as difusas, pelo fato da fonte difusa em escala local ou regional ser oriunda de um grande número de fontes pontuais individuais, como o escapamento de automóveis, assim como a poluição por esgotos domésticos pode ser também dita difusa quando o seu esgotamento, quando não infiltrado nos locais onde é produzido, acaba sendo feito pela drenagem pluvial, caracterizado-se assim como uma fonte difusa de poluição, pois é distribuída no espaço e recolhida pelas chuvas.

A poluição difusa caracteriza-se pela sua variabilidade temporal e espacial nas concentrações de poluentes carreados para o sistema de drenagem da bacia hidrográfica considerada. As concentrações dos poluentes variam com o tipo de área (residencial, industrial, comercial, rural), com eventos de precipitação e ao longo do mesmo evento.

Chapman (1998), comenta que uma importante diferença entre as fontes pontuais e difusas reside no fato da fonte pontual poder ser coletada, tratada ou controlada.

Para Tucci (1998), as condições de qualidade da água de um corpo d'água envolvem dois fatores fundamentais: as condições hidrológicas e a qualidade da água. As condições hidrológicas representam o estado do corpo de água quanto à quantidade de água. Num rio esta condição é retratada pela vazão. A qualidade da água é representada pela carga, sendo a concentração de um parâmetro de qualidade da água associada à vazão.

Assim, enquanto nos países desenvolvidos os principais problemas ambientais estão mais ligados aos efeitos de industrialização e da

ocupação urbana, nos países em desenvolvimento como o Brasil os problemas ambientais seguem duas vertentes principais. De um lado, os problemas das áreas urbanas, provenientes das grandes concentrações populacionais e da industrialização, que são tipicamente problemas ligados à poluição, destacando-se aspectos ambientais qualitativos. De outro, problemas das áreas ainda pouco exploradas ou exploradas de maneira desordenada, cujos problemas se referem principalmente à degradação dos recursos naturais ou à sua utilização pouco otimizada, se tornando mais relevantes e conflituosos seus aspectos quantitativos, além dos qualitativos (Mendes apud Leal, 1997).

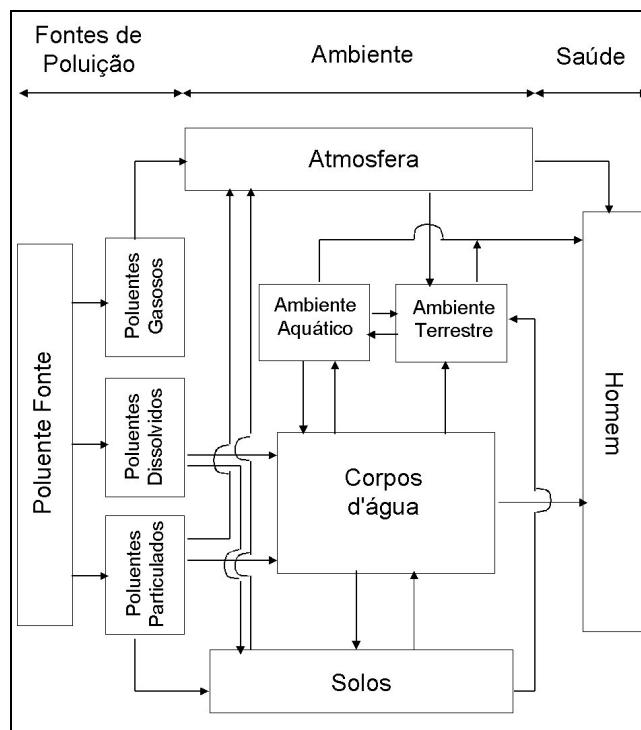


Figura 1 - Trajeto dos poluentes relacionados ao ambiente aquático. Fonte: adaptado de Chapman (1998).

No Brasil, ainda devem ser incrementados estudos para controlar a poluição pontual, pelo fato de possuir condições precárias de sistemas de tratamentos, tanto industriais como urbanos. Porém, em regiões onde predominam atividades agrícolas, percebe-se uma maior atenção à questão relacionada à poluição difusa. A proibição de uso de

determinados biocidas tem sido implementada na América Latina, notadamente após a Conferência Ambiental Rio-92 (Von Sperling, 2000).

Para avaliação do impacto da poluição e da eficácia das medidas de controle, Von Sperling (1996), coloca que “(...) é necessária a quantificação das cargas poluidoras afluentes ao corpo de água. Para tanto, são necessários levantamentos de campo na área de estudo, incluindo amostragem dos poluentes, análises de laboratório, medição de vazões e outros”.

2.3. O escoamento superficial como fonte de poluição.

A poluição pelo escoamento superficial tem origem no ciclo hidrológico, uma vez que os eventos de precipitação promovem a lavagem dos poluentes atmosféricos, e o escoamento superficial gerado será o responsável pelo transporte dos poluentes dispostos sobre as superfícies.

Atualmente o escoamento superficial tanto em áreas rurais como urbanas, é reconhecido como uma das principais causas de poluição dos corpos d'água, uma vez que promove a lavagem das superfícies carreando grandes quantidades de poluentes para os corpos d'água, constituindo-se em importante fonte de degradação destes.

Machado, 1985 (apud Reetz, 2002), aponta a disposição final de efluentes de esgotos domésticos e de efluentes provenientes das chuvas como as principais causas de poluição em mananciais hídricos.

As redes de drenagem urbana constituem-se em importantes vias de transporte de cargas poluidoras. A poluição associada ao escoamento superficial d'água gerado nas áreas urbanas possui origem diversificada, contribuindo para esta: as ligações clandestinas de esgotos, os efluentes de fossas sépticas, a abrasão e desgaste das ruas pelos veículos, o lixo acumulado nas ruas e calçadas, os resíduos orgânicos de pássaros e animais domésticos, as atividades de construção, os resíduos de

combustível, óleos e graxas deixados por veículos, poluentes do ar, entre outros (Porto, 1998).

Os principais poluentes carreados para os corpos receptores são sedimentos, matéria orgânica, bactérias, metais como cobre, zinco, manganês, ferro e chumbo, hidrocarbonetos provenientes do petróleo; tóxicos, como os pesticidas, e os poluentes do ar, que se depositam sobre as superfícies (Porto, 1998).

Pelo fato de concentrar grandes cargas de poluentes, o controle da drenagem urbana não envolve apenas a quantidade de água, mas também a sua qualidade. Nas cidades brasileiras a rede coletora de esgoto cloacal e seu tratamento é um problema ainda longe de ser resolvido. As redes pluviais têm sido utilizadas como coletores cloacais, o que poderá implicar em custos ainda maiores do controle da quantidade e qualidade da drenagem urbana. O controle da quantidade pode contemplar a qualidade dos sistemas de esgoto e drenagem urbana, buscando desenvolver procedimentos que envolvam a busca de soluções sustentáveis, no sentido de minimizar os impactos tanto sobre a própria cidade, como para os sistemas receptores destas drenagens (Tucci, 2000).

Estudo realizado sobre fontes de poluição (Mendes apud Leal, 1997), embasado em informações do PRONACOP (Programa Nacional de Controle da Poluição), e da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), para o ano de 1988, evidenciam que o setor que mais contribui para a poluição orgânica é a pecuária, seguida do escoamento superficial rural, da indústria e dos esgotos urbanos. No total, as cargas difusas rurais correspondem a um total de 69%, sendo que as cargas difusas urbanas totalizam 3% e cargas pontuais urbanas 28%.

Porto (1998), salienta que a identificação da carga geradora de materiais carreados pelo escoamento superficial é importante para que se possa avaliar corretamente seu potencial poluidor, impactos gerados e, também para determinar medidas de controle adequadas.

2.3.1. Deposição Atmosférica

A deposição atmosférica é uma das principais fontes de poluição difusa. As substâncias liberadas na atmosfera estão presentes na fase gasosa e de aerossol ou são adsorvidas por partículas.

A deposição atmosférica é dependente do clima, particularmente da direção do vento, horas de sol (fotodegradação) e precipitação (Holt, 2000). Segundo a EPA, 1980 (apud Ide, 1984), 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.

Os poluentes do ar depositam-se sobre telhados, ruas e demais superfícies, resultando na chamada deposição seca (Porto, 1998). Um dos mecanismos de deposição dominantes sobre a superfície é a remoção úmida devido à lavagem das partículas pela ação da chuva. Uma vez depositadas as partículas por ação da deposição seca e/ou úmida, estas são carreadas pela ação do escoamento superficial.

Holt (2000) faz referência a acidificação de solos da Europa central e setentrional causada originalmente pela deposição atmosférica de componentes ácidos liberados para a atmosfera como resultado de atividades humanas.

Em grandes cidades, o total de material depositado, seja por via seca ou úmida, pode variar entre 7 T/km².mês e 30 T/km².mês (Porto, 1998).

Burian et al. (2001) apresenta o interesse de muitas pesquisas na quantificação de componentes atmosféricos nitrogenados em corpos d'água costeiros. Valigura et al, 1996 (apud Burian et al., 2001), comenta que em estudos realizados na Flórida, U.S.A., determinou-se que aproximadamente 26% da carga de nitrogênio que entra na Baía de Sarasota e 28% da carga de nitrogênio que entra para a Baía de Tampa têm origem na deposição atmosférica sobre as áreas estudadas.

A introdução em excesso de nitrogênio na forma de amônio, nitrito, nitrato, e componentes nitrogenados nos corpos d'água pode acelerar o crescimento do fitoplâncton e de macrófitas.

Burian et al. (2001), em estudo realizado na Baía de Santa Mônica, Flórida, durante um período de 17 dias, indicou que a deposição úmida direta à Baía possui uma proporção significativa de carga de nitrito (50,8%), enquanto que a deposição seca direta é a maior fonte de amônio (74,5%); as contribuições de nitrito e amônio à Baía de Santa Mônica por deposição seca e úmida demonstraram serem as principais vias de entrada destes componentes.

Um dos mais importantes problemas associados à poluição atmosférica é a chuva ácida, que consiste na diminuição do pH da água da chuva. Internacionalmente considera-se como chuva ácida àquela que apresentar pH inferior a 5,6.

Na região metropolitana de Porto Alegre – RS, existem várias fontes prováveis de poluição atmosférica, entre elas citam-se uma refinaria de petróleo, um complexo petroquímico, siderúrgicas e metalúrgicas, cimenteiras, fábricas de celulose e papel, têxteis, curtumes, etc... e regiões densamente povoadas, as quais podem liberar compostos com potencial de contaminação das chuvas (Orsini, et al, 1986 apud De Luca (1990)). De Luca et al. (1990), em estudos realizados na região metropolitana de Porto Alegre – RS, comprovaram a ocorrência de chuvas ácidas e, sobretudo de chuvas químicas nessa região; onde registraram eventos com pH em torno de 4,0. Os autores mostraram que os principais poluentes atmosféricos foram sulfatos, cloretos e amônia.

2.3.2. Áreas rurais

Até 1950, a agricultura foi conduzida por pequenas famílias de agricultores, que usavam fertilizantes orgânicos e a sua produção de resíduos era facilmente assimilada pelos solos e corpos d'água receptores. O período pós 1950 caracterizou-se em uma substituição em

escala global para as grandes práticas de monocultura, intensivamente operadas em unidades agrícolas. Os campos agrícolas foram dramaticamente aumentados, entretanto, para sustentar o aumento dos campos e a produtividade das fazendas foi necessário o uso de grandes quantidades de fertilizantes e pesticidas químicos. Ao mesmo tempo, o desflorestamento ocorreu em grande escala desde os anos 50 e as terras desflorestadas foram convertidas em terras de uso agrícola (principalmente em países desenvolvidos) e urbano (tanto em países desenvolvidos como em não-desenvolvidos) (Novotny, 1999).

Este aumento no uso de produtos químicos agrícolas tem contribuído significativamente para a produtividade agrícola mas tem sido também a fonte de muita controvérsia, por causa dos riscos causados à saúde (Kanwar, 1997).

Niemczynowicz, 1996 (apud Novotny, 1999), atribui à substituição da população (de rural à urbana), o crescimento da agricultura, especialmente em países desenvolvidos, pela introdução de novas colheitas, irrigação e novas práticas agrícolas. Também apontou que estes métodos e técnicas nem sempre levaram em conta as condições locais de clima e solo bem como a estrutura social.

A mudança significativa no uso do solo devido ao incremento na produção agrícola acarretou diversos impactos ao meio ambiente, muitas áreas passaram a apresentar problemas de erosão, sanitização e desertificação, resultando na perda de solo fértil. Segundo Novotny (1999), isto tornou-se um ciclo vicioso, pois mais terras são convertidas às práticas agrícolas pelo desflorestamento, mais fertilizantes são usados para manter a produtividade dos campos de monoculturas, mais solo fértil e nutrientes naturais são perdidos, resultando no declínio da produtividade. Niemczynowicz, 1996 (apud Novotny, 1999), cita como exemplo áreas áridas do oeste e centro da África onde o conteúdo de carbono no solo diminuiu mais de 50%, o que reduziu a produtividade em cerca de 50% e a necessidade de uso de fertilizantes agora é de 5 vezes maior do que em alguns países desenvolvidos.

A poluição agrícola é definida como uma fonte difusa, uma vez que não é gerado de um ponto definido. A EPA (2000), em estudos que avaliaram a qualidade das águas americanas, apontou a poluição difusa como a principal causadora de danos à qualidade das águas superficiais dos E.U.A. De acordo com estes estudos, a agricultura é a principal forma de propagação desta poluição para rios e lagos.

O escoamento superficial de áreas agrícolas pode transportar os seguintes poluentes (EPA, 2000):

- Nutrientes, produtos químicos e metais associados a partículas como fósforo, nitrogênio orgânico e metais aplicados com alguns resíduos orgânicos;
- Produtos químicos e nutrientes solúveis, como nitrogênio, fósforo, metais e muitos outros nutrientes principais e secundários;
- Sólidos orgânicos particulados, materiais consumidores de oxigênio, e bactérias, vírus, e outros organismos associados a resíduos orgânicos, e
- Sais.

Dentre os nutrientes agrícolas que mais prejudicam a qualidade d'água destacam-se o nitrogênio (N) e o fósforo (P). Estes nutrientes são aplicados na agricultura de diferentes formas e provêm de várias fontes: fertilizantes comerciais na forma seca ou fluida; adubos de instalações de produção animal; efluentes de estações de tratamento municipais e industriais; legumes e resíduos de colheitas, água de irrigação, vida selvagem e deposição atmosférica (EPA, 2000).

Quando estes nutrientes são introduzidos em um rio, lago ou estuário em altas taxas, a produtividade das plantas aquáticas pode aumentar sensivelmente, levando o corpo d'água a condições de eutrofização devido ao aumento de nutrientes.

Na União Européia, estima-se que 50% do fósforo presente nas águas superficiais provêm de fontes difusas rurais, 41% de águas

residuárias e 9% resultantes das outras fontes, Morse et al., 1993 (apud Holt, 2000).

Dentre os maiores poluentes destacam-se os sedimentos transportados pelo escoamento rural através do sistema de drenagem, os quais alteram os níveis de nutrientes necessários ao desenvolvimento da fauna e flora aquáticas (fósforo e nitrogênio).

O sedimento é resultante da erosão. É o material sólido, mineral e orgânico, que está em suspensão, sendo transportado ou movido de seu local de origem pelo vento, água, gravidade ou gelo. A erosão do solo pode ser caracterizada como o transporte de partículas que são separadas pela chuva, escoamento de água, ou vento (EPA, 2000).

A perda de solo reduz os nutrientes e danifica a estrutura do solo, causando um decréscimo na produtividade da terra da qual é erodido. Produtos químicos como pesticidas, fósforo e amônia são transportados junto aos sedimentos no estado adsorvido.

O solo erodido e liberado de terras cultivadas, como sedimento, geralmente contém uma maior percentagem de partículas finas e menos densas do que o solo original sobre estas terras. Esta mudança na composição do solo erodido deve-se a natureza seletiva dos processos de erosão. Grandes partículas são mais facilmente desprendidas da superfície do solo por serem menos coesivas, mas depositam-se mais rapidamente por seu tamanho. A matéria orgânica não é facilmente desprendida, por causa de suas propriedades coesivas, mas uma vez desprendida é facilmente transportada por causa de sua baixa densidade (EPA, 2000).

Goldman et al., 1986 (apud Novotny, 1999), lista os seguintes impactos ambientais resultantes da excessiva erosão e sedimentação causados pela agricultura:

- Efeitos de excessivas cargas de sedimentos sobre corpos d'água receptores incluem a deterioração ou destruição de habitats aquáticos. Os sedimentos podem destruir áreas de

desova, fontes de alimento e também prejudicar diretamente peixes e outras formas de vida aquática;

- A sedimentação excessiva causa uma rápida perda da capacidade de armazenagem d'água de reservatórios e acumulação de depósitos de fundo, que inibem os processos biológicos da fauna e flora aquática;
- Os nutrientes carreados pelos sedimentos podem estimular o crescimento de algas e consequentemente acelerar os processos de eutrofização;
- Os sedimentos, especialmente em suas frações finas, são uns dos principais transportadores de poluentes, tais como: componentes orgânicos, metais, íons de amônio, fosfatos e muitos componentes orgânicos tóxicos;
- A turbidez da água causada pelos sedimentos reduz a fotossíntese do sistema, levando a redução no fornecimento de alimentos e do habitat.

O escoamento de áreas rurais pode carregar para os corpos d'água quantidades significativas de poluentes originados de excretas animais (domésticos, de atividades de pecuária, aviários, etc.). Segundo a EPA (2000), os seguintes poluentes contidos nas excretas animais e materiais das estruturas de confinamento animal podem ser transportados pelo escoamento:

- Substâncias consumidoras de oxigênio;
- Nitrogênio, fósforo e muitos outros nutrientes principais e secundários;
- Sólidos orgânicos;
- Sais;
- Bactérias, vírus e outros microorganismos;
- Metais e,
- Sedimentos.

Outra importante fonte de poluição do escoamento de áreas rurais tem origem no uso de pesticidas, usados no controle de pragas ou como regulador de plantas, desfolhante ou dessecante. Alguns tipos de pesticidas são resistentes a degradação e podem persistir e acumularem-se em ecossistemas aquáticos.

Muitos estudos tem avaliado a presença de pesticidas no escoamento e em rios, geralmente demonstrando que a concentração pode ser relativamente alta próximo ao local de aplicação, logo após a aplicação, com significativas reduções para jusante e com o tempo. Os pesticidas podem ser transportados para os corpos d'água receptores na forma dissolvida ou associados aos sedimentos (EPA, 2000).

Atualmente, o principais mecanismos de controle das fontes de poluição difusa agrícola são as chamadas *medidas ótimas para gerenciamento* (do inglês, Best Management Practices, ou BMP). As BMPs são desenvolvidas para reduzir as quantidades de poluentes que são geradas na/ou liberadas de uma fonte para um corpo d'água receptor.

Estas medidas de gerenciamento podem ser estruturais (por exemplo, lagoas de tratamento, terraços, ou bacias de sedimentação) ou não estruturais (por exemplo, pastagens rotativas, gerenciamento de nutrientes e pesticidas ou culturas conservacionistas). As medidas de gerenciamento geralmente não são utilizadas isoladamente na resolução dos problemas de qualidade d'água, mas sim em combinações para construir um sistema de medidas de gerenciamento (EPA, 2000).

As medidas de gerenciamento controlam a liberação dos poluentes de fonte difusa para corpos d'água receptores por uma destas ações listadas abaixo:

- Minimização dos poluentes disponíveis (redução da fonte);
- Retardo no transporte e/ou liberação de poluentes;
- Remediação ou interceptação do poluente antes ou depois deste ser liberado para o recurso hídrico através de transformações químicas ou biológicas.

As medidas de gerenciamento são geralmente desenvolvidas para controlar um tipo particular de poluente originário de usos específicos da terra. Não há simplesmente, um sistema de medidas de gerenciamento ideal para controlar um poluente específico em todas as situações. Preferivelmente, o sistema deve ser desenvolvido baseado no tipo de poluente; na fonte do poluente; na causa da poluição na fonte; nas condições agrícolas, climáticas e ambientais, nos objetivos de redução da poluição; na situação econômica do dono da propriedade; na experiência dos planejadores do sistema; e na disposição e habilidade do produtor para implementar e manter as medidas (EPA, 2000).

Os impactos das atividades agrícolas sobre a qualidade do solo e recursos hídricos de uma região, devem ser estudados dentro do contexto das características e particularidades da área na qual estas atividades ocorrem.

2.3.3. Urbanização

A tendência da urbanização das cidades brasileiras tem provocado impactos significativos na população e no meio ambiente. Estes impactos têm deteriorado a qualidade de vida da população, através do aumento da freqüência e do nível de inundações, redução da qualidade da água e aumento de materiais sólidos no escoamento pluvial (Tucci et al., 2003).

O aumento da taxa de urbanização brasileira aumentou de 77,13% para 81,20% entre 1991 e 2001 respectivamente, o que significa dizer que, do total de 169.544.443 habitantes, 137.670.088 pessoas residem nas áreas urbanas (Costa Junior et al., 2003). O processo de urbanização acelerado ocorreu depois da década de 60, gerando uma população urbana praticamente sem infra-estrutura, principalmente na década de 80, quando os investimentos foram reduzidos (Tucci, 2003).

Gomes et al. (1981), relata que em pesquisas efetuadas por pesquisadores de diversos países como E.U.A., Inglaterra, Suécia, Austrália e também do Brasil, os efluentes provenientes das chuvas após

lavarem as ruas das cidades podem transportar tanto ou até mais poluentes, que o efluente secundário de uma estação de tratamento de esgoto e, para certos parâmetros, podem superar ao esgoto cru. Soderland & Lehtinen, 1973 (apud Weeks, 1981 – Pollution in urban stormwater runoff) verificaram, em seus estudos, que o escoamento pluvial continha vinte vezes a quantia de resíduos não filtráveis, duas vezes a quantia de DBO e 15% de fósforo e nitrogênio do que o conteúdo no esgoto tratado.

O esgotamento das águas residuárias e pluviais podem ser efetuadas por sistemas de esgotos combinados (cloacal e pluvial num mesmo conduto) ou separados (rede pluvial e cloacal separadas). Tucci et al. (2003) considera que a legislação brasileira estabelece o sistema separador, sendo que na prática isto não ocorre devido às ligações clandestinas e à falta de rede cloacal. Também mostra que devido à falta de capacidade financeira para ampliação da rede cloacal, algumas prefeituras têm permitido o uso da rede pluvial para transporte do cloacal, o que pode ser uma solução inadequada, à medida que esse esgoto não é tratado.

Segundo Matos et al. (1998) as descargas do escoamento pluvial, de sistemas de esgoto pluviais separadores ou a descarga direta do volume excedente de coletores combinados para os meios receptores, podem conduzir a alterações significativas na qualidade da água dos meios hídricos, sobretudo se os fatores de diluição forem reduzidos. O impacto destas descargas podem resultar em aumento da turbidez e da concentração de matéria orgânica na massa líquida, acumulação de sedimentos com elevadas carências de oxigênio, bioacumulação de substâncias tóxicas nos organismos bentônicos, alteração do sabor e da cor da água e modificação na qualidade e diversidade da fauna aquática do meio hídrico.

Segundo Mota (1999), o aumento da população e ampliação das cidades deveriam ser sempre acompanhados do crescimento de toda a infra-estrutura urbana, de modo que as influências deste processo de

urbanização sobre o meio ambiente não se tornem prejudiciais aos habitantes. Os processos de desenvolvimento dos centros urbanos provocam diversos impactos no meio ambiente, principalmente em modificações no ciclo hidrológico e no aumento da impermeabilização do solo.

Quando uma parcela de solo é alterada de um ecossistema natural para uma área urbanizada consistida de telhados, ruas e estacionamentos, a hidrologia do sistema é significativamente alterada. A quantidade de água que antes se infiltrava no solo descoberto e era conduzida as reservas subterrâneas, utilizada por plantas e evaporada ou transpirada para a atmosfera, passa a ser convertida em escoamento superficial direto. Uma medida importante do grau de urbanização de uma área é o nível de impermeabilização das superfícies. Quando o nível de impermeabilização aumenta em uma área, uma maior parcela da precipitação é convertida em escoamento, como pode ser visualizado na figura 2.

As mudanças no ciclo hidrológico causadas pela urbanização não estão confinadas aos aspectos de volume e tempo. Como mostrado na figura 3, várias vias de entrada e saída de água e poluentes de fontes naturais e antropogênicas são encontradas durante o escoamento superficial em uma área urbana.

Embora as principais vias de entrada externa ao sistema de drenagem possam serem identificadas como a deposição atmosférica e a precipitação, as cargas iniciais suplementares são derivadas de superfícies impermeáveis de telhados e estradas. Outras fontes de poluentes são geradas devido a reações bioquímicas, que ocorrem no interior de sedimentos depositados e que são resuspensos durante o escoamento pluvial e levados ao corpo d'água receptor, Hall et al., 1985 (apud Ellis, 1991).

Nas ruas são encontrados agentes tóxicos, tais como metais traços, hidrocarbonetos clorados ou não, pesticidas, materiais consumidores de oxigênio e matérias orgânicas outras, bioestimulantes,

patogênicos em geral e diversos tipos de sólidos, dissolvidos, flutuantes (De Luca et al., 1990). Estes poluentes contribuem para que a água de drenagem pluvial urbana venha a ser eventualmente a principal causadora de poluição intermitente de corpos d'água, tornando-os impróprios, por exemplo para lazer, pesca, recreação e abastecimento, notadamente após o início do escoamento.

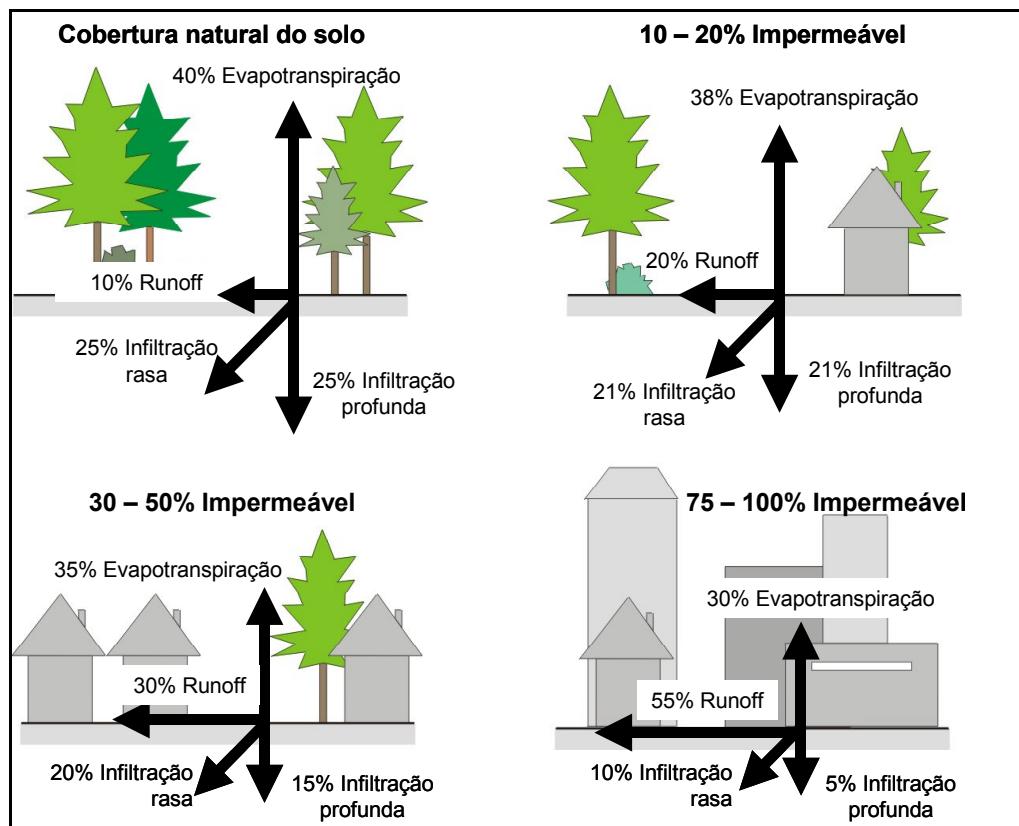


Figura 2: Infiltração, Runoff (escoamento) e evapotranspiração, em função da impermeabilização do solo. Adaptado de EPA (1999).

Sartor & Boyd, 1972 (apud Weeks, 1981), listam as fontes de poluição oriundas das superfícies impermeáveis; estas incluem contaminação de materiais de estradas pavimentadas, veículos a motor (perda de combustível, lubrificantes, fluídos hidráulicos, líquidos refrigerantes, partículas de pneus gastos, revestimentos de embreagem e freio, emissões de exaustão), poeira, deposição atmosférica, vegetação (folhas, pólen, cascas de árvores, sementes), lixo (descarte de alimentos,

resíduos de fábricas, excrementos de animais), derrames (poeira, areia, cascalhos, cimento, produtos agrícolas e de petróleo), e despejos não autorizados. Além disto, a erosão de canais de drenagem abertos, aterros e outros materiais depositados previamente na drenagem podem ser significativamente incrementados pela urbanização.

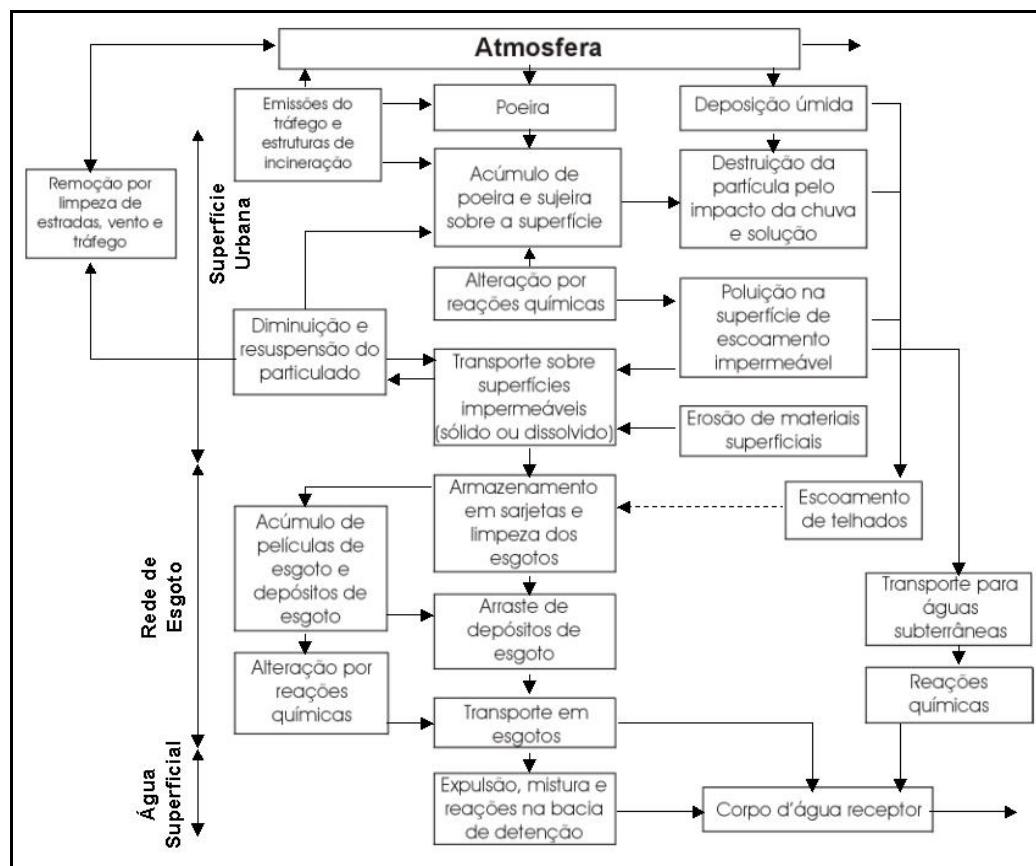


Figura 3: Trajetos qualitativos do escoamento urbano. Fonte: adaptado de Ellis (1991).

Devido à natureza difusa das descargas pluviais, é difícil quantificar a extensão das cargas poluentes aos corpos receptores que são atribuídos às descargas pluviais. Sendo mais fácil medir o incremento das vazões do sistema durante os eventos de precipitação, que ocorrem nas áreas urbanizadas e documentar os impactos aos sistemas que recebem as águas do escoamento pluvial (EPA, 1999).

Um dos mais importantes estudos realizados sobre o escoamento urbano, o NURP (Nationwide Urban Runoff Program) foi conduzido pela

EPA entre 1978 e 1983 com o objetivo de examinar as características do escoamento urbano e similaridades ou diferenças entre usos do solo urbano, até que ponto o escoamento urbano contribui aos problemas de qualidade das águas e, as características de performance e qualidade de medidas de gerenciamento para controle das cargas poluidoras do escoamento urbano, EPA, 1983 (apud EPA, 1999). Este estudo incluiu 81 locais específicos e mais de 2300 eventos de precipitação distintos. Os resultados indicaram que não houve uma diferença significativa nas concentrações dos poluentes no escoamento de diferentes categorias de uso do solo, mas houve uma significativa diferença, entretanto, nas concentrações de poluentes de fontes de escoamento urbanas quando comparadas àquelas produzidas em áreas não urbanas (EPA, 1999).

O mais importante contribuinte de poluentes para o escoamento urbano é a superfície do solo, principalmente ruas, sarjetas e outras superfícies conectadas à rede de drenagem, como telhados, as quais recebem principalmente poluentes atmosféricos (De Luca et al., 1990).

Porto (1998) salienta que o controle da poluição difusa deve ser feito através de ações sobre a bacia hidrográfica, de modo a se ter redução das cargas poluidoras antes do lançamento da drenagem no corpo receptor, sendo este tipo de controle alcançado pela adoção de um conjunto de BMPs.

Neste contexto, as BMPs estruturais buscam o melhoramento da qualidade e/ou controle da quantidade do escoamento através da construção de sistemas tais como bacias de detenção ou áreas de inundação; e as do tipo *não estruturais*, buscam a redução do volume escoado e do potencial poluidor deste pela adoção de medidas institucionais, educacionais ou de prevenção (EPA, 1999).

2.4. Carga de Lavagem

Vários trabalhos têm comprovado que a primeira parte do escoamento superficial é a mais poluída, fenômeno conhecido como

“carga de lavagem do escoamento superficial” (Ide (1984), Deletic, 1998; Wu et al., 1998; Matos et al., 1998; Porto & Masini, 2001, Gomes & Chaudhry, 1981).

O fenômeno da carga de lavagem, pode ser entendido como a remoção inicial do material acumulado no período entre chuvas sobre a bacia hidrográfica, pelo escoamento superficial para a rede de drenagem, produzindo um pico na concentração dos poluentes no início do escoamento superficial.

2.3.1. Definições de Carga de Lavagem

Há diferentes formas de definir o efeito da carga de lavagem. Muitos autores atribuem a carga de lavagem ao fato de um pico na concentração mais ou menos significativo ocorrer no início de eventos de precipitação (Thornton & Saul, 1987, apud Bertrand-Krajewski et al., 1998). Os pesquisadores normalmente usam curvas da fração acumulada da massa poluente total comparando-as à curva da fração acumulada do volume total do escoamento superficial do evento, para avaliar a carga de lavagem. Nota-se também que a maneira mais comum de definir o fenômeno é o método no qual uma fração da carga poluente total é comparada com uma fração de carga escoada, calculadas em mesmo ponto, o qual foi escolhido em uma posição qualquer no início da curva acumulada do escoamento (Deletic, 1998).

Thornton & Saul, 1986 (apud Gupta & Saul, 1996a) definiram o fenômeno como o período inicial do escoamento durante o qual a concentração de poluentes era significativamente maior que aquela observada durante períodos anteriores do evento. Geiger, 1987 (apud Deletic, 1996), definiu que a carga de lavagem ocorre quando tal curva tem uma inclinação inicial maior do que 45%, e usou o ponto de máxima divergência da inclinação de 45° para quantificar a carga de lavagem. Gupta & Saul, 1996a, usaram uma definição muito similar a esta, definiram a carga de lavagem como sendo a porção do evento até o ponto de

máxima divergência entre a percentagem acumulada de poluente e a percentagem acumulada do escoamento plotadas em comparação a percentagem acumulada de tempo do evento. Sansalone & Buchberger, 1997 (apud Deletic, 1998) usaram um critério não restritivo, aceitando a existência da carga de lavagem se uma curva cumulativa de massa de poluente está acima da curva do volume do escoamento superficial. A EPA, 1993 (apud Bertrand-Krajewski et al., 1998), definiu a carga de lavagem baseada em uma comparação direta entre duas concentrações, e introduz valores numéricos de referência para fins de cálculo e comparação do efeito.

Stahre e Urbonas, 1990 (apud Bertrand-Krajewski et al., 1998) escolheram utilizar 20% do volume do escoamento superficial. Outros pesquisadores (Vorreiter & Hickey, 1994, apud Deletic, 1998) definiram o fenômeno em termos da carga de poluição nos primeiros 25% do volume do evento. Deletic, 1998, definiu a “carga de lavagem” como a percentagem da carga poluente total do evento transportada pelos primeiros 20% do volume escoado. Pesquisadores franceses, Bertrand-Krajewski et al., 1998, definiram a ocorrência da carga de lavagem quando no mínimo 80% da carga de poluição é transferida nos primeiros 30% do volume do escoamento superficial.

2.3.2. Ocorrência da Carga de Lavagem

O fenômeno da carga de lavagem tem sido estudado para diferentes componentes de contribuição da drenagem pluvial urbana, incluindo água da chuva, escoamento dos telhados, escoamento superficial, descarga de sistema separador, descarga de sistema combinado e escoamento de águas servidas. Devido a diferenças entre: definições do fenômeno, estratégias de amostragem (locais) e métodos de coleta de dados empregados, é difícil comparar os resultados e, freqüentemente, obtém-se conclusões diferentes para os vários estudos do fenômeno (Deletic, 1998).

Meister & Kefer (1981), em estudo sobre a qualidade do escoamento pluvial que aflui para o lago da Universidade de Illinois, Carbondale, o qual possui 40 acres sendo rodeado por 385 acres de uma bacia ao sul de Illinois, que apresentava 50% de uso da terra urbano e uma área isolada não-urbana de 50%, analisou 12 eventos de precipitação, de abril a dezembro de 1979 analisando características físicas, químicas e biológicas. Neste estudo Meister & Kefer (1981), observaram o efeito da carga de lavagem nos escoamentos urbanos e não-urbanos. Entretanto, este efeito foi observado para diferentes parâmetros entre as duas fontes. A carga de lavagem da fonte urbana foi mais notável em concentrações de sólidos suspensos e totais, as quais, decresceram por um fator de 3 vezes nos primeiros 15 minutos. Outros parâmetros urbanos, DBO, nitratos, fosfatos, cloretos, dureza e inversamente o oxigênio dissolvido, apresentaram uma redução de aproximadamente 2 vezes em um período de tempo de aproximadamente 45 minutos. Os coliformes fecais foram o único parâmetro urbano a aumentar com o tempo. No escoamento não-urbano somente sólidos suspensos e totais exibiram o efeito com um decaimento de 3 vezes nos 15 minutos iniciais do escoamento. As condições de umidade antecedente apresentaram um fator significativo nas concentrações dos parâmetros, assim como o parâmetro sólidos suspensos apresentou uma relação positiva à intensidade da precipitação. Larsen et al. (1998), monitorou 15 eventos de precipitação, analisando a concentração de sólidos suspensos, DBO, DQO, nitrogênio total e fósforo total do escoamento pluvial de uma área urbana de 95 ha em Aalborg, Dinamarca; encontrando efeitos significativos da carga de lavagem no escoamento pluvial desta área.

Segundo Förster (1996), o efeito da carga de lavagem de substâncias dissolvidas e metais pesados é usualmente observado no escoamento de telhados. Em estudos realizados em um sistema experimental de telhados localizados no campus da Universidade de Bayreuth e em cinco locais na cidade de Bayreuth, Alemanha, Förster

(1999), demonstrou que os níveis de poluição do escoamento proveniente de telhados e sua variabilidade eram influenciadas pelas fontes locais (como os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos resultantes de processos de incineração), tipo de material do telhado (como chapas de zinco), poluição do ar (deposição seca), a precipitação do evento (intensidade, tempo seco antecedente), a meteorologia (estação do ano, velocidade e direção do vento) e as propriedades físico-químicas dos poluentes.

Geiger, 1984 (apud Bertrand-Krajewski et al., 1998), analisou 662 eventos de precipitação no sistema de esgoto combinado de München-Harlaching (540 ha) entre 1977 e 1981, definindo a carga de lavagem como um intervalo maior que 0,2 entre a curva da massa poluente acumulada vs. o volume escoado e o bissetor, encontrando sua ocorrência em apenas 25% dos eventos para o parâmetro sólidos suspensos totais e somente 15% para outros poluentes.

Estudos realizados em sistemas de esgoto combinado apresentam conclusões contrastantes. Alguns pesquisadores consideram que a carga de lavagem ocorre regularmente em muitos sistemas combinados (Gupta e Saul, 1996b). Bertrand-Krajewski et al. (1998), analisando 197 eventos de chuva em 12 sistemas de esgoto (6 sistemas de esgoto unitários e 6 sistemas de esgoto combinado), do banco de dados francês QASTOR, concluiu que apenas 1% dos eventos apresentavam o efeito da carga de lavagem utilizando a definição 80% da carga poluente total em 30% do volume inicial do escoamento. Os seguintes resultados foram encontrados: sistemas unitários: para 50% dos eventos, 50% da massa poluente total é transportada nos primeiros 38% do volume total, e 80% da massa poluente total é transportada nos primeiros 74% do volume total; sistemas combinados: para 50% dos eventos, 50% da massa poluente total é transportada nos primeiros 47% do volume total, e 80% da massa poluente total é transportada nos primeiros 79% do volume total.

Em estudo realizado em duas pequenas áreas urbanas, uma localizada em Belgrado, Iugoslávia, onde monitorou a qualidade da água do escoamento pluvial de uma rua asfaltada; e outra em Lund, Suécia, onde monitorou a qualidade da água do escoamento pluvial de um estacionamento de carros também asfaltado, Deletic (1998), usando a sua definição de carga de lavagem obteve os resultados descritos a seguir: Quanto aos sólidos suspensos: na área de Miljakovac (Belgrado) demonstrou que a carga de lavagem é mais provável de aparecer durante grandes eventos de precipitação, na área de Lund, a carga de lavagem ocorreu em um terço dos eventos registrados. Quanto a condutividade: a carga de lavagem não apresentou uma característica regular em ambas as áreas estudadas. Quanto ao pH e temperatura: nenhum efeito de carga de lavagem foi observado para estes parâmetros nos dois locais. Deletic (1998), concluiu que um forte efeito de carga de lavagem no final de um sistema de drenagem (se observado), não é muito provável de ser causado pela introdução de um efeito de carga de lavagem no início do sistema; o fenômeno pode ser causado por processos de transporte e transformações do poluente.

Lee et al. (2002), analisou 38 eventos de precipitação, onde foram avaliadas 13 áreas com diferentes usos da terra durante o período de junho de 1996 a novembro de 1999. O estudo avaliou a qualidade do escoamento pluvial através de diversos parâmetros: DQO, sólidos suspensos (SS), nitrogênio kjeldahl total (NKT), fósforo total (FT), chumbo (Pb) e ferro (Fe). Analisando os dados através da diferença entre as curvas de massa do poluente e do volume escoado, todos os constituintes exibiram um pronunciado efeito de carga de lavagem, sendo que nas áreas residenciais este efeito mostrou o seguinte comportamento: SS > Fe > NKT > DQO > FT > Pb; e nas áreas industriais: SS > Pb > Fe > DQO.

Segundo Ellis, 1986, e Novotny, 1992 (apud Porto, 1998), em estudos europeus e levantamentos realizados pelo NURP – National Urban Runoff Program, em extensa coleta de dados realizada pela EPA –

Environmental Protection Agency dos Estados Unidos, em 22 cidades americanas, durante mais de 2.300 eventos de precipitação, em 1981 e 1982, respectivamente, demonstraram que a ocorrência da carga de lavagem não é um fenômeno consistente.

No Brasil alguns trabalhos foram desenvolvidos visando caracterizar a carga de poluição da drenagem pluvial urbana. Gomes & Chaudhry (1981), observaram grande variabilidade na qualidade do escoamento superficial urbano. Mostraram que as concentrações no início do escoamento superaram 10 vezes o valor mínimo, para sólidos totais e DBO, e 1000 vezes para coliformes totais. Ide (1984), em estudo da qualidade do escoamento pluvial na Bacia dos Açorianos localizada na área na área urbana de Porto Alegre, constatou a presença do efeito da carga de lavagem para vários parâmetros analisados, nos primeiros quinze minutos da descarga. De Luca et al. (1991), realizaram estudos do escoamento superficial em uma bacia urbana de Porto Alegre e observaram que o início do escoamento pluvial pode conduzir uma série fonte de poluição. Porto & Masini (2001), compararam a variação da qualidade da água de escoamento superficial urbano de São Paulo, em tempo seco e em tempo úmido, durante a subida do hidrograma de cheia, observaram aumento das concentrações (DBO, DQO e sólidos), que indicam transporte de carga poluidora pelo escoamento superficial. Paiva et al. (2001), apresentaram resultados da concentração de sedimentos em treze eventos de cheia em bacia hidrográfica em processo de urbanização em Santa Maria, Brasil. Observaram picos de concentração de sedimentos no início da cheia, devido, provavelmente a carga de lavagem.

A ocorrência ou não deste fenômeno pode estar relacionado às perdas iniciais no escoamento superficial. O fenômeno da carga de lavagem é mais freqüentemente observado em bacias pequenas do que em bacias grandes (Porto, 1998). Em grandes bacias, as concentrações de poluentes não decrescem rapidamente, à medida que o volume de escoamento aumenta, porque áreas distantes podem estar produzindo

altos valores de concentração nas suas descargas iniciais, que se misturam aos valores já decrescentes dos locais próximos à seção de medição.

Os pesquisadores freqüentemente procuram relacionar a ocorrência ou não da carga lavagem, analisando diferentes hipóteses a fim de definirem as principais características, que influenciam no processo do fenômeno, como: intensidade e duração da precipitação, período de tempo seco antecedente, características e magnitude do poluente no período de tempo seco e durante o escoamento, características do sistema de drenagem, área da bacia, tempo de concentração e declividade média (Deletic, 1998; Gupta & Saul, 1996b; Lee et al., 2002; Ide, 1984; Weeks, 1981).

3. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica Alto da Colina localiza-se no município de Santa Maria-RS, estendendo-se pelos bairros Camobi, São José e Pains. Integra a bacia do Rio Vacacaí-Mirim, que é responsável pela irrigação da maior parte da produção agrícola da região e por parte abastecimento público da cidade de Santa Maria. Está localizada nas coordenadas geográficas $54^{\circ}43'37''$ de latitude sul e $29^{\circ}41'70''$ de longitude oeste, às margens da rodovia RS-509, seccionada pela RS-287. A figura 4 indica a localização da Bacia Hidrográfica Alto da Colina. A tabela 1 mostra parâmetros da caracterização física da área de estudo.

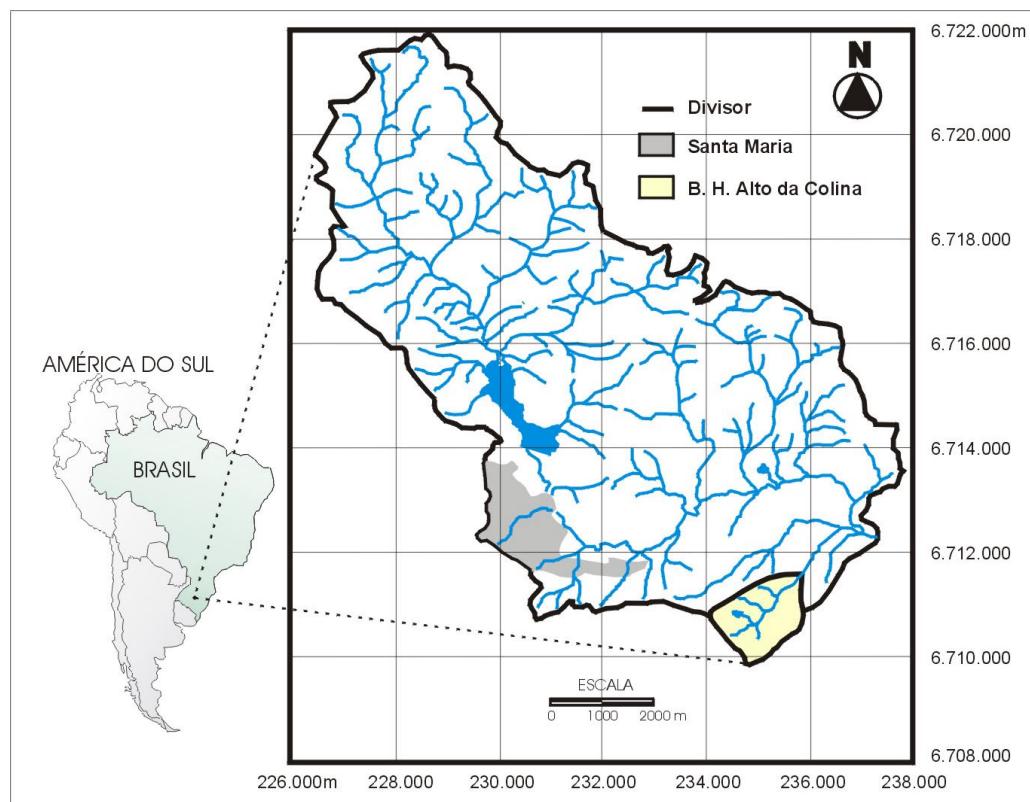


Figura 4: Localização geográfica da Bacia Hidrográfica Alto da Colina junto a Bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-Mirim (Adaptado de Meller et al., 2003).

Tabela 1: Características físicas da Bacia Hidrográfica Alto da Colina.

Parâmetro	Estação de Monitoramento	
	AC-I	AC-II
Área de Drenagem (A)	1,90 km ²	1,44 km ²
Perímetro da Bacia (P)	6,05 km	4,70 km
C. do Rio Principal (Lp)	1,90 km	1,12 km
Coeficiente de compacidade (Kc)	1,23	1,10
Fator de Forma (Kf)	0,55	0,99
Densidade de Drenagem (Dd)	1,63 1/km	1,67 1/km
Densidade de Rios(Dr)	2,63 rios/km	3,49 rios/km
Extensão Média do escoamento Superficial (l)	0,15 km	0,15 km
Elevação Máxima	145 m	145 m
Elevação Mínima	112,60 m	117,50 m
Declividade do Rio Principal	0,0103 m/m	0,009 m/m
Declividade Media da Bacia (Im)	0,049 m/m	0,058 m/m

Fonte: Meller (2004).

3.1. Estações de Monitoramento

Foram obtidos os dados do monitoramento fluviométrico da bacia, realizado pelo grupo GHIDROS, em duas estações, que dividem a bacia em duas áreas. A estação fluviométrica Alto da Colina II (AC-II) monitora a parte rural da bacia, e a estação fluviométrica Alto da Colina I (AC-I), instalada à jusante da área urbana da bacia, é responsável pelo monitoramento de toda área da bacia, equipada com registrador de nível digital do tipo Thalimedes (OTT).

A estação AC-II foi operada anteriormente por Carvalho (2003), durante o período de junho de 2001 a maio de 2002; enquanto a estação AC-I foi operada anteriormente por Rampellotto (2001), durante o período de setembro de 2000 a abril de 2001.

Os dados pluviométricos foram obtidos da estação pluviométrica Vila Maria, monitorada pelo grupo GHIDROS, localizada na parte rural da bacia, próximo à estação Alto da Colina II, a qual opera com um registrador digital do tipo Pluvio (OTT). Utilizou-se também dados da

estação meteorológica da Universidade Federal de Santa Maria. A figura 5 apresenta a localização das estações de monitoramento fluviométrico e pluviométrica instaladas na bacia, e a figura 6 mostra em detalhe as estações fluviométricas.

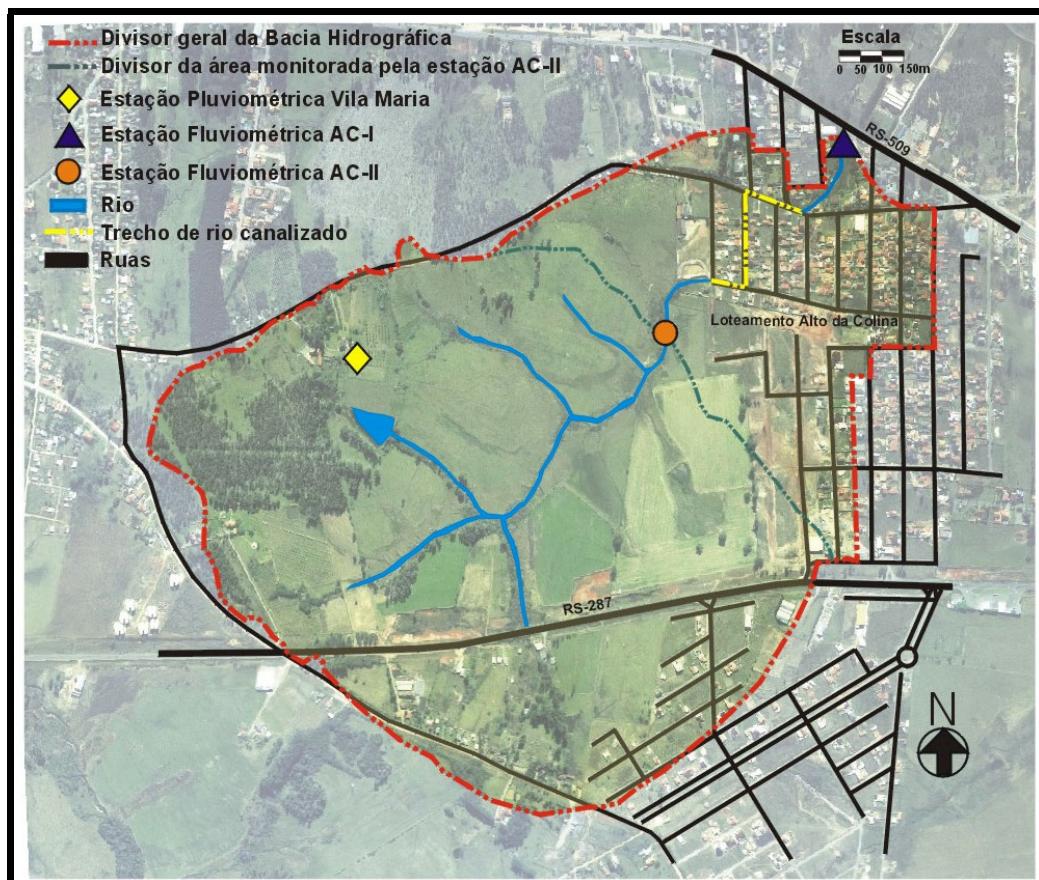


Figura 5: Estações de monitoramento da Bacia Hidrográfica Alto da Colina.
Adaptado de Meller & Paiva (2003).



Figura 6: Estações fluviométricas da Bacia Hidrográfica Alto da Colina.

Na área urbanizada (Loteamento Alto da Colina), a Bacia Hidrográfica Alto da Colina apresenta sistema de esgotamento de águas pluviais e residuárias do tipo combinado, a malha viária é de alvenaria poliédrica e chão batido. Os serviços públicos como luz, água e telefone estão disponíveis. A tabela 2 e a figura 7 mostram respectivamente, um resumo da rede e a localização dos elementos e áreas de drenagem que compõe a rede de microdrenagem da área de estudo.

Tabela 2: Resumo dos elementos que compõe a rede de microdrenagem. Fonte: Meller & Paiva (2003).

Elemento	Número de elementos	Diâmetro Mínimo (m)	Diâmetro Máximo (m)
Poços de Visita (nós)	49	0.90	1.80
Condutos*	51	0.20	1.20
Saídas de rede	2	-	-
Subbacias	47	-	-

* a rede possui aproximadamente 3700 m considerando condutos e trechos de canais abertos.

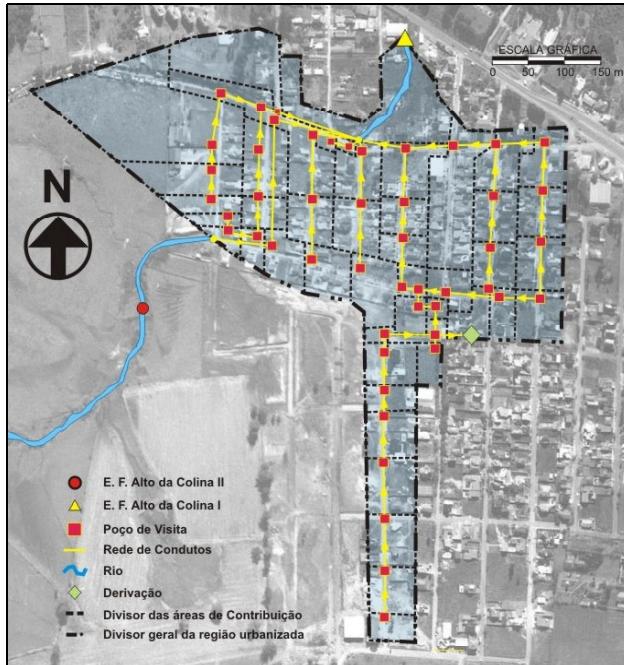


Figura 7: Localização dos elementos que compõe a rede na área em estudo. Fonte: Meller & Paiva (2003).

3.2. Uso e ocupação do Solo

A Bacia Hidrográfica Alto da Colina tem área total de 1,90 km², constitui-se em uma bacia em processo de urbanização a qual apresenta tipologias de uso e ocupação do solo características de áreas rurais e urbanas.

Utilizou-se na caracterização das diferentes tipologias de uso e ocupação do solo fotografia panorâmica da área para o ano de 1999, obtida de Rampelotto (2001). Caracterizou-se o uso e ocupação do solo para os anos de 1999 e 2003; a caracterização do ano de 2003 foi realizada através de inspeções na área que permitiram modificar o estudo do ano base (1999) para o ano de 2003. A figura 8 apresenta a distribuição das diferentes tipologias de uso e ocupação do solo na Bacia hidrográfica Alto da Colina para os anos de 1999 e 2003 enquanto a tabela 3 quantifica estes dados.

Tabela 3: Tipologias de uso e ocupação do solo da Bacia Hidrográfica Alto da Colina para os anos de 1999 e 2004. Fonte: Meller (2004).

Tipologia de uso e ocupação do solo	Ano – 1999		Ano – 2003		Variação de 1999 para 2003 (%)
	Área (km ²)	% da Área	Área (km ²)	% da Área	
Pastagem / Campo Nativo	1,00	52,6	0,60	31,3	-21,2
Espelho d'água	0,004	0,2	0,007	0,4	0,1
Agricultura	0,19	10,0	0,53	28,1	18,1
Pomar	0,04	2,2	0,02	0,8	-1,4
Solo Exposto	0,07	3,5	0,11	5,7	2,1
Mata Ciliar	0,05	2,7	0,05	2,7	0,0
Urbanização	0,38	20,0	0,43	22,3	2,3
Floresta / Reflorestamento	0,17	8,8	0,17	8,7	-0,1

3.3. Clima e solos

Na classificação climática proposta por KÖOPPEN, o município de Santa Maria enquadra-se no clima temperado e quente do tipo Cfa, onde:

- C = temperatura média do mês mais frio entre -3°C e 18°C, e a do mês mais quente superior a 10°C;
- f = nenhuma estação seca, úmido o ano todo;
- a = verão quente, com temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

Conforme Azolin & Mutti (1998), o solo que ocorre em 100% da bacia estudada é o Argissolo Hipocrômico Argilúvico abrupico, segundo a nova classificação brasileira de solos (Embrapa, 1999). Estes solos ocorrem na unidade de mapeamento Santa Maria, caracterizando regiões com solos pouco profundos, com profundidades entre 50 e 100 cm. O relevo predominante neste solo é o suave ondulado, com declividades que oscilam de 3 a 8% (Carvalho, 2003).

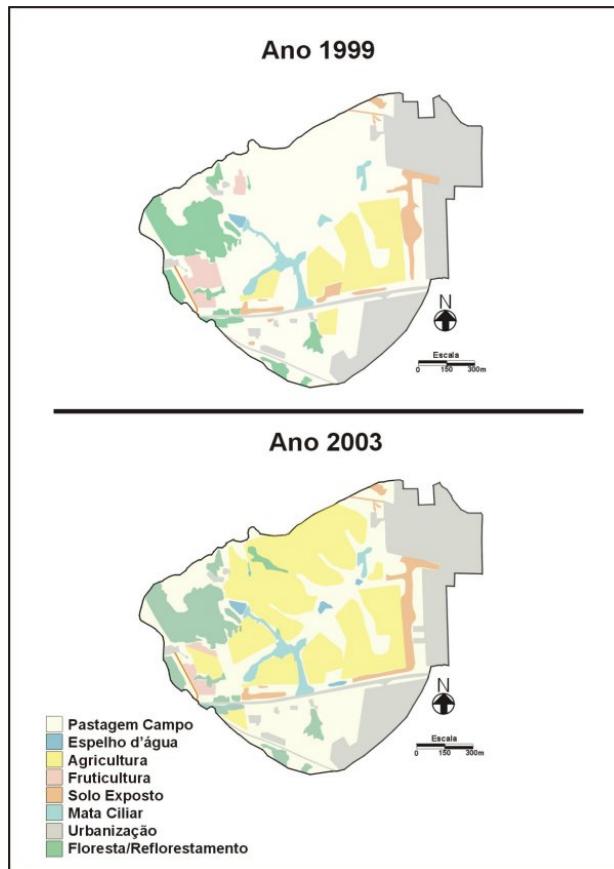


Figura 8: Distribuição das diferentes tipologias de uso e ocupação do solo na Bacia hidrográfica Alto da Colina.

4. METODOLOGIA

4.1. Coleta de Amostras

As coletas de amostras de água ocorreram em tempo seco, ausência de chuva, e em tempo úmido, ocorrência de chuva, nas duas seções de amostragem da Bacia Hidrográfica Alto da Colina.

Realizou-se dois tipos de coletas: superficiais e instantâneas através de equipamentos instalados em campo.

As coletas superficiais de amostras foram realizadas no centro da seção nos dois pontos de amostragem, de maneira manual, através de recipientes plásticos. As amostras assim coletadas eram transferidas para garrafas PET, as quais eram identificadas apropriadamente. Antes da transferência da coleta para a garrafa, criava-se o ambiente nesta, através do enxágüe da garrafa com um certo volume de amostra.

Nas coletas em tempo úmido utilizou-se também amostradores instantâneos de nível ascendentes, instalados nas duas seções de amostragem. Estes amostradores possibilitavam monitorar a variação da qualidade da água durante a passagem da onda de cheia.

Uma vez realizadas as coletas, as amostras eram conduzidas para o Laboratório de Hidráulica e Saneamento do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria para análise.

Analisou-se as seguintes variáveis de qualidade da água: sólidos suspensos, turbidez, DBO₅, coliformes totais e fecais, pH, condutividade, oxigênio dissolvido e temperatura.

4.1.1. Sólidos suspensos e turbidez

O sedimento presente no curso d'água é originado da erosão na bacia e da erosão no próprio leito e nas margens. Em ocasiões de chuvas, as enxurradas transportam muitas partículas para o rio, onde esse sedimento se move em suspensão ou no leito, rolando, deslizando

ou em saltos (Carvalho et al., 2000). Segundo Carvalho (1994), de 70% a 90% de todo o sedimento transportado pelos cursos d'água ocorrem no período de chuvas, principalmente durante as fortes precipitações.

Os sedimentos não são somente um dos maiores poluentes da água, mas também servem como catalisadores, carreadores e como agentes fixadores para outros agentes poluidores. O sedimento sozinho, degrada a qualidade da água para consumo humano, para recreação, para o consumo industrial, infra-estruturas hidroelétricas e vida aquática. Adicionalmente, produtos químicos e lixo são assimilados sobre e dentro das partículas de sedimento, trocas iônicas podem ocorrer entre o soluto e o sedimento. Dessa forma as partículas de sedimento agem como um potencializador dos problemas causados por pesticidas, agentes químicos decorrentes do lixo, resíduos tóxicos, nutrientes, bactérias patogênicas, vírus, etc (Carvalho et al., 2000).

4.1.1.1. Amostragem do sedimento em suspensão

Foram realizadas dois tipos de coletas do material em suspensão, coletas manuais da massa líquida superficial e com amostrador do tipo instantâneo.

O primeiro método de coletas de amostras da mistura água-sedimento foi realizado através de coletas manuais, realizadas utilizando-se um recipiente plástico que recolhia um certo volume da mistura água-sedimento superficial no centro de cada seção de amostragem.

O segundo método de coleta de amostras da mistura água-sedimento foi realizado através do uso de amostradores instantâneos instalados nas duas seções de amostragens. Este tipo de amostrador coleta um volume de água-sedimento pelo fechamento instantâneo por meio de dispositivos nas extremidades da câmara ou recipiente (Carvalho, 1994). O amostrador instantâneo utilizado foi o amostrador de nível ascendente ANA (Umezawa, 1979 apud Paiva, 2001), que corresponde ao US-U-59 (SUBCOMMITTEE ON SEDIMENTATION, 1963 apud Paiva, 2001).

O amostrador ANA consiste em uma garrafa com tubos em sifão, uma para admissão da amostra e outro para saída do ar. As aberturas dos tubos ficam orientadas contra a corrente, de modo a permitir a coleta de amostras durante a subida da onda de cheia, em posições pré-determinadas.

Na estação AC-I o amostrador ANA foi instalado com 7 garrafas, da cota 0,53 m a cota 1,37 m, na estação AC-II foram instaladas também 7 garrafas, da cota 0,25 m a cota 1,10 m. A opção pelo uso dos amostradores ANA justifica-se pela necessidade de obter-se resultados durante eventos noturnos, que são difíceis de monitorar, e também por permitir a amostragem simultânea nas duas seções. Paiva (1997), analisou a distribuição temporal de 2.643 eventos chuvosos registrados entre 1963 e 1988 observando que 69% dos eventos chuvosos em Santa Maria – RS ocorreram entre as 0:00 e 6:00 horas, justificando a utilização dos amostradores ANA.

A tabela 4 mostra o nível correspondente a cada garrafa dos amostradores instalados na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.

Tabela 4: Relação nível-garrafa dos amostradores instalados na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.

Garrafa	Nível (m)	
	AC-I	AC-II
G1	0,53	0,25
G2	0,67	0,40
G3	0,81	0,55
G4	0,95	0,70
G5	1,09	0,80
G6	1,23	0,95
G7	1,37	1,10

Os amostradores ANA foram instalados na margem esquerda do corpo d'água, em ambas as estações de monitoramento. O conjunto de garrafas do amostrador da estação AC-II foi protegido por uma caixa de ferro galvanizado de modo a evitar-se atos de vandalismo, por sua vez o amostrador da estação AC-I não necessitou destes cuidados. A figura 9

mostra os amostradores de nível ascendente instalados na Bacia Hidrográfica Alto da Colina (AC-I e AC-II respectivamente).



Figura 9: Amostradores de nível ascendente instalados na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.

4.1.1.2. Análise do sedimento em suspensão

Após coletadas as amostras da mistura água sedimento, estas eram devidamente armazenadas e conduzidas ao Laboratório de Hidráulica e Saneamento do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria onde determinava-se a concentração de sedimento em suspensão da amostra em mg/L, através do método de filtragem e pesagem; a turbidez de cada amostra, era determinada através do turbidímetro SL-2K. O procedimento de filtragem e pesagem é descrito no anexo 1 conforme Carvalho (1994), este procedimento segue a metodologia proposta no APHA Standard Methods, 20th ed. (1998) para determinação da concentração de sólidos suspensos voláteis e fixos.

4.1.2. Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO.

A estabilização ou decomposição biológica da matéria orgânica lançada ou presente na água envolve o consumo de oxigênio dissolvido na água, nos processos metabólicos desses organismos biológicos aeróbios. A redução da taxa de oxigênio dissolvido em recurso hídrico pode indicar atividade bacteriana decompondo matéria orgânica.

Entende-se por DBO a quantidade de oxigênio molecular necessária à estabilização da matéria orgânica carbonácea decomposta aerobicamente por via biológica.

4.1.2.1. Determinação da Demanda Bioquímica de Oxigênio

A DBO_5 , é um teste padrão, realizado a uma temperatura constante e durante um período de incubação, também fixo de 5 dias. É medido pela diferença de OD antes e depois do período de incubação.

No anexo 1 é mostrada a seqüência de passos utilizada na determinação da concentração de DBO_5 . de acordo com o APHA Standard Methods, 20th ed. (1998).

4.1.3. Coliformes Totais e Fecais - indicadores de contaminação fecal

Um dos mais importantes aspectos de poluição das águas é aquele relacionado com a contaminação da água, associada às doenças de veiculação hídrica.

A detecção dos agentes patogênicos, principalmente bactérias, protozoários e vírus, em uma amostra de água é extremamente difícil, em razão das suas baixas concentrações, o que demandaria o exame de grandes volumes da amostra para que fosse detectado um único ser patogênico (Von Sperling, 1996). Assim, estudam-se os chamados organismos indicadores de contaminação fecal. Estes organismos não são patogênicos, mas podem indicar se uma água apresenta

contaminação por fezes humanas ou de animais e, sua potencialidade para transmitir doenças.

O grupo de coliformes totais (CT) constitui-se em um grande grupo de bactérias que em sido isolada de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente. Os coliformes fecais (CF) são um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários do trato intestinal humano e outros animais. A *Escherichia coli* é uma bactéria pertencente a este grupo (Von Sperling, 1996).

4.1.3.1. Avaliação da qualidade microbiológica da água

Para as contagens de coliformes fecais e totais, utilizou-se o Colilert 24h, capaz de detecção simultânea, confirmação e enumeração destes em 24 horas. Os testes utilizam tecnologia do substrato definido, usando indicadores/nutrientes específicos para coliformes e *Escherichia Coli*. O colilert é recomendado pela EPA e aceito pelo APHA Standard Methods, 20th ed. (1998).

A tecnologia do substrato definido (TSD), tem a capacidade de detectar a produção de duas enzimas (β -galactosidase e β -glucoronidase) que são específicas para o grupo coliforme e *Escherichia coli* respectivamente, para isto, em sua formulação estão presentes os substratos Ortofenil- β -D-galactopiranósídio (ONPG) e 4-metilumbeliferil- β -D-glucoronida (MUG). Os coliformes hidrolizam o ONPG para utilização do açúcar, liberando o orto-nitrofenol que confere cor amarela ao meio após 24 horas de incubação a temperatura de $35 \pm 0,5$ °C. Com a presença de *Escherichia coli*, o meio apresenta fluorescência em luz ultravioleta, esta diferenciação ocorre pela presença do MUG.

O Colilert 24h consiste em uma combinação pré-concebida de substâncias na forma desidratada, a formulação do reagente contém sais, fontes de nitrogênio e carbono e indicadores/nutrientes específicos para coliformes totais e *Escherichia coli* na forma de saches.

O mecanismo de uma reação positiva é o seguinte: os substratos indicadores/nutrientes específicos no Colilert-24 combinam enzimas fundamentais específicas (enzimas que estão sempre presentes na bactéria) únicas aos coliformes e *Escherichia coli*. Os coliformes totais contêm a enzima β -galactosidase. Se um coliforme está presente na amostra, ele metaboliza o substrato indicador/nutriente ONPG do Colilert-24h, rompendo a ligação entre a porção nutriente (galacto-piranosídio) e a porção indicadora (orto-nitrofenol) por processos de hidrólise. A porção nutriente da molécula é ingerida e usada para crescimento. A porção indicadora da molécula, orto-nitrofenol, agora livre é amarela.

Assim para toda molécula de ONPG metabolizada por coliforme(s), uma molécula amarela de ONP é liberada, indicando a presença de bactéria coliforme. Qualquer outra bactéria heterotrófica capaz de metabolizar ONPG é quimicamente suprimida durante o período de reação de 24 horas, portanto, não interfere com a identificação e confirmação da presença de coliformes totais.

O mecanismo de uma reação positiva para *Escherichia coli* é virtualmente idêntico. A *Escherichia coli* possui uma enzima essencial adicional única chamada glucoronidase. Se *Escherichias coli* estão presentes na amostra, ocorrerá a digestão enzimática ou o metabolismo do substrato indicador/nutriente MUG (4-metilumbeliferil- β -D-glucoronida), rompendo a molécula na porção do nutriente glucoronida e uma porção (metil-umbeliferone) a qual, quando livre, apresenta fluorescência. A figura 10 ilustra o processo. O procedimento para quantificação e enumeração de CF e CT adotado no presente trabalho é mostrado no anexo 1.

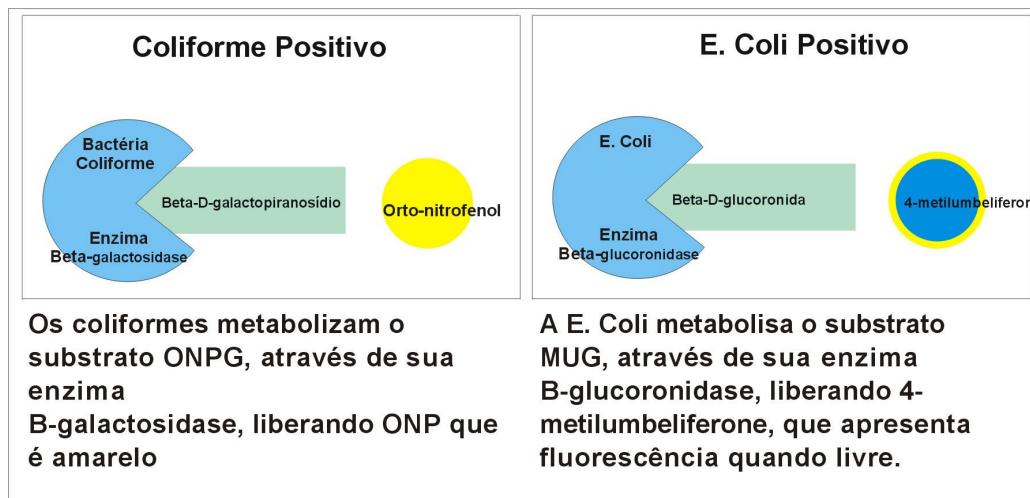


Figura 10: Tecnologia do substrato definido.

4.1.4. Oxigênio dissolvido, temperatura, pH e condutividade

Muitos organismos vivos dependem de uma forma ou de outra do oxigênio para manter os processos metabólicos de produção e energia e de reprodução. O oxigênio é um gás muito pouco solúvel em água, variando a solubilidade entre 14,6 mg/L a 0°C até 7,6 mg/L a 30°C, dependendo da pressão (altitude) e sais dissolvidos (Porto et al., 1991).

O oxigênio dissolvido (OD) é de fundamental importância para os organismos aeróbios. Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. O oxigênio dissolvido é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (Sperling, 1996).

A temperatura influencia processos biológicos, reações químicas e bioquímicas que ocorrem na água e também outros processos como a solubilidade dos gases dissolvidos. A solubilidade dos gases decresce e a dos sais minerais cresce com o aumento da temperatura da água, e a maior parte dos organismos possui faixas de temperatura ótimas para sua reprodução (Porto et al., 1991). Branco, 1983, considera que a elevação

da temperatura não é um problema que afeta diretamente os organismos aquáticos e sim, indiretamente, com a diminuição do oxigênio dissolvido que se encontra nessa água.

O pH (potencial hidrogeniônico) representa a concentração de íons hidrogênio H⁺, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. A faixa de pH é de 0 a 14.

A origem natural de hidrogênio é a dissolução de rochas, a absorção de gases da atmosfera, a oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese. Como origem antropogênica, tem-se os despejos domésticos (oxidação da matéria orgânica) e despejos industriais (Von Sperling, 1996). Muller, 2001 (apud Reetz, 2002), explica que, quanto maior a quantidade de matéria orgânica a ser decomposta, mais ácidas serão as águas. O pH é um fator variável em função do local e do momento em estudo.

A condutividade elétrica da água é determinada pela presença de substâncias dissolvidas que se dissociam em ânions e cátions. É a capacidade da água de transmitir a corrente elétrica. A unidade utilizada é o micromhos/cm a uma dada temperatura em graus Celcius. Sob o Sistema Internacional de Unidades, deve-se utilizar o microsiemens/cm, numericamente equivalente ao micromhos/cm (Porto et al., 1991).

Para determinação do oxigênio dissolvido, temperatura da água, pH e condutividade das amostras utilizou-se o terminal multiparâmetros inoLab. Também utilizou-se o oxímetro YSI para determinação da concentração de oxigênio dissolvido e a temperatura da água. A figura 11 mostra os dois aparelhos de medição.

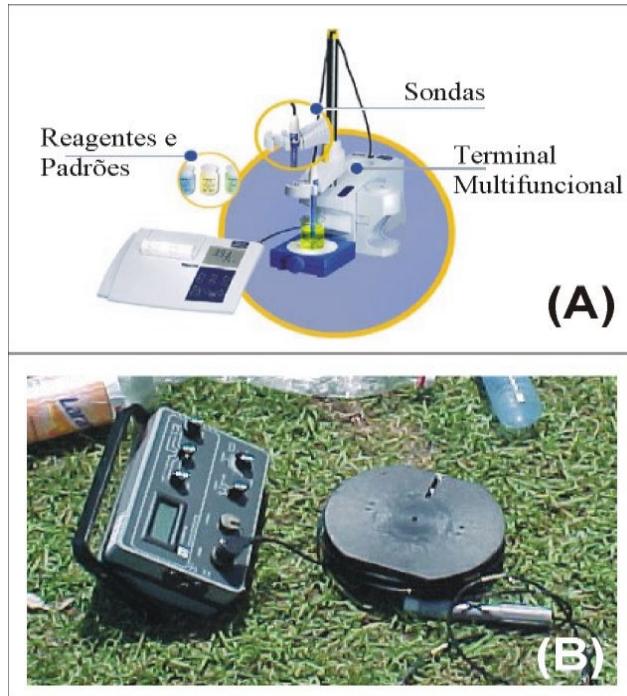


Figura 11: (A) Terminal multiparâmetros inolab e (B) Oxímetro YSI.

4.2. Avaliação da Carga de Lavagem.

Como já comentado no capítulo 2, o fenômeno da carga de lavagem pode ser definido de diferentes formas. Procurou-se avaliar a carga de lavagem na Bacia Hidrográfica Alto da Colina comparando-se dois métodos diferentes. O primeiro método consiste na metodologia proposta por Deletic (1998), e o segundo método é baseado nos estudos de Gupta & Saul (1996a).

4.2.1. Método 1 (Deletic, 1998)

Carga de lavagem conforme a metodologia proposta por Deletic (1998). Considera-se como carga de lavagem a percentagem da carga de poluição do evento total transportada pelos primeiros 20% do volume do escoamento superficial. Foram construídas curvas cumulativas para as características de qualidade da água (CQA), através da equação 1:

$$\text{CARGA CUMULATIVA DE CQA}(t) = \frac{\int_0^t CQA(t).Q_{es}(t).dt}{\int_0^{Tch} CQA(t).Q_{es}(t).dt} \quad \dots \dots \dots (1)$$

onde:

CQA = característica de qualidade da água em estudo (ex: concentrações de OD, DBO₅ e SS dadas em mg/L; turbidez dada em UT; condutividade elétrica dada em $\mu\text{S}/\text{cm}$; temperatura da água dada em °C; contagem de coliformes totais e fecais dadas em NMP/100mL);

t = tempo (s);

Tch = duração do escoamento superficial (s);

Q_{es} = vazão do escoamento superficial (m^3/s).

A carga cumulativa de cada CQA foi plotada versus o escoamento superficial cumulativo correspondente (no mesmo tempo). As curvas cumulativas da massa de poluentes vs o volume descarregado acumulado, chamadas de curvas M(V), são utilizadas como um adimensional capaz de comparar eventos de diferentes intensidades e locais; estas curvas permitem a análise da variação da massa poluente durante a sua ocorrência dentro dos eventos de precipitação.

Os valores das cargas de lavagem, chamadas de FF20, foram calculados como a carga total do poluente transportado pelos primeiros 20% do escoamento superficial. O valor de FF20 de um evento superior à 20%, confirma a presença de carga de lavagem naquele evento. A figura 12 ilustra o método.

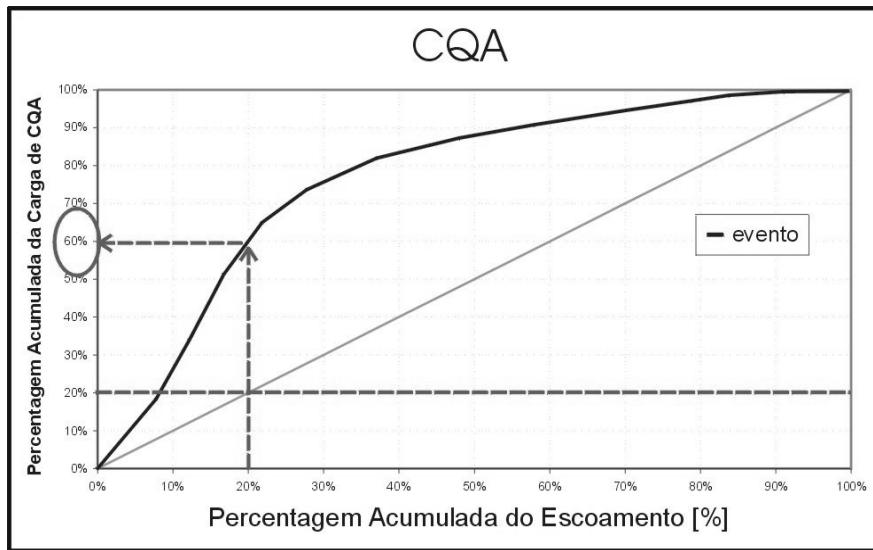


Figura 12: Definição de carga de lavagem de acordo com a metodologia de Deletic 1998.

A existência do fenômeno da carga de lavagem foi testada analisando os valores da carga de lavagem, FF20, de todas as características de qualidade da água avaliadas. Utilizou-se dados das seguintes variáveis de qualidade da água: sólidos suspensos totais e voláteis, condutividade, pH, DBO₅ e coliformes totais e fecais. As variáveis analisadas, embora em pequeno número, possibilitam uma análise realística do fenômeno. Sólidos suspensos (SS), são os poluentes insolúveis mais importantes e outros poluentes são usualmente ligados aos SS (ex: metais pesados e nutrientes). A condutividade elétrica é considerada como uma medida dos sólidos dissolvidos na água, enquanto o pH é um indicador apropriado da acidez. A DBO₅ possibilita a avaliação do conteúdo orgânico biodegradável e os coliformes fecais a contaminação bacteriológica.

4.2.2. Método 2 (Gupta & Saul, 1996a)

Carga de lavagem conforme a metodologia proposta por Gupta & Saul (1996a). Os autores definiram a carga de lavagem como sendo a porção do evento até ao ponto de máxima divergência entre a

percentagem acumulada de poluente e a percentagem acumulada do escoamento, plotadas em comparação a percentagem acumulada do tempo do evento. Este método difere-se do outro pelo inclusão do tempo. Esta variável é explicita em suas representações, e implícita para as curvas M(V) onde o tempo aumenta juntamente com a própria curva M(V). A figura 13 ilustra o método.

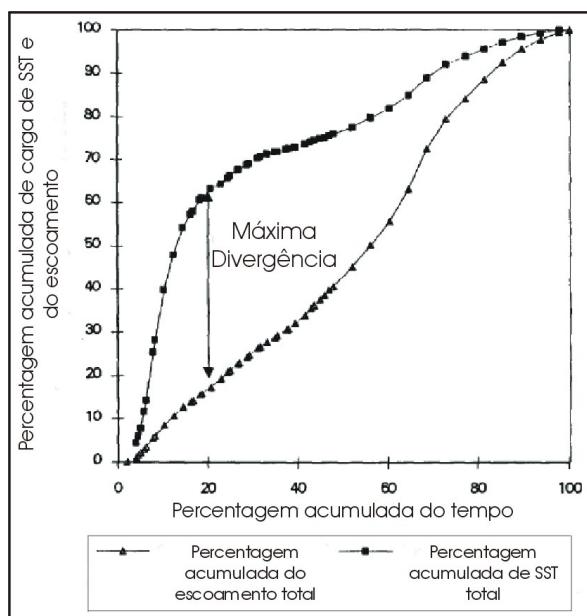


Figura 13: Definição de carga de lavagem como máxima divergência. (Adaptado de Gupta & Saul, 1996a).

Ao analisar-se as curvas M(V) deve-se observar a posição destas em relação ao bissetor. As curvas M(V) podem apresentar-se de três formas diferentes em relação ao bissetor. Quando as curvas M(V) apresentam uma declividade de 45° , ou seja junto ao bissetor, é indicação de que os poluentes são uniformemente distribuídos durante o evento. Se os dados para um evento localizam-se acima do bissetor, a ocorrência de uma carga de lavagem é sugerida. De modo oposto, a diluição é assumida ocorrer quando os dados localizam-se abaixo do bissetor.

4.2.3. Concentração média do evento (CME)

O uso da concentração média do evento (CME) é apropriado para avaliação dos efeitos do escoamento pluvial sobre os corpos d'água receptores. Os corpos d'água receptores respondem lentamente às vazões pluviais comparado a taxa na qual as concentrações constituintes alteram-se durante um evento. Assim, a CME é um importante parâmetro de análise. A CME representa uma concentração média ponderada, computada como a massa poluente total dividida pelo volume total escoado, para um evento de duração tr (Lee et al, 2002). A equação 2, mostrada abaixo foi utilizada para o cálculo da CME.

onde:

CME = concentração média do evento (mg/L);

M = massa total de poluente durante o evento (g);

V = volume total durante o evento (m^3);

t = tempo (s);

C_t = concentração no tempo t (mg/L);

Q_t = vazão no tempo t (m³/s);

Δt = intervalo de tempo (s).

4.2.4. Análise dos eventos de precipitação

Para a construção dos polutogramas utilizou-se dados das coletas pontuais e dos amostradores de nível ascendente (ANA). Uma vez que não se dispunha das características de qualidade da água (CQA) iniciais e finais para todos os eventos analisados, adotou-se para estes pontos as

características de qualidade da água (CQA) de tempo seco do dia mais próximo ao evento. A adoção destes pontos, justifica-se pela dificuldade encontrada em se chegar às estações antes do início da precipitação, uma vez que estas ocorreram, algumas vezes em horários imprevistos, impossibilitando a rápida organização da equipe de campo e dos equipamentos. A adoção dos pontos finais justifica-se pela extensão dos eventos de precipitação, o que impossibilitou muitas vezes a permanência da equipe no campo.

As cargas de poluente instantâneas, utilizadas no cálculo das curvas M(V) foram obtidas a partir da multiplicação do valor da característica de qualidade da água (CQA) em questão, pela vazão de escoamento superficial no instante considerado.

Na transformação dos dados de nível em vazão levantados na estação AC-II utilizou-se as curvas-chave da calha medidora de vazão, de fundo plano instalada na mesma (Carvalho, 2003). Para análise dos eventos da estação AC-II, utilizou-se o modelo hidrológico IPH II com o objetivo de gerar os hidrogramas referentes aos eventos amostrados. Utilizou-se nas simulações os dados de calibração encontrados por Meller et al. (2002), para a mesma área de estudo mostrados na tabela 5. Os dados foram discretizados em intervalos de 10 minutos, e como dado de entrada utilizou-se a chuva correspondente ao evento com uma vazão de base igual a $0,01 \text{ m}^3/\text{s}$.

O modelo IPH II é um modelo hidrológico do tipo concentrado chuva-vazão. É composto por quatro algoritmos: perdas por evaporação e interceptação, separação dos escoamentos, propagação dos escoamentos superficial e subterrâneo e otimização dos parâmetros. É representado por seis parâmetros: Io , Ib , H , $Ksup$, $Ksub$, $Rmax$. H , Io e Ib são parâmetros da equação de infiltração de Horton. Io e Ib representam as capacidades inicial e mínima de infiltração do solo, respectivamente. $Ksub$ e $Ksup$ são parâmetros de propagação do escoamento subterrâneo e superficial. $Rmax$ representa a capacidade do reservatório de perdas iniciais (Meller & Paiva, 2003).

Tabela 5: Parâmetros utilizados no modelo IPH II. Fonte: Meller et al. (2002).

Io	Ib	H	Ks	Ksub	Rmax
1,68	0,48	0,97	3,84	4,28	9,65

As equações 3, 4 e 5 correspondem as curvas-chaves da estação AC-II com as respectivas faixas de aplicação (Carvalho, 2003).

Para $H < 0,68m$

$$Q = 1,1917H^{0,8868} \dots \quad (4)$$

Para $0,68m < H < 1,38m$

Para H > 1,38m

A curva-chave utilizada na confecção dos hidrogramas da estação AC-I é apresentada na equação 6 (Fonte: Rampelotto (2001)):

$$Q = 3.5707H^2 - 0.5209H - 0.0006 \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

Onde:

$$Q = \text{vazão (m}^3/\text{s});$$

$$H = \cot(\alpha) m.$$

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Qualidade das águas da Bacia Hidrográfica Alto da Colina

A Bacia Hidrográfica Alto da Colina foi monitorada através das estações de monitoramento: a) estação alto da colina II (AC-II), a qual possui características predominantemente rurais; b) estação alto da colina I (AC-I), que abrange toda a área da Bacia, e recebe a contribuição diária do sistema de esgotamento do loteamento Alto da Colina.

Avaliou-se e comparou-se a qualidade das águas da Bacia hidrográfica Alto da Colina nas duas estações monitoradas através de coletas de água durante períodos de tempo seco e durante eventos de precipitação, de modo a avaliar-se a influência dos processos antropológicos, uso e ocupação do solo e escoamento superficial sobre o corpo d'água receptor.

Os dados referentes as coletas realizadas são apresentados no anexo 2.

5.1.1. Análise de tempo seco

Analizando-se os dados das coletas de água referentes aos períodos de tempo seco, mostrados na tabela 6, nota-se que as características de qualidade da água que apresentaram as maiores diferenças entre as duas estações monitoradas foram oxigênio dissolvido, DBO₅, condutividade elétrica e coliformes totais e fecais.

A estação AC-I apresentou as menores concentrações de oxigênio dissolvido, com um valor médio de 4,53 mg/L, enquanto a estação AC-II apresentou uma concentração média de 6,73 mg/L. Os teores mais baixos de oxigênio dissolvido na estação AC-I são atribuídos ao lançamento de esgotos de residências próximas às margens e à contribuição de montante do sistema de esgotamento combinado de águas residuárias e pluviais do loteamento Alto da Colina. Nota-se também que as menores

concentrações referem-se a períodos de tempo seco antecedente (PTSA) maiores.

Tabela 6: Características de qualidade da água avaliadas em tempo seco nas estações AC-I e AC-II.

Dia	Est.	Hora	OD (mg/L)	Temp (°C)	Cond (mS/cm)	pH	DBO 5 (mg/L)	SS-fixa (mg/L)	SS-vol (mg/L)	Turbidez (NTU)	Coli total (NMP/100mL)	Coli fecal (NMP/100mL)	PTSA (Dias)
AC-I	13/05/03	10:00	2,94	17,7	1672	6,99	11,5	....	....	22,41	2,69E+06	5,20E+05	12
	02/06/03	10:30	3,79	22,1	143,4	7,10	11,0	3,0	30,0	59,73	9,80E+06	1,00E+05	1
	26/06/03	10:35	5,13	17,8	157,6	6,92	10,4	....	....	25,97	5,20E+02	>1	5
	03/07/03	10:00	3,66	16,7	151,4	7,01	3,5	....	....	18,35	1,01E+06	1,43E+05	12
	07/07/03	10:00	6,36	19,0	126,0	6,89	8,4	9,0	15,0	15,08	4,61E+07	2,69E+06	2
	07/08/03	9:00	4,84	16,6	161,8	6,93	17,6	9,7	7,3	21,61	1,20E+06	>1	14
	18/08/03	9:00	4,02	19,8	307,0	7,23	21,6	9,0	22,3	37,16	1,05E+08	1,00E+05	25
AC-II	22/08/03	10:00	2,26	19,1	251,0	7,30	16,2	9,0	14,3	25,30	2,05E+07	2,78E+06	29
	25/08/03	10:00	6,34	17,0	100,0	6,82	11,9	24,3	12,3	65,78	3,87E+07	2,00E+05	1
	16/09/03	11:00	5,65	15,7	235,0	7,01	20,5	0,3	11,3	38,25	1,00E+05	>1	7
	14/11/03	16:00	4,87	23,5	145,2	6,73	19,6	9,0	13,0	27,00	3,07E+06	5,12E+05	2
	MÉDIA		4,53	18,6	176,9	6,99	13,8	9,2	15,7	32,33	1,99E+07	8,81E+05	
	DESVIO PADRÃO		1,33	2,4	61,5	0,17	5,7	7,0	7,2	16,43	3,26E+07	1,16E+06	
	MÁXIMO		6,36	23,5	307,0	7,30	21,6	24,3	30,0	65,78	1,05E+08	2,78E+06	
	MÍNIMO		2,26	15,7	100,0	6,73	3,5	0,3	7,3	15,08	5,20E+02	1,00E+05	
Características de qualidade da água avaliadas em tempo seco													
Dia	Est.	Hora	OD (mg/L)	Temp (°C)	Cond (mS/cm)	pH	DBO 5 (mg/L)	SS-fixa (mg/L)	SS-vol (mg/L)	Turbidez (NTU)	Coli total (NMP/100mL)	Coli fecal (NMP/100mL)	PTSA (Dias)
AC-2	13/05/03	10:30	7,65	16,3	90,8	6,98	2,0	....	....	19,63	5,20E+03	1,00E+02	12
	02/06/03	11:00	4,74	20,9	61,7	6,90	2,2	1,0	31,0	50,67	3,88E+04	2,49E+03	1
	26/06/03	11:00	7,2	17,2	75,0	6,93	2,0	....	....	31,41	3,90E+03	4,10E+02	5
	03/07/03	10:20	7,65	15,5	138,7	7,02	0,5	1,0	37,0	17,28	1,00E+02	>1	12
	07/07/03	10:30	6,74	18,6	68,1	6,83	0,9	8,0	32,0	34,52	2,85E+04	2,46E+03	2
	07/08/03	9:30	6,81	15,6	103,7	7,05	3,8	5,7	3,7	24,88	1,84E+04	1,00E+02	14
	16/08/03	9:30	6,94	17,5	136,6	7,31	3,6	2,7	8,7	12,44	2,00E+04	>1	25
	22/08/03	10:30	6,27	19,3	145,7	7,09	3,0	2,7	9,3	13,84	1,95E+04	>1	29
	25/08/03	10:30	7,13	16,9	58,5	6,77	3,5	11,3	13,7	66,86	1,05E+07	3,28E+05	1
	16/09/03	11:30	6,81	14,5	117,4	6,73	2,9	25,3	19,3	18,66	2,72E+05	2,00E+03	7
	14/11/03	16:30	6,1	23,6	65,4	6,98	1,5	5,0	13,3	23,00	1,01E+05	5,20E+03	2
	MÉDIA		6,73	17,8	98,6	6,96	2,4	7,0	18,7	28,47	9,97E+05	4,26E+04	
	DESVIO PADRÃO		0,82	2,7	33,4	0,16	1,1	7,7	11,9	16,81	3,14E+06	1,15E+05	
	MÁXIMO		7,65	23,6	145,7	7,31	3,8	25,3	37,0	65,86	1,05E+07	3,28E+05	
	MÍNIMO		4,74	14,5	58,5	6,73	0,5	1,0	3,7	12,44	1,00E+02	1,00E+02	

Quanto aos valores das concentrações de oxigênio dissolvido da estação AC-II, observa-se que a coleta do dia 02/06/2003 apresentou a menor concentração das campanhas de coleta sendo igual a 4,74 mg/L. As demais concentrações de oxigênio dissolvido da estação AC-II mantiveram-se acima 6,0 mg/L.

Avaliando-se os dados quanto ao conteúdo orgânico, representado pela demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), a estação AC-I apresentou valores mais elevados em relação a estação AC-II para todas as coletas realizadas. Na estação AC-I as concentrações de DBO_5 variaram de 3,5 a 21,6 mg/L, e na estação AC-II estas concentrações variaram de 0,5 a 3,8 mg/L. A nítida diferença nas concentrações de DBO_5 entre as duas estações evidencia a influência antrópica na qualidade das águas da Bacia Hidrográfica Alto da Colina.

A análise bacteriológica mostrou valores elevados de coliformes totais e fecais nas águas da bacia estudada, principalmente na estação AC-I, onde as contagens de coliformes fecais variaram de $>1,0$ a $2,78 \times 10^6$ organismos/100mL. Chama a atenção os valores mais baixos ($>1,0$ organismos/100mL) das contagens de coliformes fecais da estação AC-I em três campanhas de coleta, o que leva a crer a presença de alguma substância nociva ao desenvolvimento de tais organismos, uma vez que foi descartada problemas com a diluição da amostra, o que poderia mascarar o resultado negativo. A estação AC-II, embora predominantemente rural apresentou por vezes valores elevados de contaminação fecal: as densidades variaram de $>1,0$ a $3,28 \times 10^5$ organismos/100mL. As contagens de coliformes totais e fecais nas duas estações apresentaram grande variação de coleta para coleta.

Quanto aos parâmetros físicos, apenas a condutividade elétrica demonstrou uma diferença significativa entre as duas estações, sendo mais elevada na estação AC-I; os valores de pH mantiveram-se muito próximos nas duas estações; já os valores de turbidez e sólidos suspensos, tanto fixos como voláteis apresentaram pequenas concentrações.

A maior contaminação orgânica e bacteriológica da estação AC-I em comparação a estação AC-II, como já comentado anteriormente, deve-se à influência antrópica junto as margens do corpo d'água receptor. Em muitas coletas era comum encontrar resíduos sólidos como sacolas de lixo doméstico e garrafas pet, jogadas às águas e muitas vezes acumuladas junto às margens. A figura 13 ilustra a falta de conscientização e respeito com o meio ambiente na Bacia Hidrográfica Alto da Colina.



Figura 14: Lixo jogado às águas da B. H. Alto da Colina junto a estação AC-I.

5.1.2. Qualidade do escoamento superficial

Para a avaliação da qualidade do escoamento superficial na Bacia hidrográfica Alto da Colina analisou-se os dados das coletas superficiais realizadas durante os períodos de chuva e amostras recolhidas com os amostradores de nível ascendente instalados nas duas estações de monitoramento.

5.1.2.1. Aspectos físicos

Analizando-se os dados referentes às coletas superficiais durante a ocorrência de chuva, nota-se que as características de qualidade da água (CQA) pH e temperatura da água mantiveram-se muito próximos nas duas

estações, apresentando variações muito pequenas no decorrer dos eventos de chuva. Os valores de pH da estação AC-I apresentaram um valor mínimo de 6,2 e um máximo de 7,1; enquanto na estação AC-II apresentaram valor mínimo de 5,5 e máximo de 7,7.

Os valores da condutividade elétrica foram mais elevados na estação AC-I do que na estação AC-II. Houve uma tendência de redução da condutividade elétrica com o passar do tempo nas duas estações para todos os eventos de precipitação amostrados.

A turbidez apresentou valores bem elevados nas duas estações devido a lavagem do solo pelo escoamento superficial. A estação AC-II apresentou um valor mínimo de 95 UT e um máximo de 632 UT. A estação AC-I apresentou um valor mínimo de 142 UT e um máximo de 556 UT. Os valores não demonstraram uma tendência clara, aumentando e diminuindo durante o decorrer do evento, assim como as concentrações de sólidos suspensos.

5.1.2.2. Poluição orgânica

As concentrações de DBO₅ na estação AC-I apresentaram valores bem superiores aos encontrados na estação AC-II. Os valores de DBO₅ na estação AC-I foram mais elevados durante as primeiras amostras do evento, sugerindo a limpeza do sistema de esgotamento combinado pelo escoamento superficial, vindo a diminuir com o passar do tempo; enquanto os valores da estação AC-II, apresentaram tendência a aumentar até certo ponto do evento e então decair. O valores máximo e mínimo de DBO₅ na estação AC-I foram de 7,2 e 24,6 mg/L respectivamente e na estação AC-II de 1,7 e 11,8 mg/L. As concentrações de oxigênio dissolvido apresentaram um comportamento semelhante ao da DBO₅.

5.1.2.3. Aspectos bacteriológicos

A contaminação bacteriológica das águas da Bacia Hidrográfica Alto da Colina foi mais elevada na estação AC-I, devido ao transporte de materiais depositados nas ruas e a resuspensão de materiais depositados nas tubulações do sistema de esgotamento combinado do loteamento Alto da Colina. As contagens de coliformes totais e fecais apresentaram um comportamento semelhante aos dados de DBO₅, ou seja, tendem a diminuir com o decorrer do evento, assim como na estação AC-II também apresentaram comportamento semelhante ao da DBO₅, sendo no entanto, inferiores aos da estação AC-I.

5.1.3. Análise dos dados registrados com os Amostradores de Nível Ascendente

Os amostradores de nível ascendente foram instalados nas duas seções de coleta de água (AC-I e AC-II), com o objetivo principal de recolher dados durante eventos noturnos de precipitação ou quando não fosse possível realizar-se as coletas superficiais.

Os dados foram analisados através das características de qualidade da água (CQA) médias de cada garrafa de amostragem. Considerou-se dois cenários para os dados referentes ao amostrador da estação AC-II. O cenário A constituído pelos dados registrados antes de 25/10/2003 e o cenário B constituído pelos dados registrados após esta data. A adoção destes cenários é justificada pelo fato da área correspondente a estação AC-II durante o cenário A apresentar uma grande cobertura de pastagem e campo nativo, enquanto durante os meses de setembro e outubro de 2003 o solo foi preparado para o cultivo da soja, permanecendo assim até o dia 11/12/2003 data do último evento registrado com o solo sem proteção vegetal. O evento ocorrido no dia 25/10/2003 determinou, portanto, um novo cenário de coleta, pois o fator uso do solo mudou drasticamente. Esta variação no uso do solo foi

apresentada no capítulo 3, tópico 3.2 tabela 3 e a figura 14 permite a visualização dos dois cenários. As áreas destinadas às práticas agrícolas visualizadas no mapa de uso do solo (figura 14) do ano base 1999 foram mantidas para o ano de 2003 sendo utilizado o plantio direto da soja. Enquanto as áreas que antes predominavam pastagens e campo nativo foram preparadas para o cultivo da soja.



Figura 15: Cenários A e B dos dados do ANA da estação AC-II.

5.1.3.1. ANA – AC-II

A tabela 7 apresenta as concentrações médias para todos os dados registrados pelo ANA da estação AC-II, e as características de qualidade da água (CQA) médias para os dois cenários considerados.

Analisando-se as características de qualidade da água (CQA) médias de todos os dados, na tabela 7, constata-se que os parâmetros OD e pH não apresentam variações significativas de garrafa para garrafa e demonstram a mesma ordem de grandeza se comparados aos valores de coleta superficiais. Novamente a condutividade elétrica apresenta-se com o valor máximo no início do evento vindo a decair com o passar do tempo e elevação do nível. As concentrações de sólidos suspensos tendem a aumentar com a elevação do nível, alcançando valores mais elevados nas garrafas 3 e 4 apresentando a seguir um decaimento, comportamento semelhante é apresentado pela turbidez.

Tabela 7: Característica de qualidade da água médias do ANA da estação AC-II.

	Garrafa	OD (mg/L)	Temp (°C)	Cond (MS/cm)	pH	DBO 5 (mg/L)	SS-fix (mg/L)	SS-vol (mg/L)	SS-tot (mg/L)	Turbidez (UT)	Número de dados
Média Geral	G1	6,79	19,5	73,57	6,78	7,8	467,3	68,0	535,3	353,8	12
	G2	6,57	19,8	57,13	6,67	8,2	458,1	50,4	508,5	321,4	14
	G3	6,60	20,9	49,95	6,75	10,9	999,2	59,6	1058,8	380,1	11
	G4	6,55	20,4	43,42	6,57	12,7	3162,4	119,6	3282,0	433,4	9
	G5	6,36	20,7	42,10	6,47	9,5	627,2	64,7	691,8	409,1	6
	G6	6,35	22,0	41,86	6,47	11,2	496,2	40,2	536,4	383,8	5
	G7	6,09	23,0	42,20	6,38	11,8	654,8	64,8	719,5	450,6	4
Período 22/05/2003 a 11/12/2003											
Média Cenário A	G1	7,14	17,6	77,51	6,83	7,7	399,1	68,9	468,0	374,7	8
	G2	7,11	17,3	57,31	6,75	7,8	319,3	54,4	373,6	329,0	8
	G3	7,11	17,9	50,46	6,66	8,1	341,0	42,4	383,4	348,0	5
	G4	7,13	16,8	42,30	6,54	6,4	407,0	48,8	455,8	445,5	4
	G5	6,84	17,4	38,20	6,51	7,0	621,0	80,3	701,3	444,9	3
	G6	6,80	18,7	38,05	6,62	6,6	278,0	48,0	326,0	366,1	2
	G7	7,45	18,6	42,70	6,68	6,3	408,0	47,0	455,0	555,3	1
Período 22/05/2003 a 08/10/2003											
Média Cenário B	G1	6,07	23,3	65,68	6,68	8,1	603,8	66,3	670,0	312,0	4
	G2	5,85	23,3	56,88	6,57	8,7	643,2	45,2	688,3	311,2	6
	G3	6,18	23,4	49,53	6,82	12,9	1547,7	74,0	1621,7	406,8	6
	G4	6,09	23,3	44,32	6,60	16,4	5366,8	176,2	5543,0	423,8	5
	G5	5,87	23,9	46,00	6,43	12,1	633,3	49,0	682,3	373,3	3
	G6	6,05	24,2	44,40	6,37	14,3	641,7	35,0	676,7	395,7	3
	G7	5,63	24,5	42,03	6,27	13,6	737,0	70,7	807,7	415,7	3
Período 25/10/2003 a 11/12/2003											

Atenção deve ser dada as garrafas 3 e 4, durante o cenário A elas apresentavam um comportamento semelhante as anteriores em termos de sólidos suspensos e DBO₅, enquanto durante o cenário B passaram a apresentar um comportamento totalmente diferente, com elevadas concentrações de sólidos suspensos e as maiores concentrações de DBO₅ registradas para a estação AC-II, alcançando um valor máximo de 27,2 mg/L, devido a presença de maiores quantidades de sedimentos na amostra. As figuras 15 e 16 mostram a comparação entre as características de qualidade da água médias totais e dos cenários A e B para sólidos suspensos totais e DBO₅ respectivamente.

As figuras 17, 18 e 19 apresentam a correlação entre sólidos voláteis e fixos dos dados da tabela 7. Sendo que a melhor correlação obtida ocorreu com os dados do cenário B com um R² igual a 0,93.

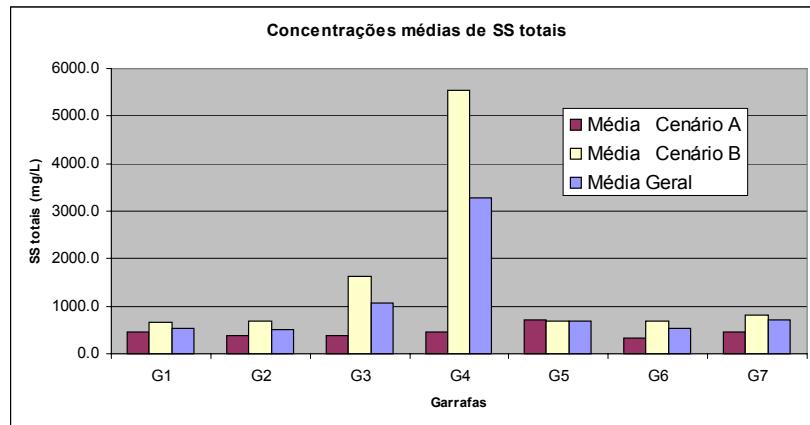


Figura 16: Comparação entre as concentrações médias de sólidos suspensos totais e dos cenários A e B.

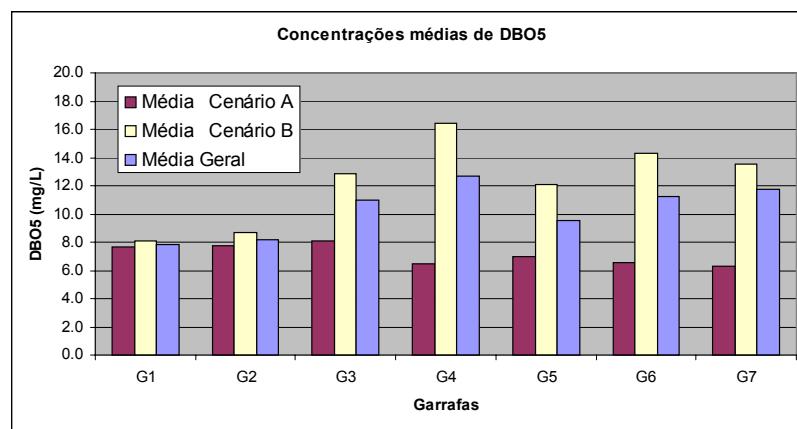


Figura 17: Comparação entre as concentrações médias de DBO₅ e dos cenários A e B.

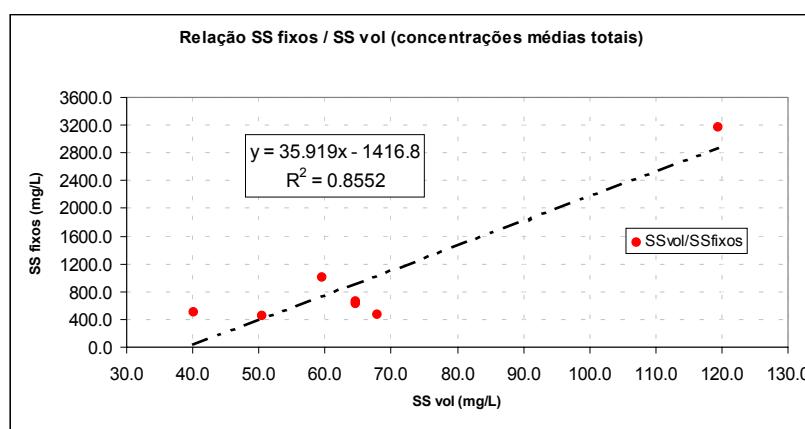


Figura 18: Correlação Ssvol/Ssfixos – concentrações médias – AC-II.

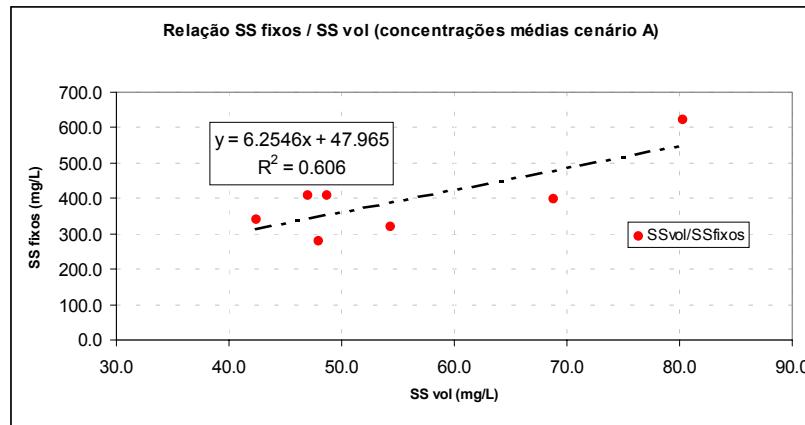


Figura 19: Correlação Ssvol/Ssfixos – cenário A.

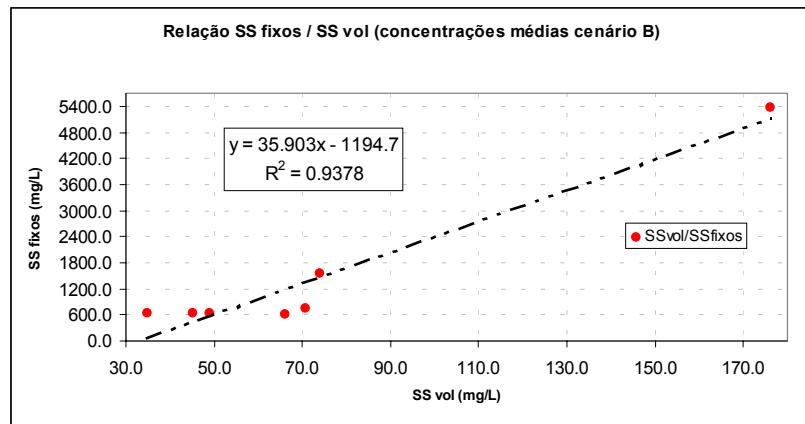


Figura 20: Correlação Ssvol/Ssfixos – cenário B.

5.1.3.2. ANA – AC-I

A tabela 8 apresenta as características de qualidade da água médias para todos os dados registrados pelo ANA da estação AC-I.

Para os dados do ANA da estação AC-I considerou-se apenas os valores médios, uma vez que os dados disponíveis foram reduzidos quando comparados aos da estação AC-II. O amostrador da estação AC-I apresentou uma eficiência reduzida devido a obstrução das tomadas de água por materiais grosseiros, transportados pelas águas. Na análise dos dados desprezou-se a garrafa número 7, pois ocorreu apenas um registro nesta.

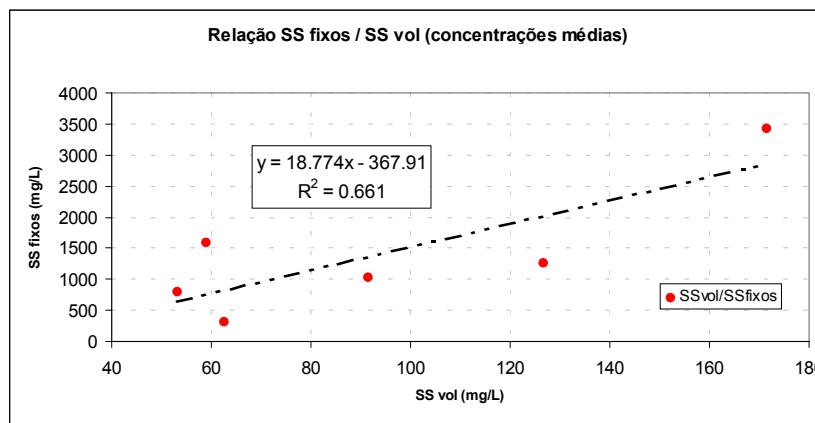
Tabela 8: Características de qualidade da água médias do ANA da estação AC-I

	Garrafa	OD (mg/L)	Temp (°C)	Cond (MS/cm)	pH	DBO 5 (mg/L)	SS-fix (mg/L)	SS-vol (mg/L)	SS-tot (mg/L)	Turbidez (UT)	Número de dados
Média	G1	6,4	19,8	71,3	6,77	10,0	315,6	62,6	378,2	276,2	6
	G2	6,1	22,9	46,9	6,56	12,6	796,3	53,3	849,5	455,0	4
	G3	6,2	22,7	43,9	6,62	8,7	1023,7	91,7	1115,3	465,4	3
	G4	5,7	22,6	47,8	6,57	12,0	1253,3	126,7	1380,0	455,8	3
	G5	6,0	22,8	52,1	6,65	13,5	3429,0	171,7	3600,7	526,6	3
	G6	5,9	22,9	42,9	6,30	10,6	1579,0	59,0	1638,0	444,5	2
Período											
16/06/2003 a 11/12/2003											

As características de qualidade da água: OD, temperatura da água e pH demonstraram comportamento semelhante, apresentando pouca variação entre as garrafas. A condutividade elétrica manteve o padrão de decaimento com o tempo e subida do nível de água.

O conteúdo orgânico avaliado pela DBO₅ demonstrou a mesma ordem de grandeza das coletas de tempo seco.

As concentrações de sólidos suspensos e turbidez mostraram tendência a aumentar com a elevação do nível. A figura 20 mostra a correlação entre sólidos suspensos voláteis e fixos, a qual apresentou um R² igual 0,66.

**Figura 21: Correlação Ssvol/Ssfixos – concentrações médias – AC-I**

5.2. Estudo da carga de lavagem

Para o cálculo da carga de lavagem considerou-se apenas a parcela referente ao escoamento superficial do evento. Foram analisados os eventos dos dias: 22/05/2003; 16/06/2003; 08/07/2003; 15/07/2003 e 11/12/2003. Os hidrogramas referentes aos eventos utilizados e as características de qualidade da água utilizadas são apresentados nos anexos 3 e 4. Na tabela 9 são apresentadas as datas dos eventos analisados e a data da coleta de tempo seco correspondente a cada evento, adotada para estabelecer os pontos iniciais e finais das características de qualidade da água iniciais e finais.

Tabela 9: Coletas de tempo seco adotadas para o cálculo da carga de lavagem.

Data do Evento	Coleta adotada
22/05/2003	13/05/2003
16/06/2003	02/06/2003
08/07/2003	07/07/2003
15/07/2003	07/07/2003
11/12/2003	14/11/2003

Aplicou-se o cálculo da carga de lavagem utilizando-se as metodologias propostas por Deletic (1998) (Método 1) e por Gupta & Saul (1996a) (Método 2) as seguintes características de qualidade da água: sólidos suspensos totais e voláteis, DBO₅, condutividade elétrica, pH e coliformes totais e fecais.

A seguir nos tópicos 5.2.1 e 5.2.2 serão apresentadas as curvas M(V) determinadas para os eventos analisados nas estações AC-I e AC-II e sua discussão.

5.2.1. Curvas M(V): Método 1

As figuras 22 a 35 apresentam as curvas M(V) referentes as estações AC-I e AC-II.

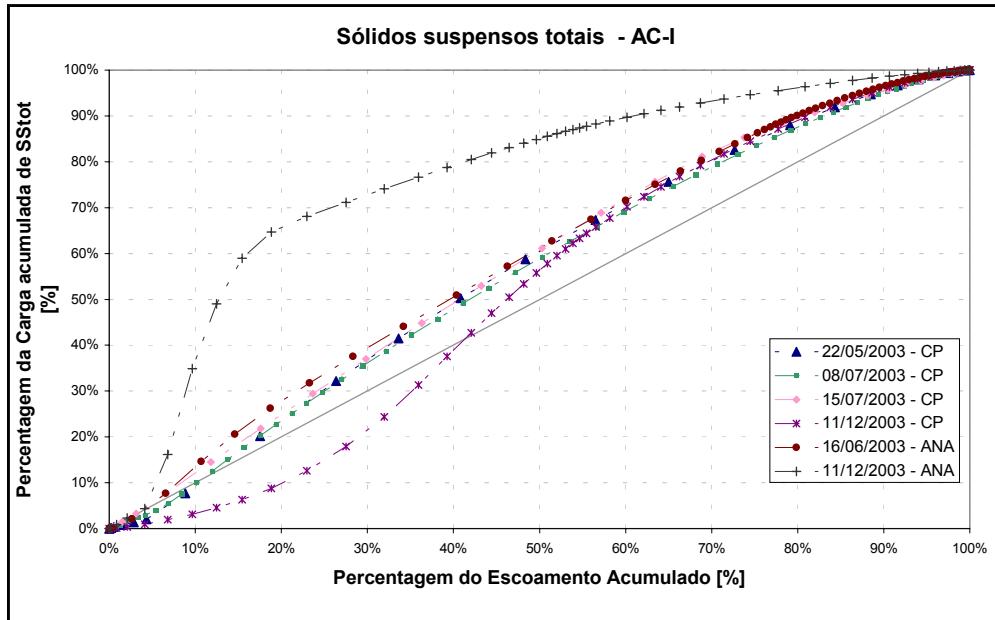


Figura 22: Método 1 – SStot- AC-I.

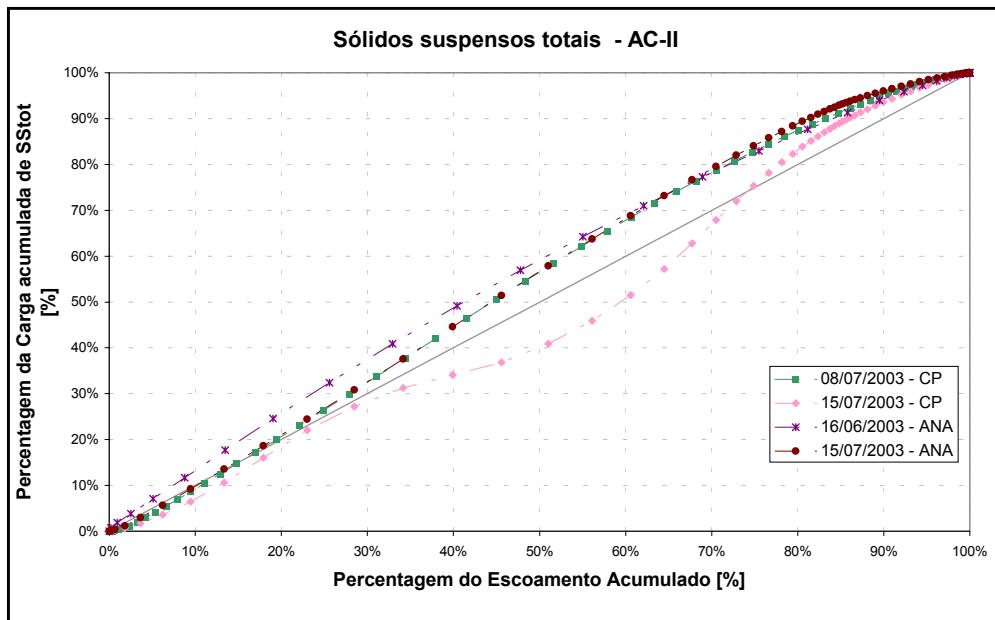


Figura 23: Método 1 – SStot- AC-II.

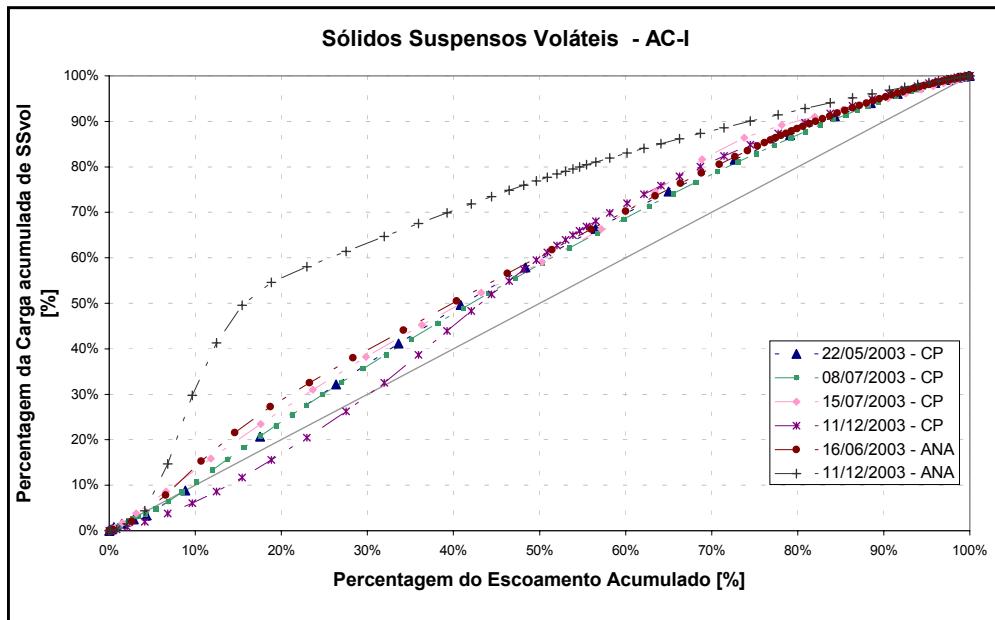


Figura 24: Método 1 – SSvol- AC-I.

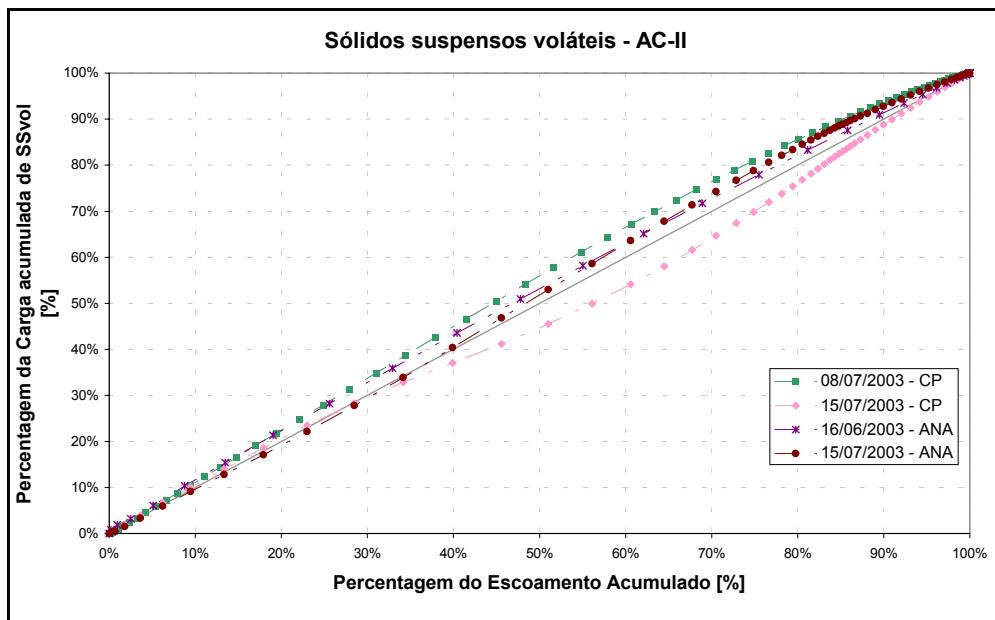


Figura 25: Método 1 – SSvol- AC-II.

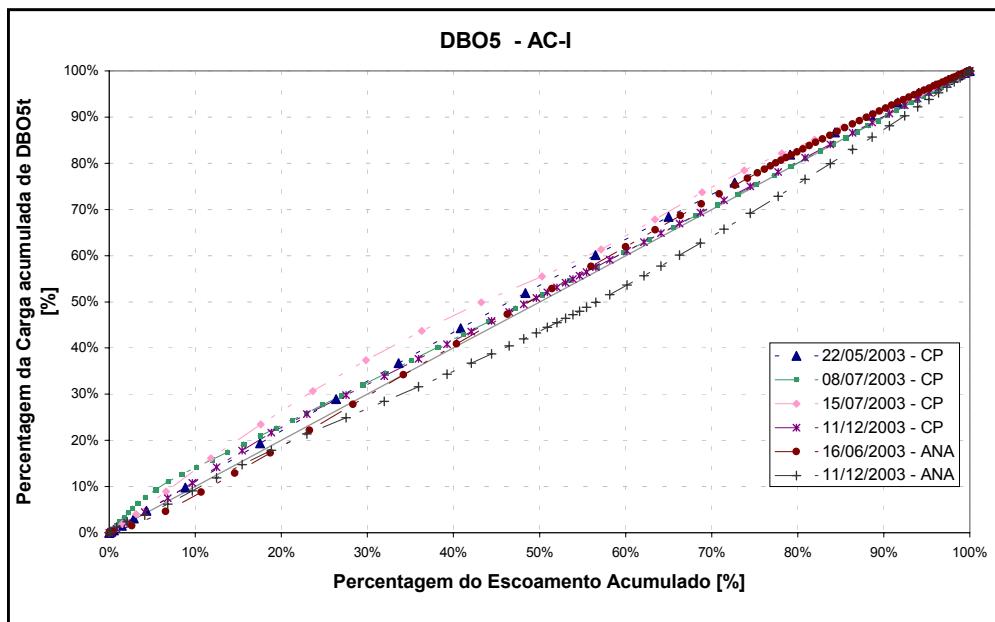


Figura 26: Método 1 – DBO₅- AC-I.

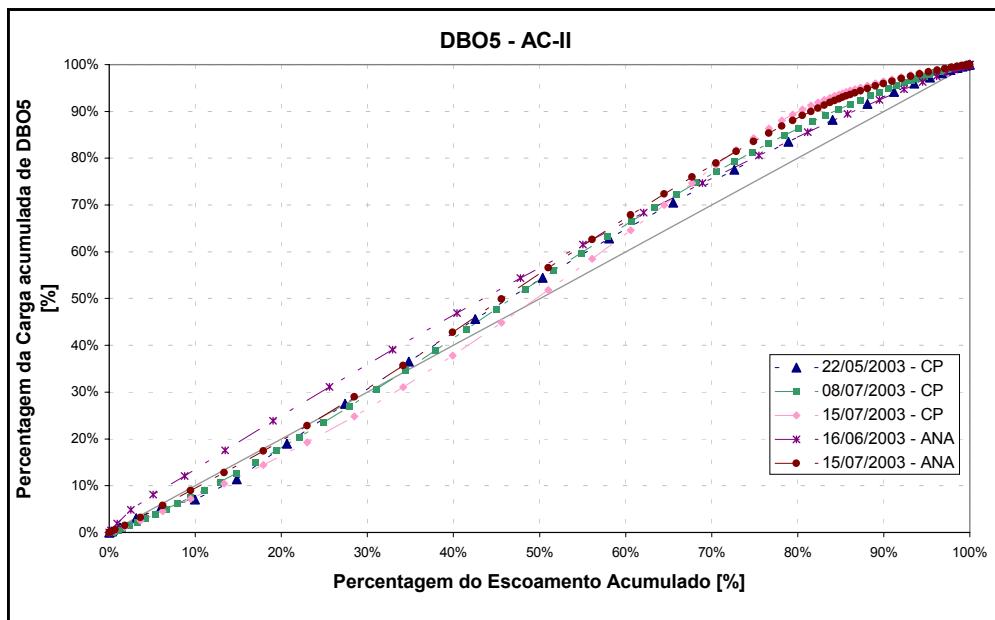


Figura 27: Método 1 – DBO₅ – AC-II.

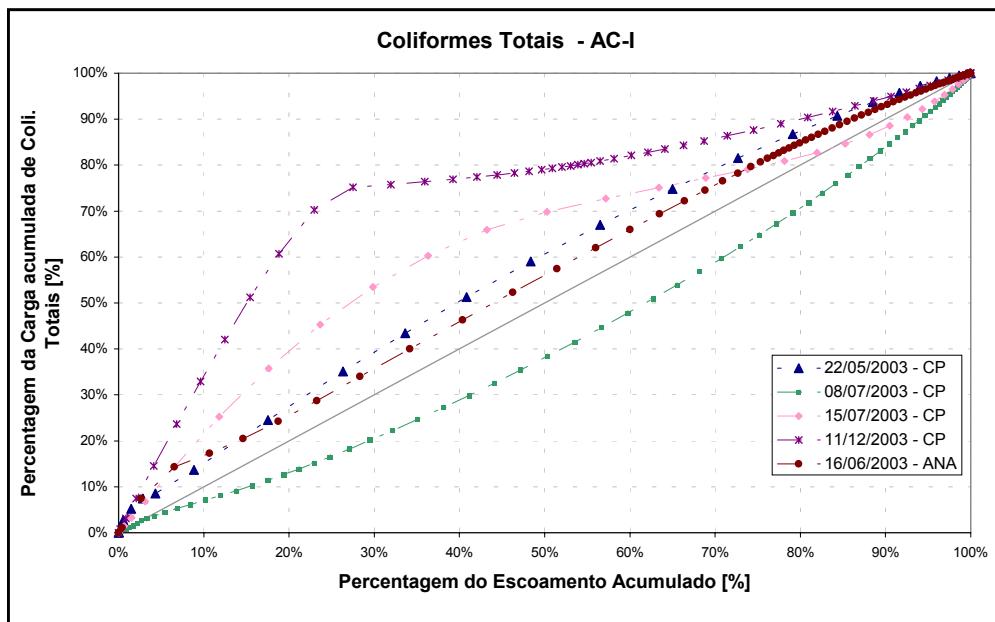


Figura 28: Método 1 – Coliformes Totais - AC-I.

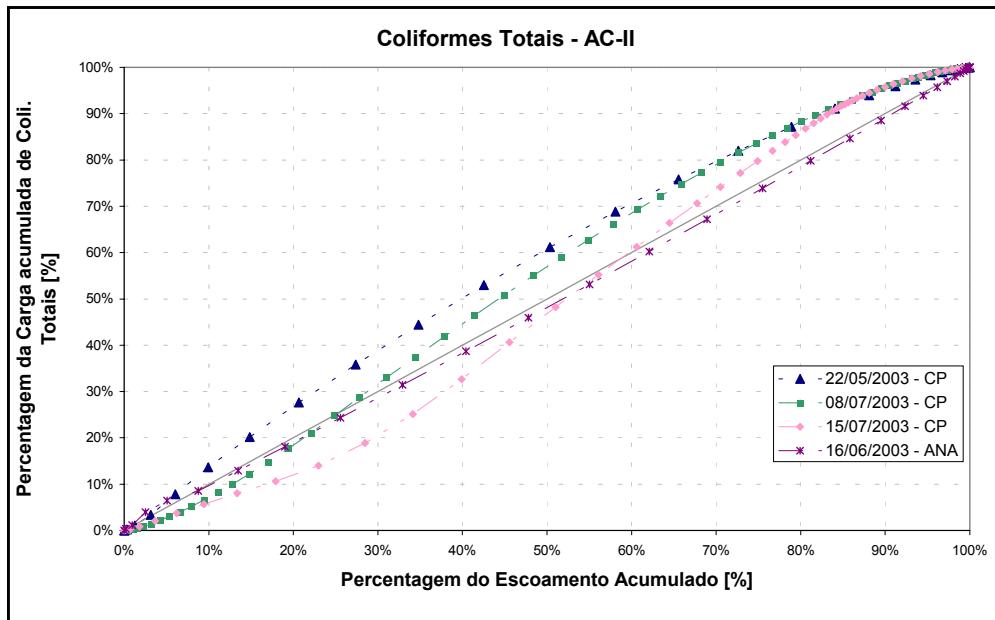


Figura 29: Método 1 – Coliformes Totais - AC-II.

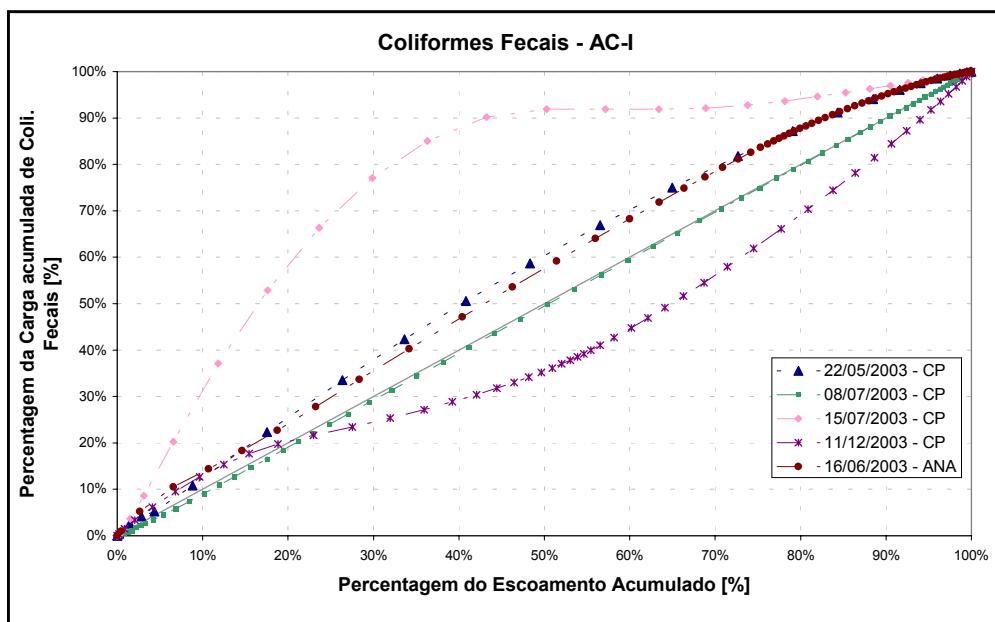


Figura 30: Método 1 – Coliformes Fecais - AC-I.

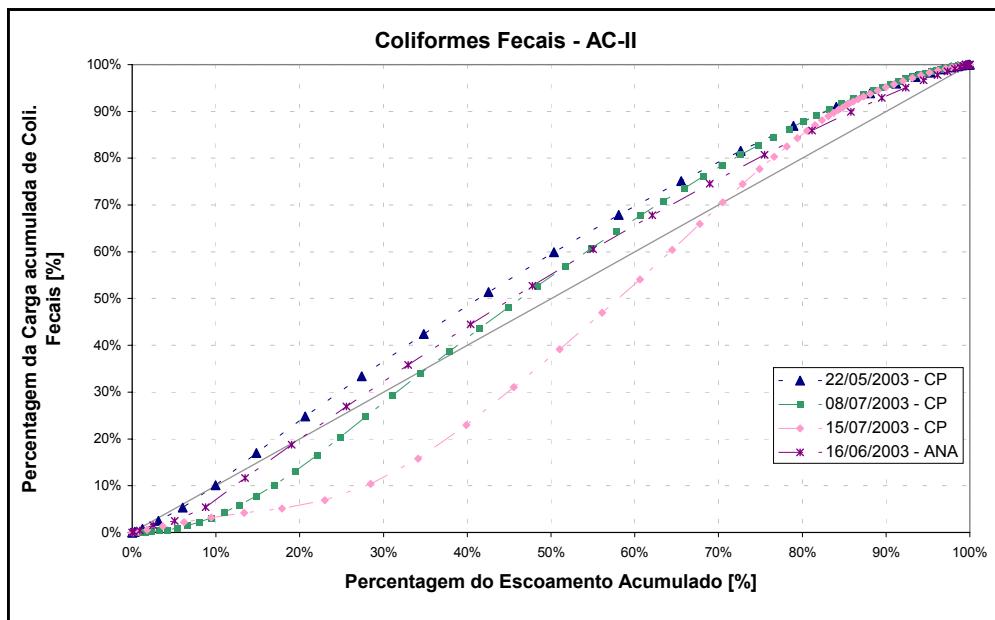


Figura 31: Método 1 – Coliformes Fecais - AC-II.

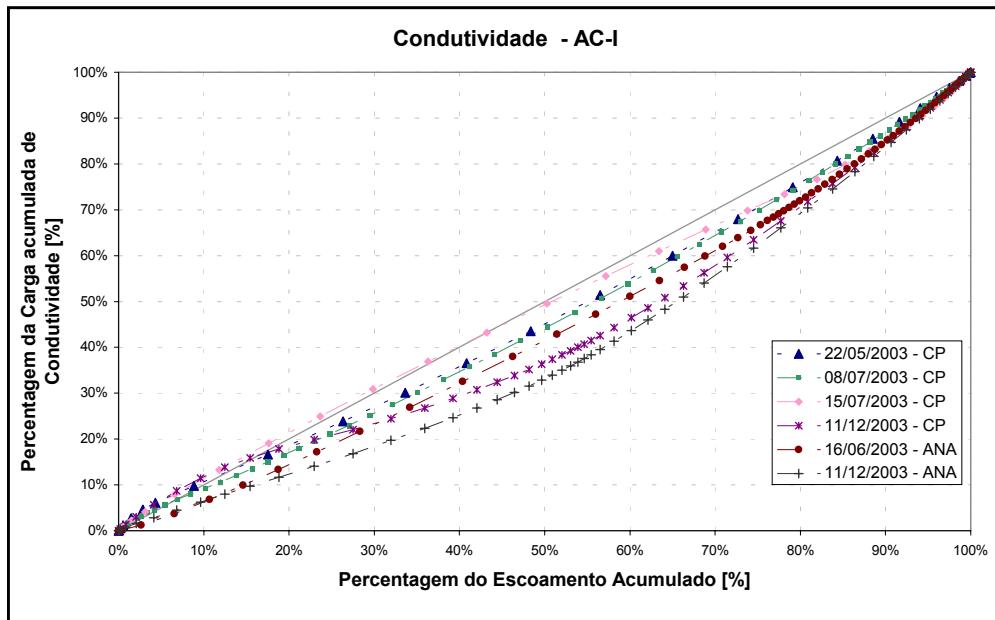


Figura 32: Método 1 – Condutividade - AC-I

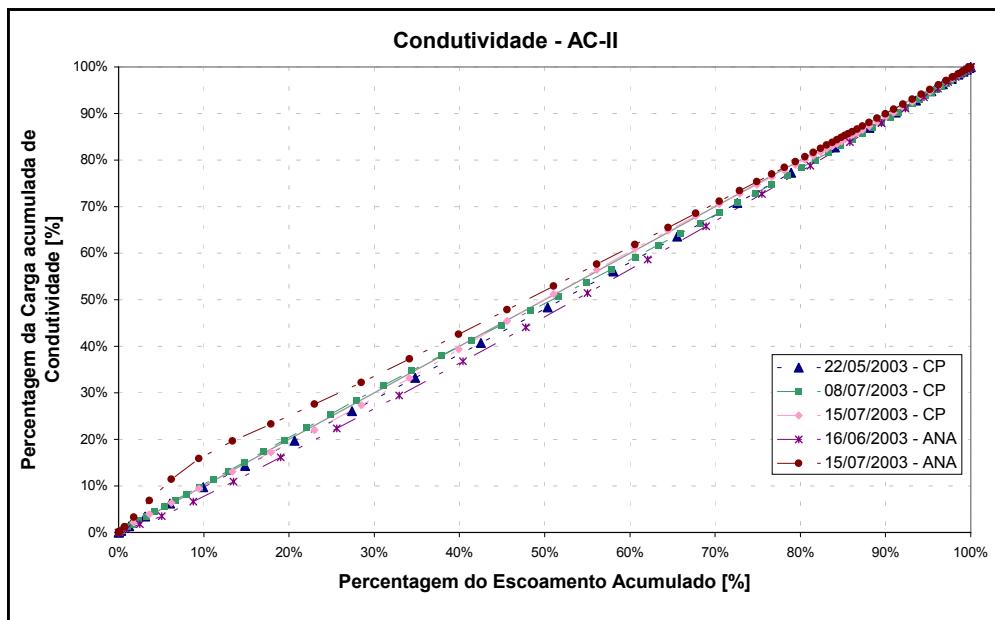


Figura 33: Método 1 – Condutividade - AC-II

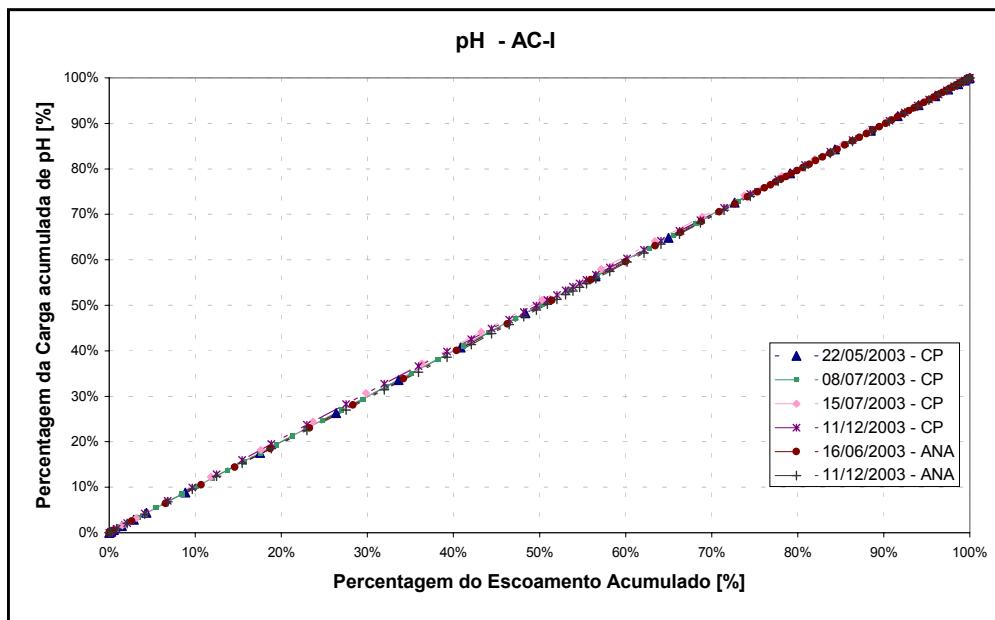


Figura 34: Método 1 - pH - AC-I

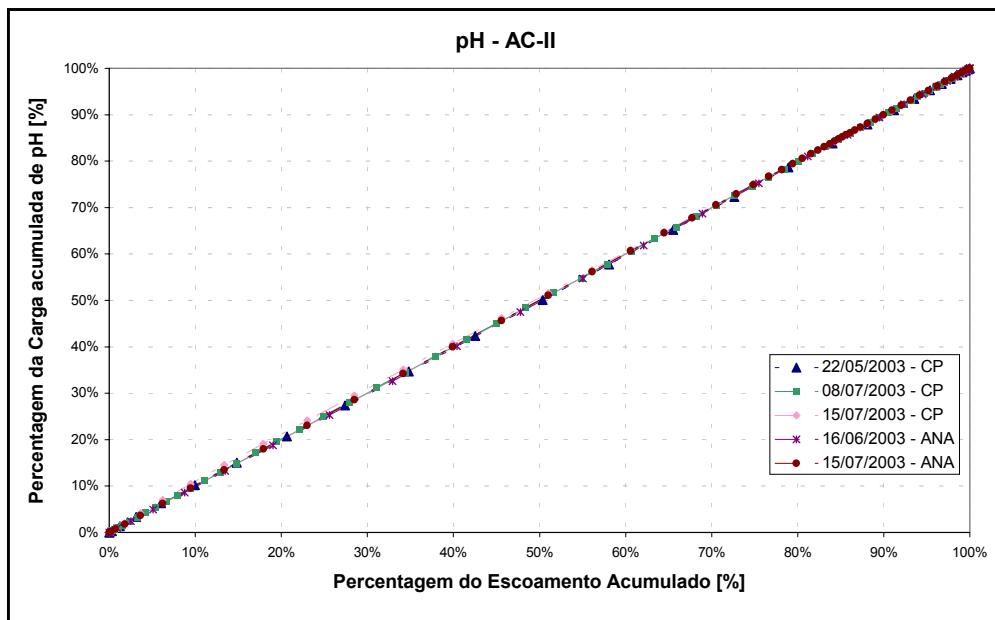


Figura 35: Método 1 – pH - AC-II

5.2.1.1. Resultados

A tabela 10, apresenta as cargas de lavagem (FF20), resultantes da aplicação do método 1, na determinação do fenômeno aos eventos

analizados nas estações AC-I e AC-II. De acordo com Deletic (1998), o fenômeno da carga de lavagem ocorre apenas quando mais de 20% da carga total é transportada nos primeiros 20% do escoamento gerado pelo evento considerado.

Tabela 10: FF20 segundo a metodologia de Deletic (1998) para as estações AC-I e AC-II.

Método 1 - AC-I	Sstotais	Cond	CF	CT	DBO5	SSVOL	PH
22/05/2003 - CP	23.5%	18.6%	25.5%	27.5%	22.1%	23.9%	20.0%
08/07/2003 - CP	23.5%	17.1%	19.1%	13.1%	23.2%	23.9%	20.0%
15/07/2003 - CP	24.9%	21.4%	58.2%	39.5%	26.3%	26.4%	20.7%
11/12/2003 - CP	9.8%	18.4%	20.3%	63.4%	22.8%	16.9%	20.7%
16/06/2003 - ANA	27.8%	14.4%	24.1%	25.5%	18.6%	28.7%	19.8%
11/12/2003 - ANA	65.6%	12.4%	****	****	18.9%	55.6%	19.6%
Média	29.2%	17.0%	29.4%	33.8%	22.0%	29.3%	20.1%
Método 1 - AC-II	Sstotais	Cond	CF	CT	DBO5	SSVOL	PH
22/05/2003 - CP	****	19.1%	23.9%	26.8%	18.1%	****	20.1%
08/07/2003 - CP	20.7%	20.4%	13.8%	18.4%	18.1%	22.5%	20.2%
15/07/2003 - CP	18.5%	19.2%	5.9%	12.0%	16.4%	20.6%	21.2%
16/06/2003 - ANA	25.8%	17.1%	20.0%	19.1%	25.0%	22.4%	19.7%
15/07/2003 - ANA	21.0%	25.0%	****	****	19.6%	19.1%	20.1%
Média	21.5%	20.2%	15.9%	19.1%	19.5%	21.2%	20.3%

Os valores de FF20 para o parâmetro pH demonstram a existência de uma pequena carga de lavagem nos eventos analisados para as duas estações, uma vez que suas variações temporais foram muito pequenas durante o evento. A condutividade elétrica apresentou carga de lavagem para os eventos da estação AC-II dos dias 08/07/2003 com dados superficiais e 15/07/2003 com dados do amostrador de nível ascendente e para a estação AC-I no dia 15/07/2003. O fato dos valores da condutividade elétrica tenderem a diminuir muito rapidamente com a subida do nível d'água e manterem-se muito constantes durante o decorrer do evento, nas duas estações, justifica a pequena suscetibilidade do parâmetro em demonstrar o fenômeno da carga de lavagem.

Dos resultados apresentados na tabela 10, os valores de FF20 de sólidos suspensos totais e voláteis confirmaram a presença do fenômeno da carga de lavagem para este parâmetro nas duas estações, sendo mais intenso na estação AC-I. O fato de os dados superficiais do evento de 11/12/2003 na estação AC-I não demonstrarem o fenômeno da carga de lavagem e os dados coletados pelo amostrador ANA apresentarem valor elevado de FF20, demonstra a influência dos dados utilizados para o

cálculo destas, pois os dados do ANA representam cotas inferiores referentes aos primeiros instantes do evento.

Para os parâmetros coliformes totais e fecais, a estação AC-I demonstrou valores de FF20 mais significativos em relação à estação AC-II. Esta diferença pode ser explicada pelo fato das maiores contagens de coliformes fecais e totais da estação AC-I ocorrerem durante o início do evento, e na estação AC-II ocorrerem em níveis mais elevados durante o evento. Esta tendência também é acompanhada pelas concentrações de DBO₅, tornando o fenômeno da carga de lavagem mais perceptível na estação AC-I.

Conclui-se que a limpeza do sistema de esgotamento do loteamento Alto da Colina pelo escoamento superficial seja responsável pelo fenômeno da carga de lavagem ocorrer com maior freqüência na estação AC-I, mesmo que tenha apresentado baixa intensidade.

5.2.2. Curvas M(V): Método 2

5.2.2.1. Sólidos Suspensos Totais – AC-I.

As figuras 36 a 41 apresentam as curvas M(V) referentes ao parâmetro sólidos suspensos totais para todos os eventos analisados na estação AC-I.

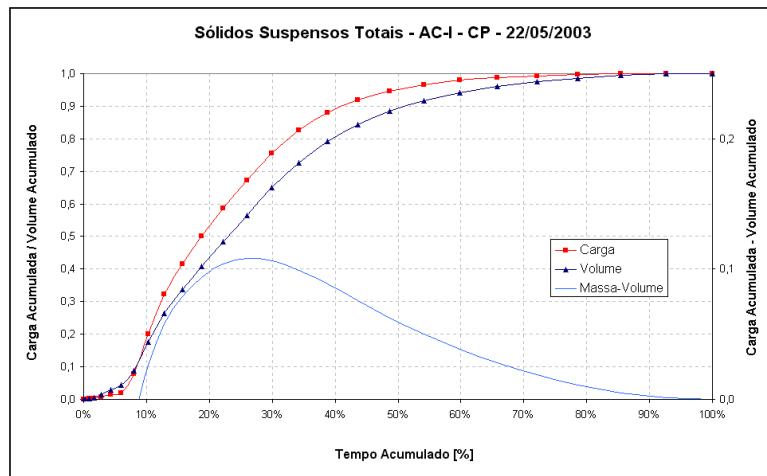


Figura 36: Método 2 – SStot- AC-I – CP – 22/05/2003

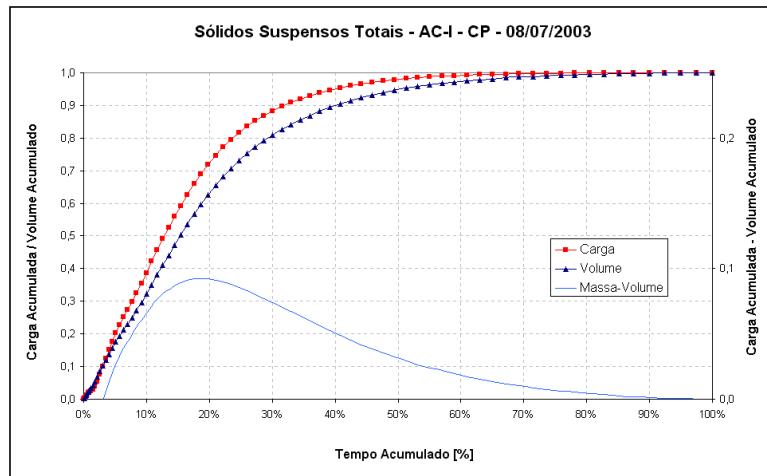


Figura 37: Método 2 – SStot- AC-I – CP – 08/07/2003

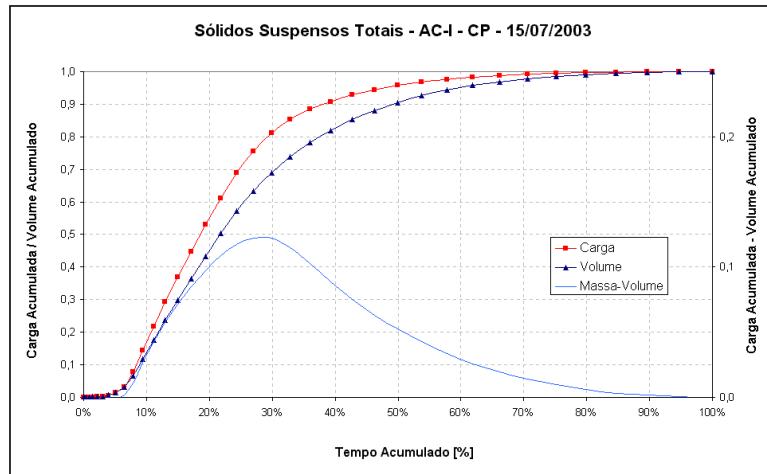


Figura 38: Método 2 – SStot- AC-I – CP – 15/07/2003

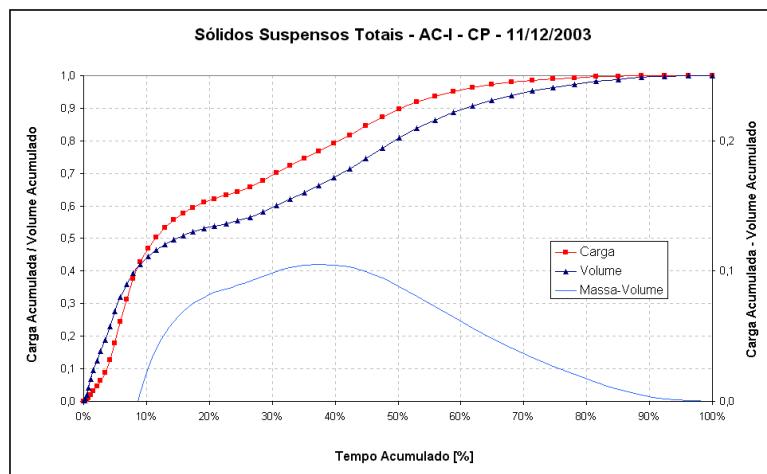


Figura 39: Método 2 – SStot- AC-I – CP – 11/12/2003

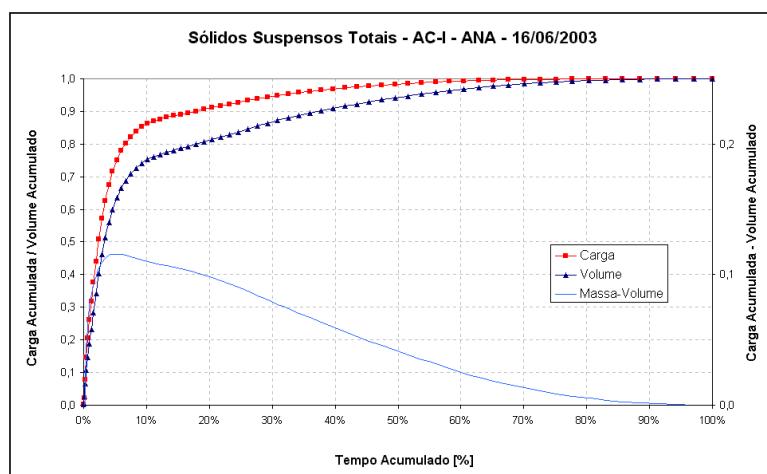


Figura 40: Método 2 – SStot- AC-I – ANA – 16/06/2003

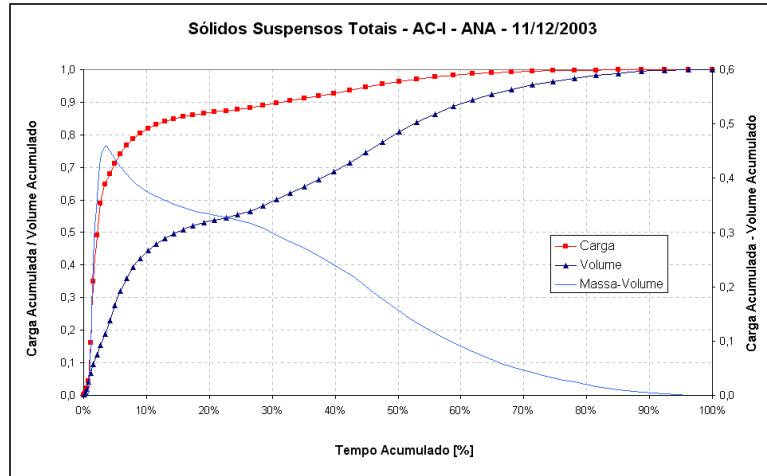


Figura 41: Método 2 – SS_{tot}- AC-I – ANA – 11/12/2003

5.2.2.2. Sólidos Suspensos Voláteis – AC-I

As figuras 42 a 47 apresentam as curvas M(V) referentes ao parâmetro sólidos suspensos voláteis para todos os eventos analisados na estação AC-I.

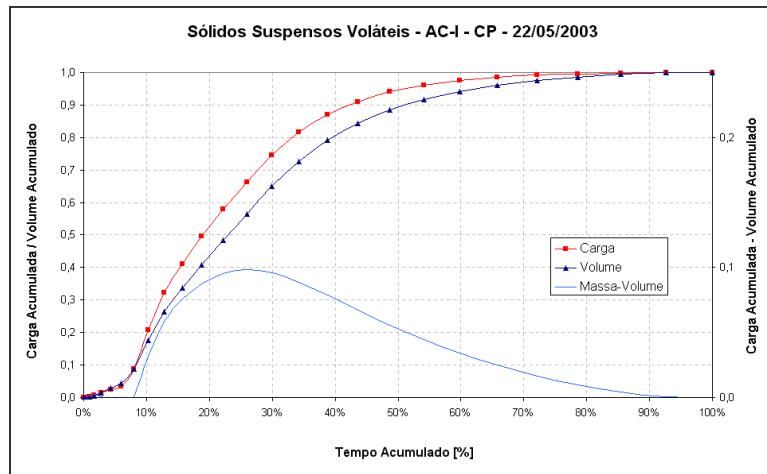


Figura 42: Método 2 – SS_{vol}- AC-I – CP – 22/05/2003

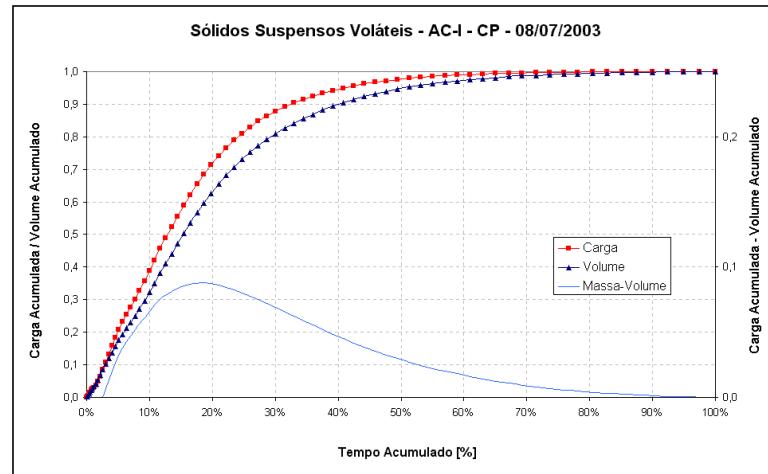


Figura 43: Método 2 – SSvol- AC-I – CP – 08/07/2003

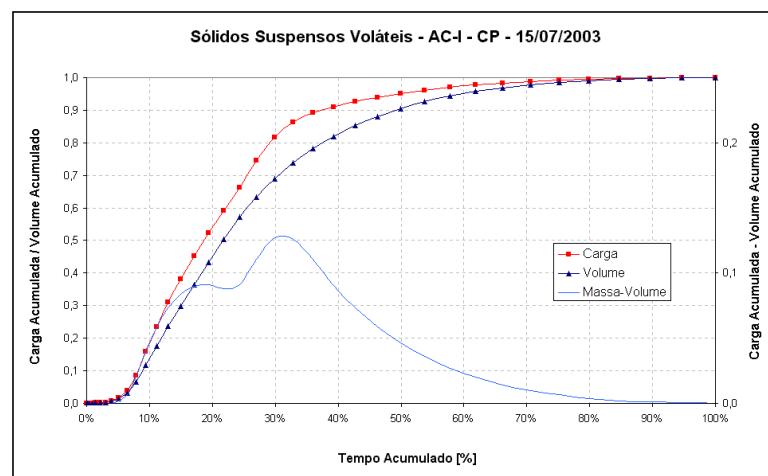


Figura 44: Método 2 – SSvol- AC-I – CP – 15/07/2003

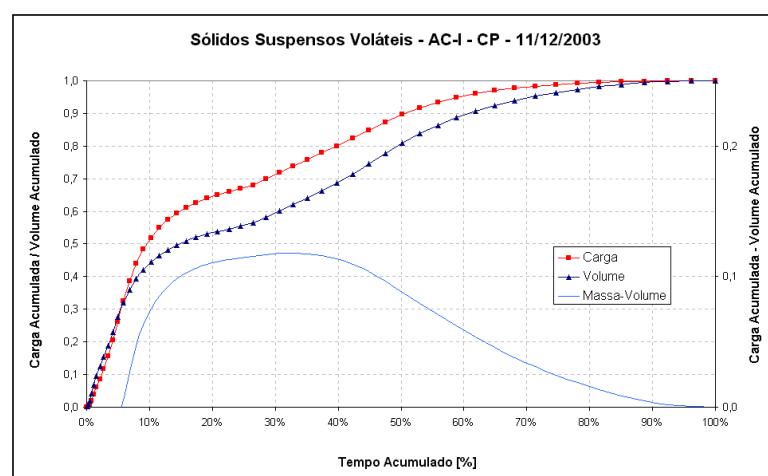


Figura 45: Método 2 – SSvol- AC-I – CP – 11/12/2003

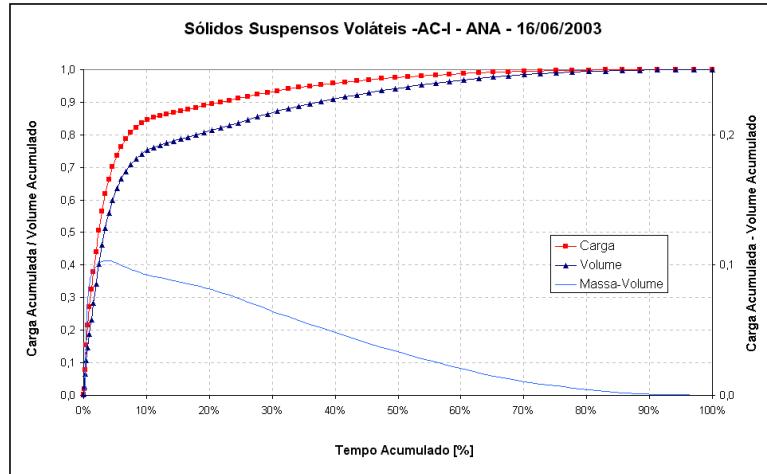


Figura 46: Método 2 – SSvol- AC-I – ANA – 16/06/2003

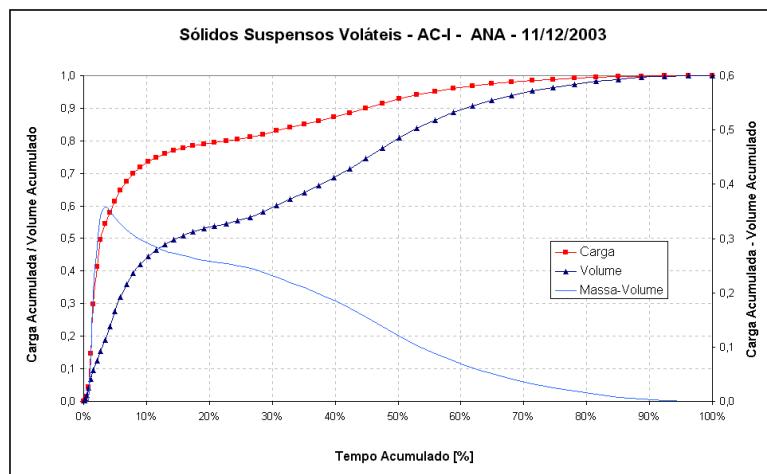


Figura 47: Método 2 – SSvol- AC-I – ANA – 11/12/2003

5.2.2.3. DBO₅ – AC-I

As figuras 48 a 53 apresentam as curvas M(V) referentes ao parâmetro demanda bioquímica de oxigênio para todos os eventos analisados na estação AC-I.

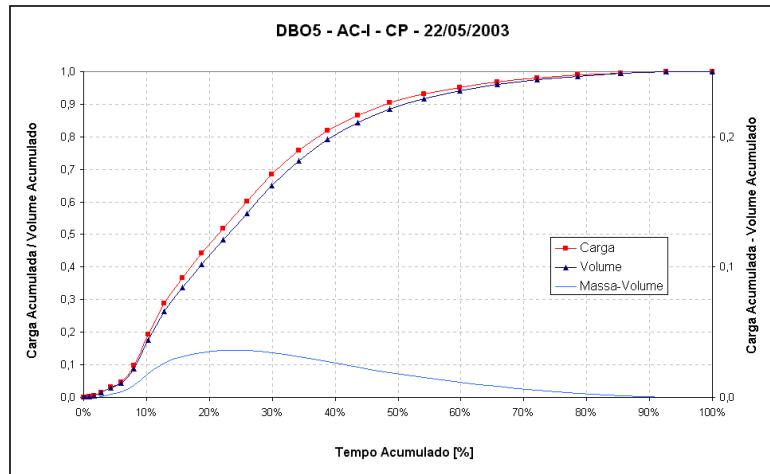


Figura 48: Método 2 – DBO₅- AC-I – CP – 22/05/2003

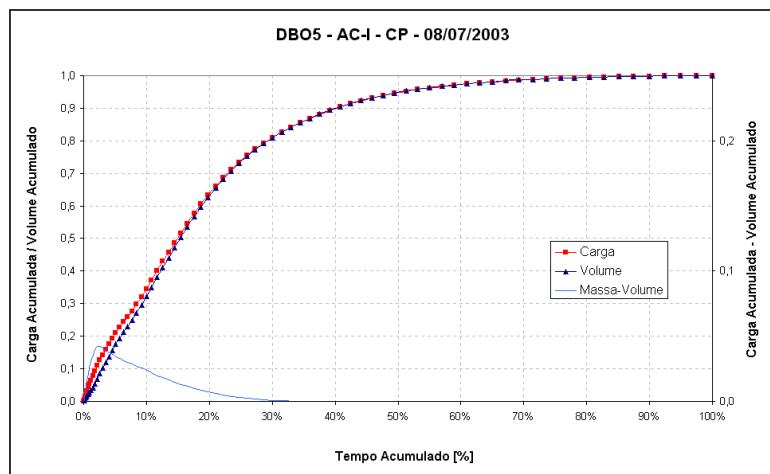


Figura 49: Método 2 – DBO₅- AC-I – CP – 08/07/2003

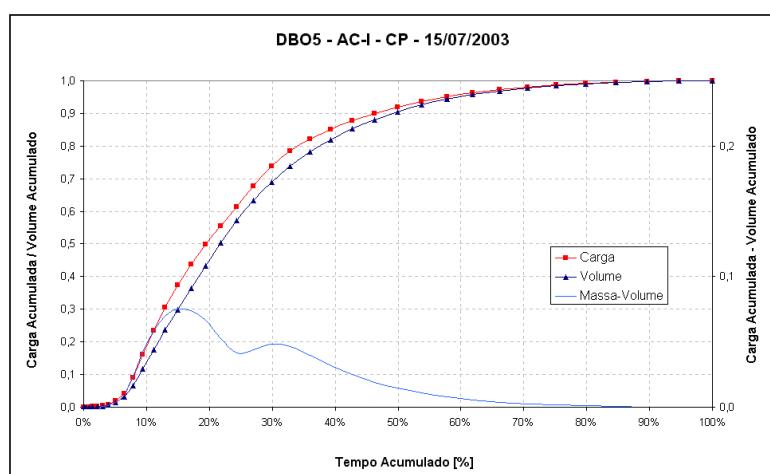


Figura 50: Método 2 – DBO₅- AC-I – CP – 15/07/2003

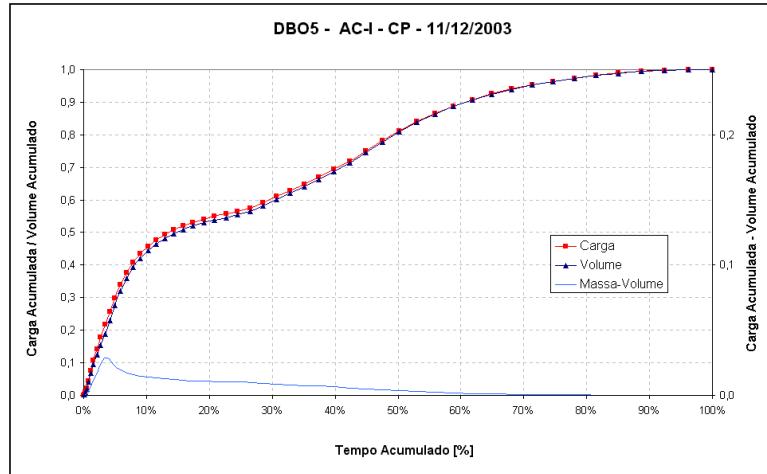


Figura 51: Método 2 – DBO₅- AC-I – CP – 11/12/2003

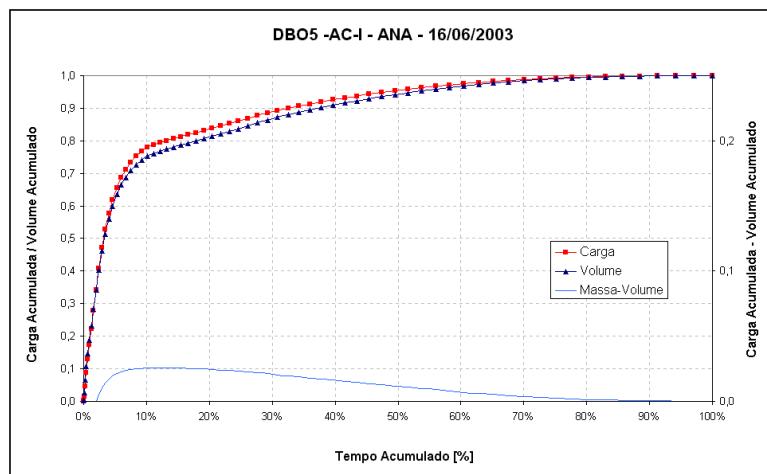


Figura 52: Método 2 – DBO₅- AC-I – ANA – 16/06/2003

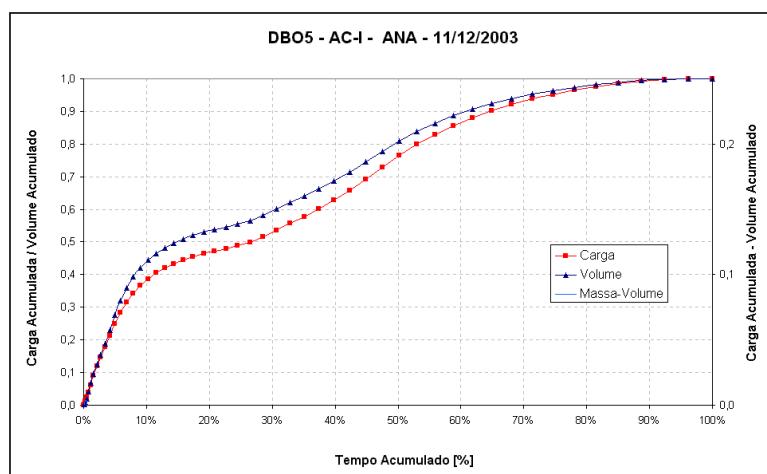


Figura 53: Método 2 – DBO₅- AC-I – ANA – 11/12/2003

5.2.2.4. Coliformes Totais – AC-I

As figuras 54 a 58 apresentam as curvas M(V) referentes ao parâmetro coliformes totais para todos os eventos analisados na estação AC-I.

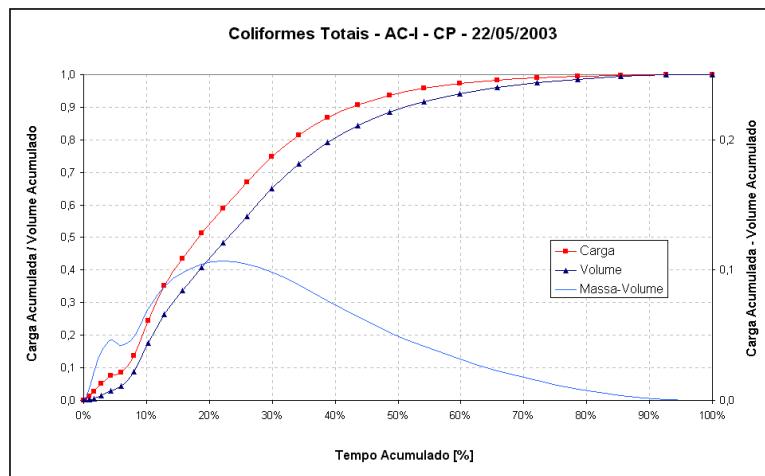


Figura 54: Método 2 – Coliformes Totais - AC-I – CP – 22/05/2003

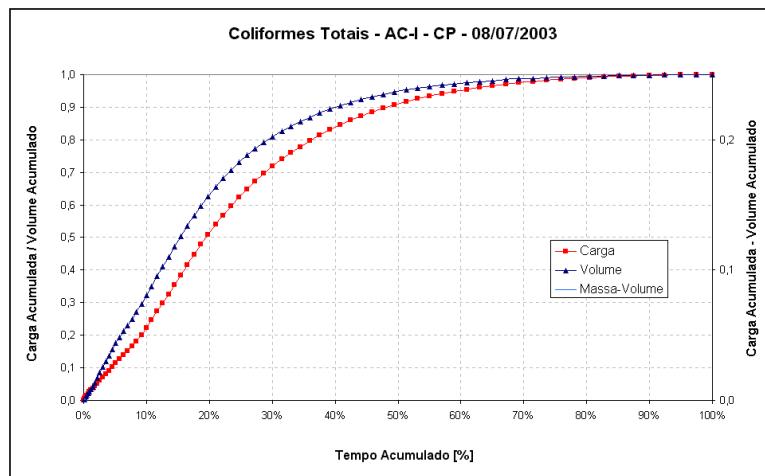


Figura 55: Método 2 – Coliformes Totais - AC-I – CP – 08/07/2003

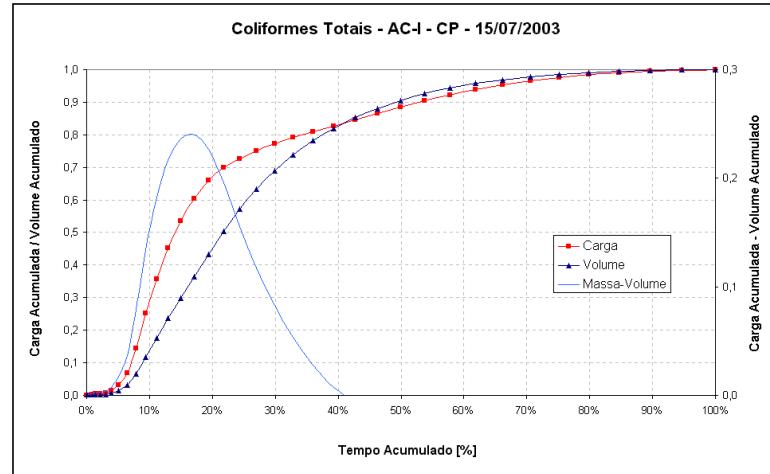


Figura 56: Método 2 – Coliformes Totais - AC-I – CP – 15/07/2003

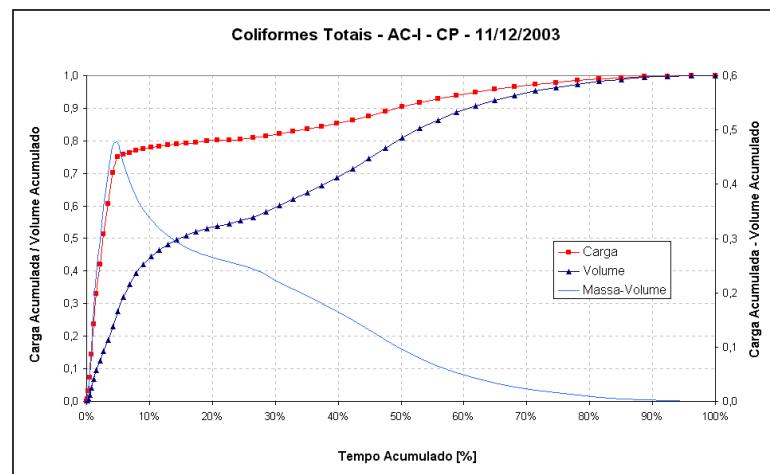


Figura 57: Método 2 – Coliformes Totais - AC-I – CP – 11/12/2003

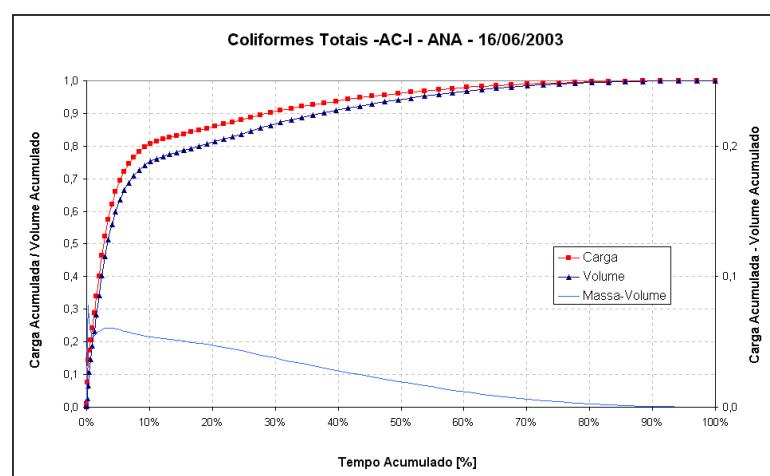


Figura 58: Método 2 – Coliformes Totais - AC-I – ANA – 16/06/2003

5.2.2.5. Coliformes Fecais – AC-I

As figuras 59 a 63 apresentam as curvas M(V) referentes ao parâmetro coliformes fecais para todos os eventos analisados na estação AC-I.

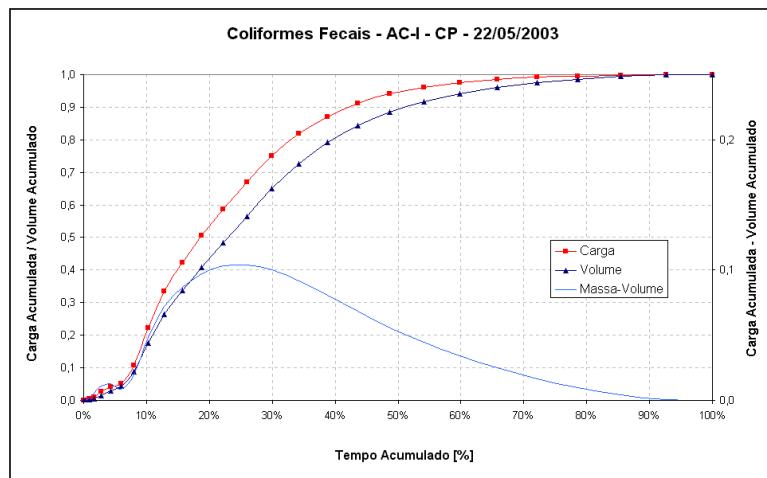


Figura 59: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-I – CP – 22/05/2003

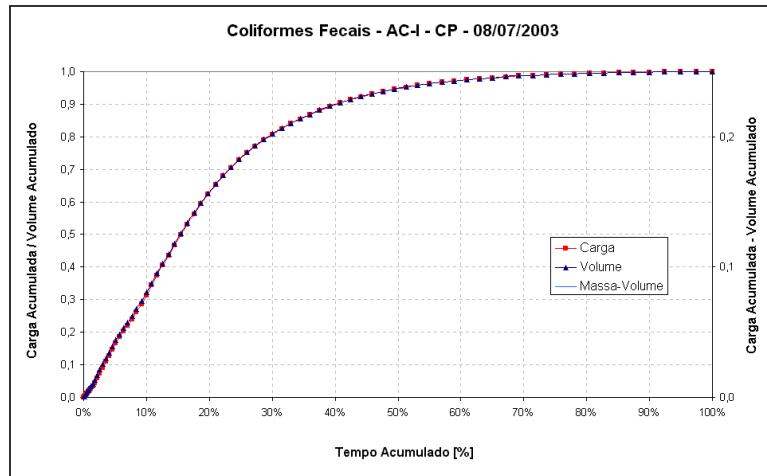


Figura 60: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-I – CP – 08/07/2003

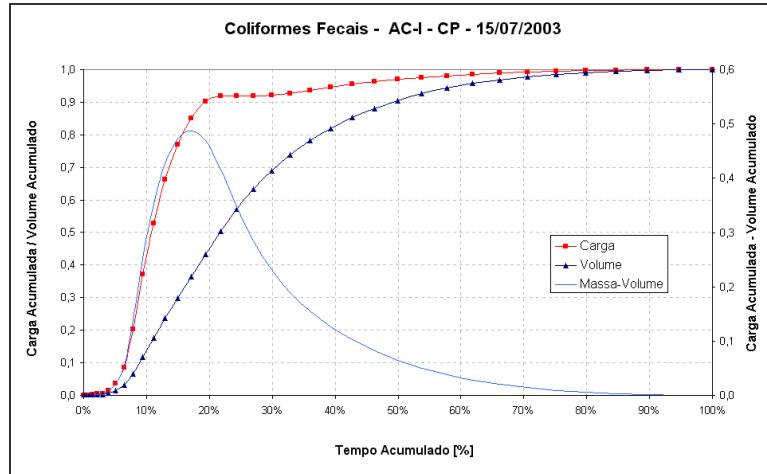


Figura 61: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-I – CP – 15/07/2003

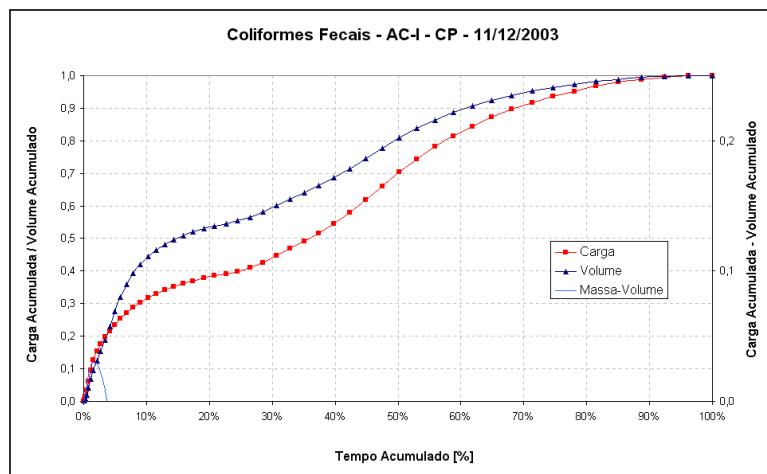


Figura 62: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-I – CP – 11/12/2003

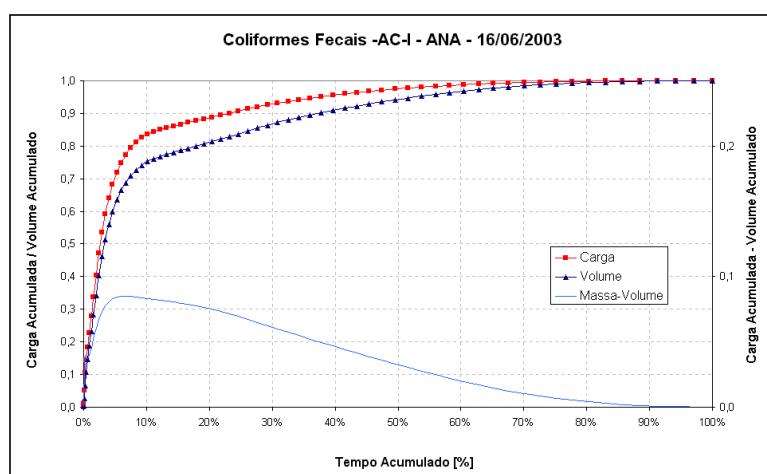


Figura 63: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-I – ANA – 16/06/2003

5.2.2.6. Condutividade – AC-I

As figuras 64 a 69 apresentam as curvas M(V) referentes ao parâmetro condutividade para todos os eventos analisados na estação AC-I.

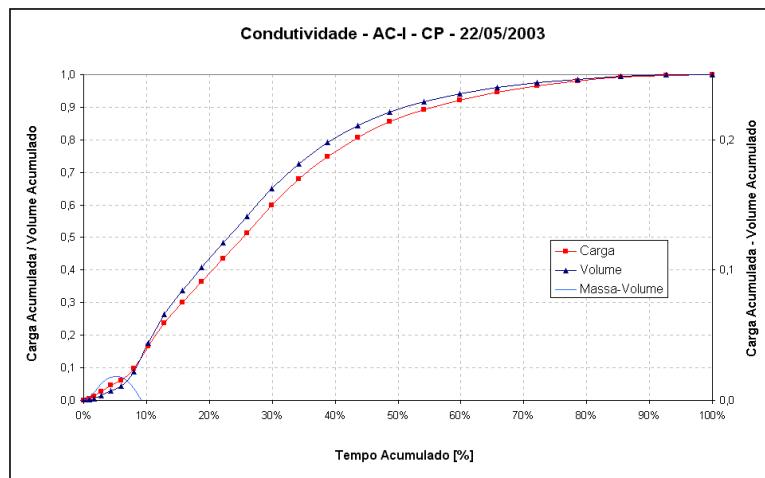


Figura 64: Método 2 – Condutividade - AC-I – CP – 22/05/2003

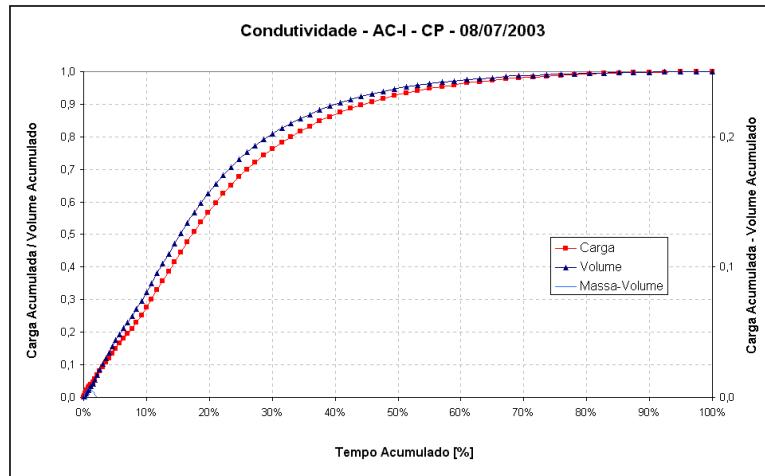


Figura 65: Método 2 – Condutividade - AC-I – CP – 08/07/2003

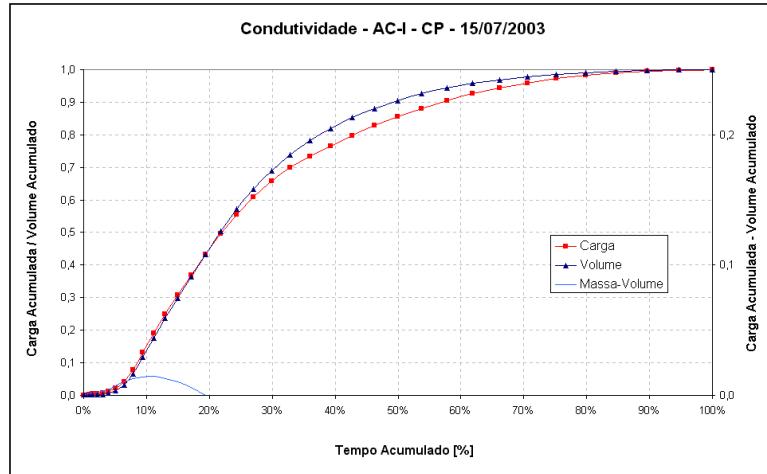


Figura 66: Método 2 – Condutividade - AC-I – CP – 15/07/2003

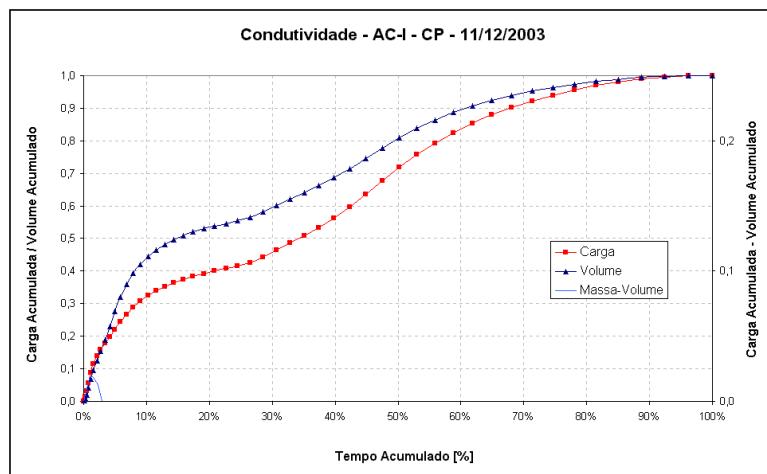


Figura 67: Método 2 – Condutividade - AC-I – CP – 11/12/2003

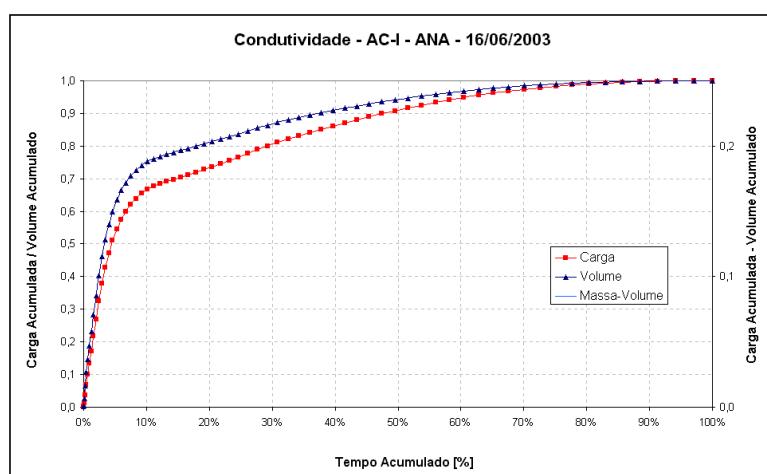


Figura 68: Método 2 – Condutividade - AC-I – ANA – 16/06/2003

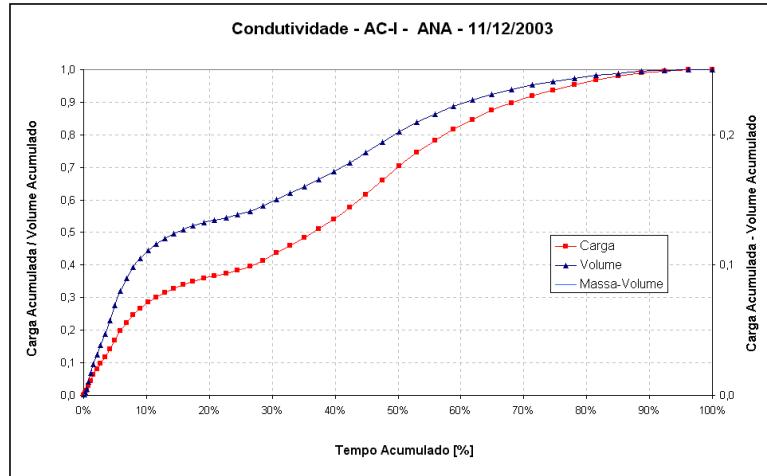


Figura 69: Método 2 – Condutividade - AC-I – ANA – 11/12/2003

5.2.2.7. pH – AC-I

As figuras 70 a 75 apresentam as curvas M(V) referentes ao parâmetro pH para todos os eventos analisados na estação AC-I.

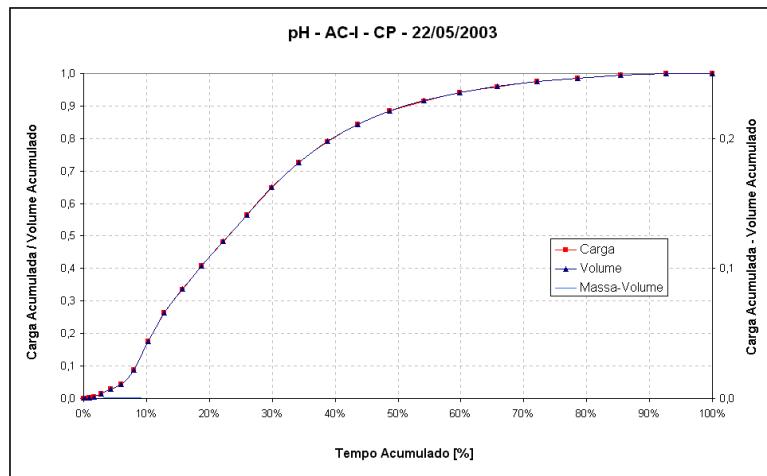


Figura 70: Método 2 – pH - AC-I – CP – 22/05/2003

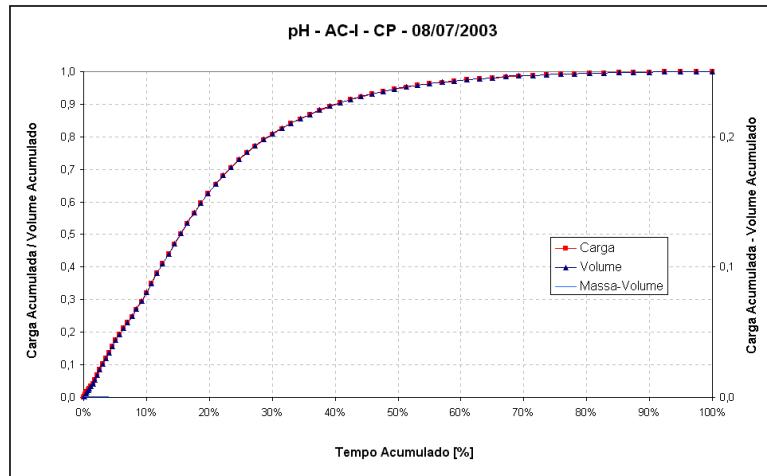


Figura 71: Método 2 – pH - AC-I – CP – 08/07/2003

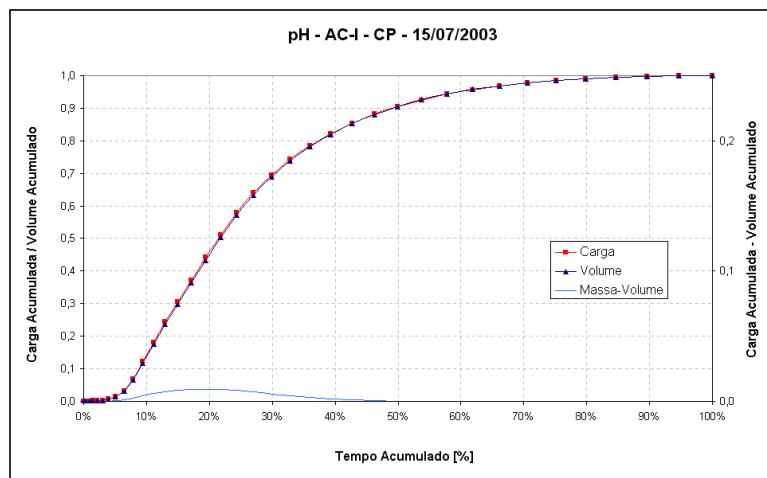


Figura 72: Método 2 – pH - AC-I – CP – 15/07/2003

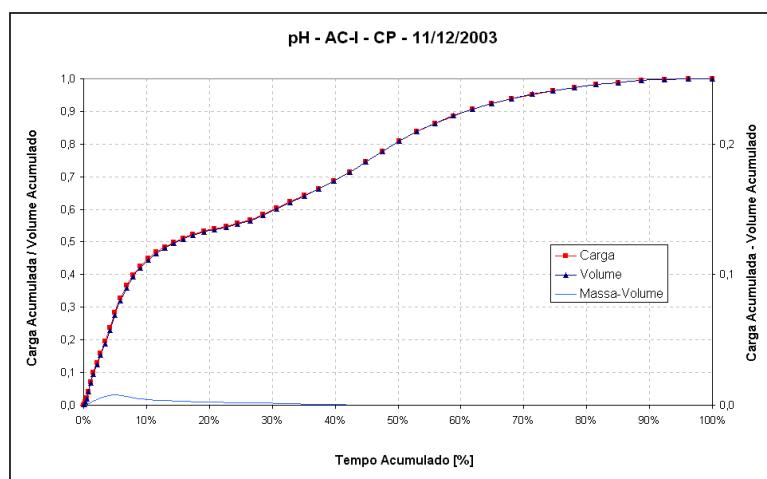


Figura 73: Método 2 – pH - AC-I – CP – 11/12/2003

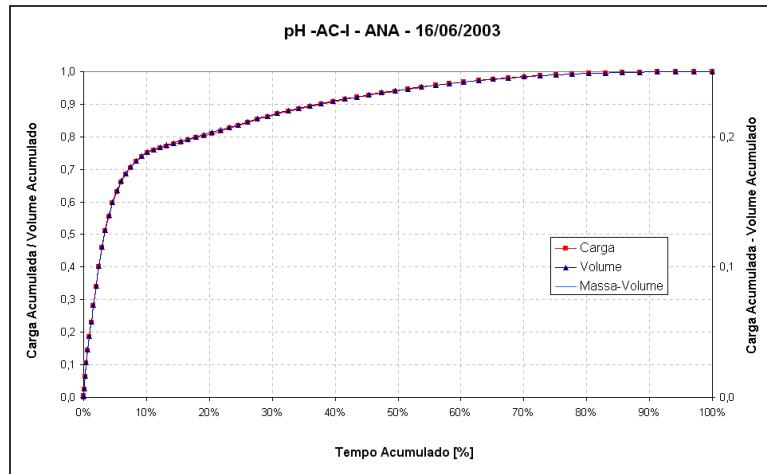


Figura 74 : Método 2 – pH - AC-I – ANA – 16/06/2003

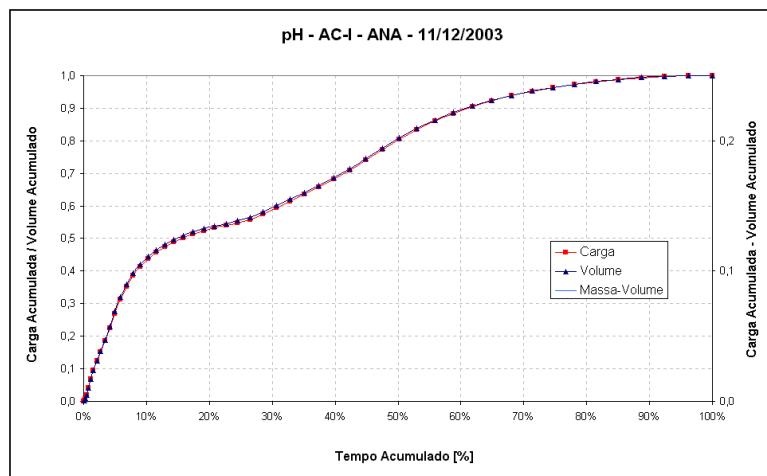


Figura 75: Método 2 – pH - AC-I – ANA – 11/12/2003

5.2.2.8. Sólidos Suspensos Totais – AC-II

As figuras 76 a 79 apresentam as curvas M(V) referentes ao parâmetro sólidos suspensos totais para todos os eventos analisados na estação AC-II.



Figura 76: Método 2 – SStot- AC-II – CP - 08/07/2003

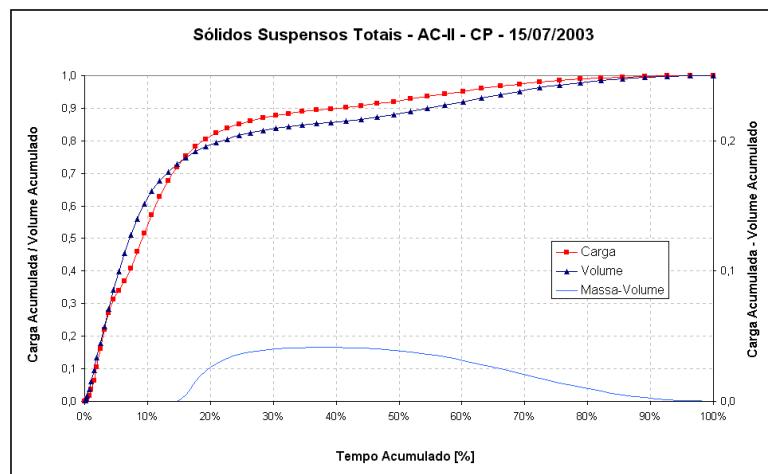


Figura 77: Método 2 – SStot- AC-II – CP - 15/07/2003

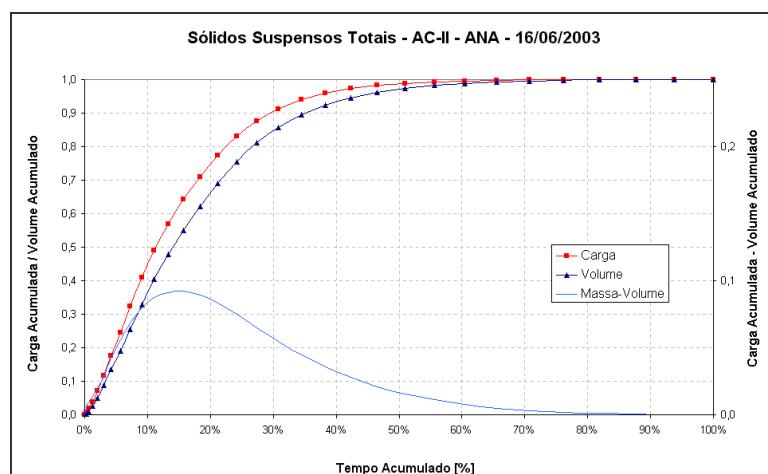


Figura 78: Método 2 – SStot- AC-II – ANA - 16/06/2003

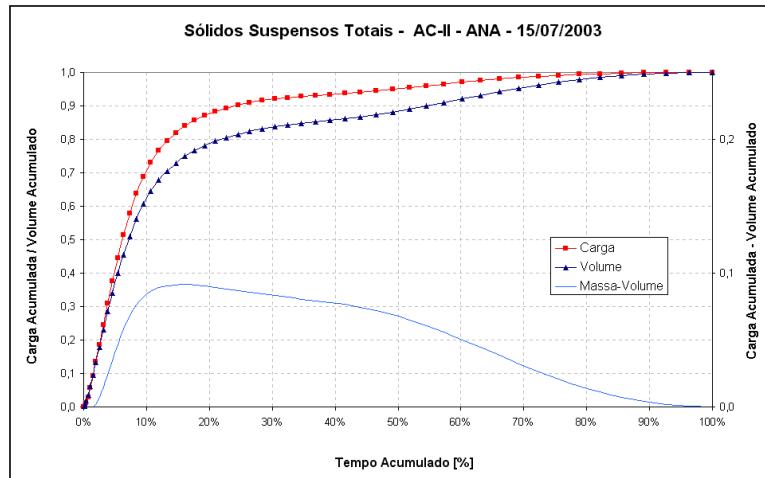


Figura 79: Método 2 – SStot- AC-II – ANA - 15/07/2003

5.2.2.9. Sólidos Suspensos Voláteis – AC-II

As figuras 80 a 83 apresentam as curvas M(V) referentes ao parâmetro sólidos suspensos voláteis para todos os eventos analisados na estação AC-II.

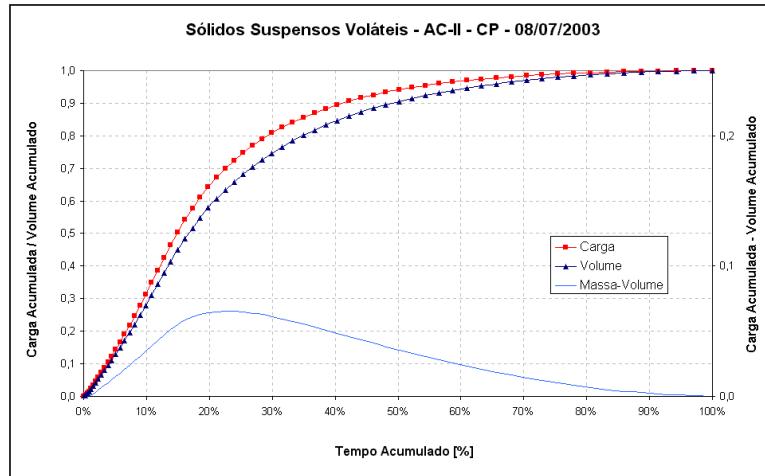


Figura 80: Método 2 – SSvol- AC-II – CP - 08/07/2003

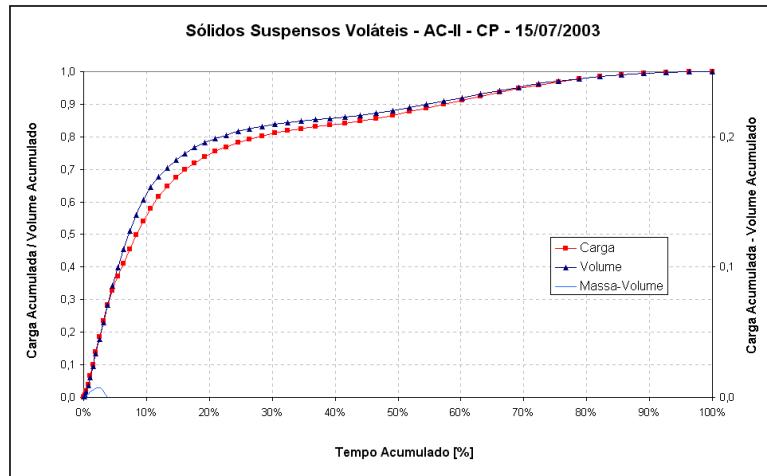


Figura 81: Método 2 – SSvol- AC-II – CP - 15/07/2003

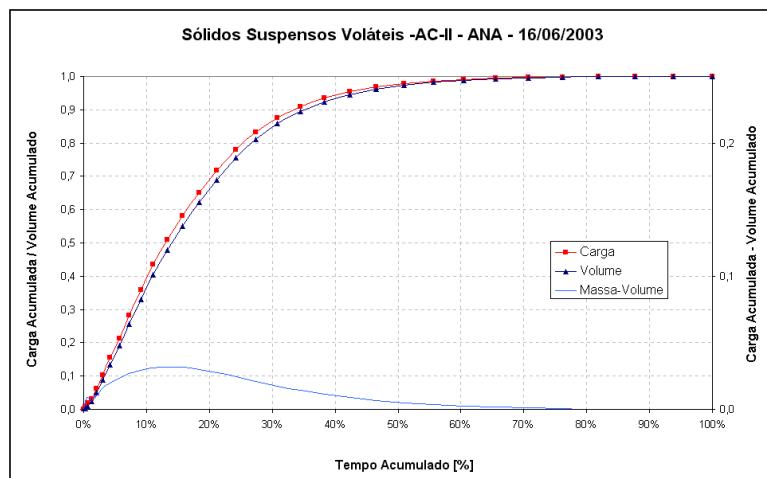


Figura 82: Método 2 – SSvol- AC-II – ANA - 16/06/2003

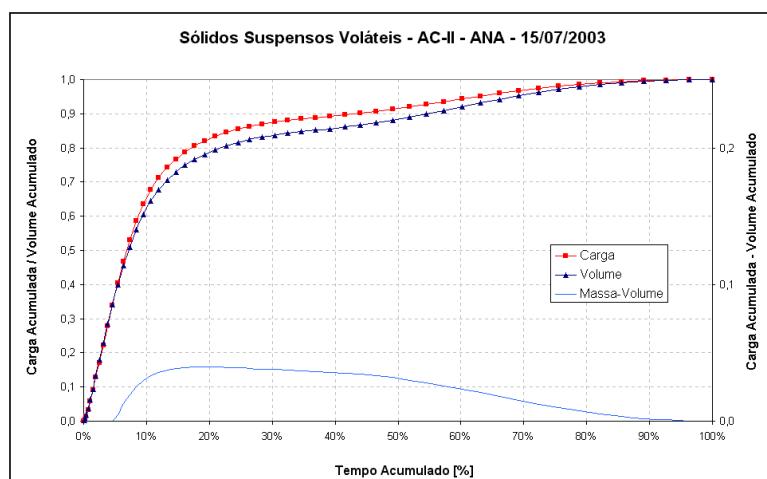


Figura 83: Método 2 – SSvol- AC-II – ANA - 15/07/2003

5.2.2.10. DBO₅ – AC-II

As figuras 84 a 88 apresentam as curvas M(V) referentes ao parâmetro demanda bioquímica de oxigênio para todos os eventos analisados na estação AC-II.

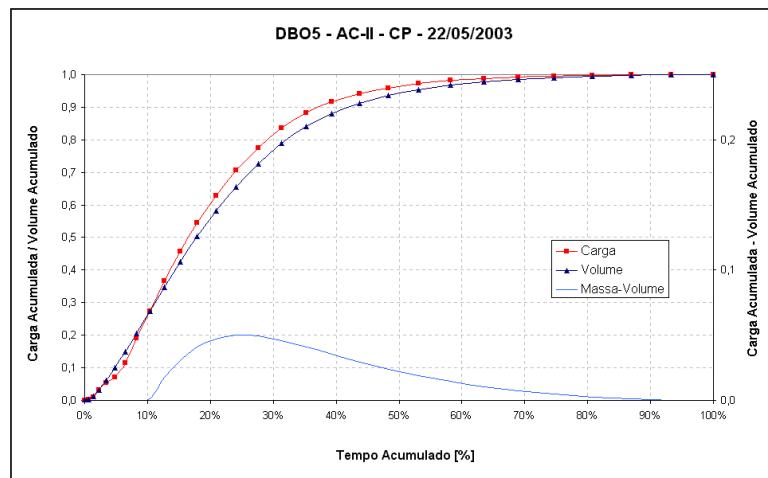


Figura 84: Método 2 – DBO₅- AC-II – CP - 22/05/2003

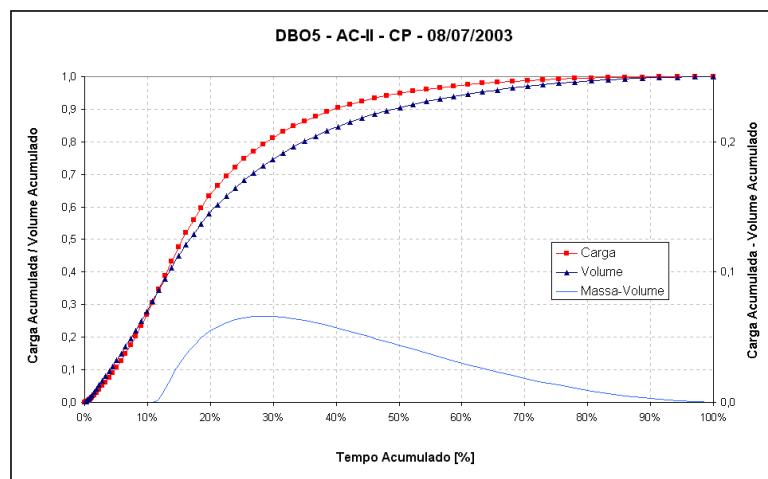


Figura 85: Método 2 – DBO₅- AC-II – CP - 08/07/2003

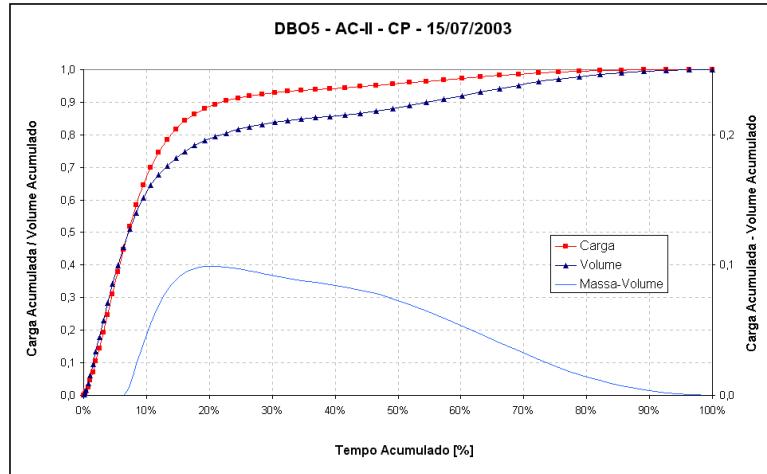


Figura 86: Método 2 – DBO₅- AC-II – CP - 15/07/2003

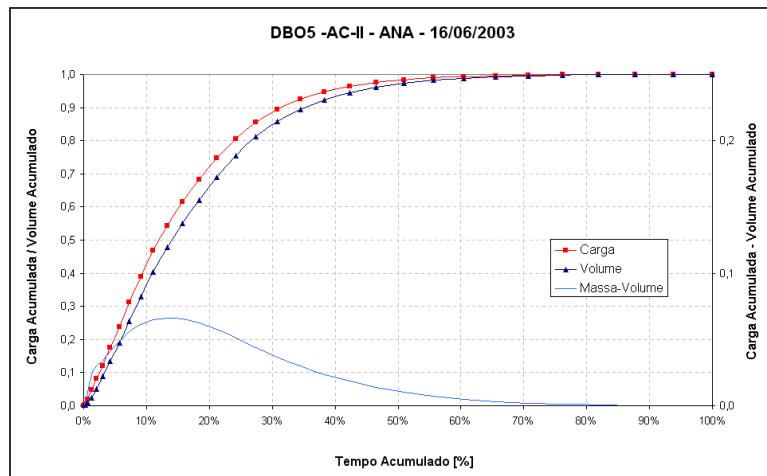


Figura 87: Método 2 – DBO₅- AC-II – ANA - 16/06/2003

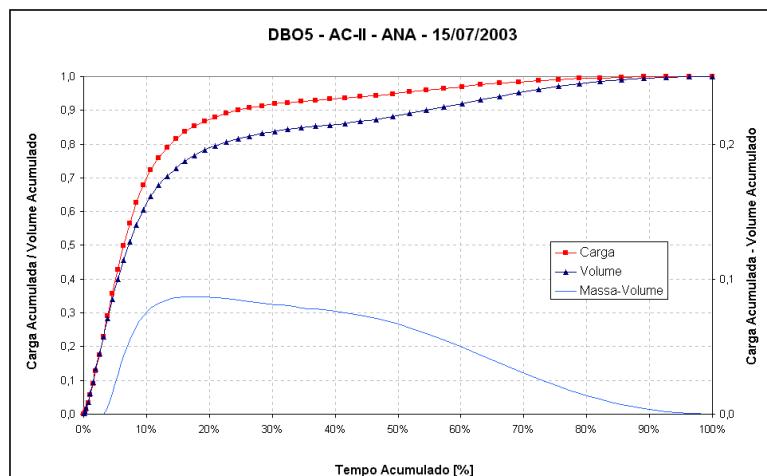


Figura 88: Método 2 – DBO₅- AC-II – ANA - 15/07/2003

5.2.2.11. Coliformes Totais – AC-II

As figuras 89 a 92 apresentam as curvas M(V) referentes ao parâmetro coliformes totais para todos os eventos analisados na estação AC-II.

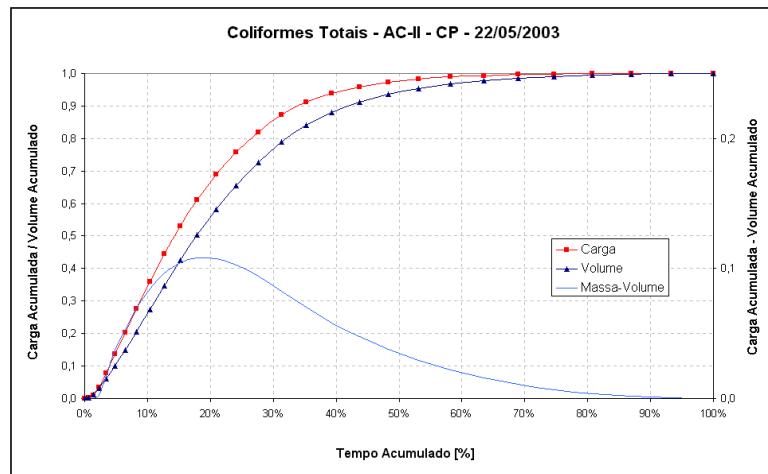


Figura 89: Método 2 – Coliformes Totais - AC-II – CP - 22/05/2003

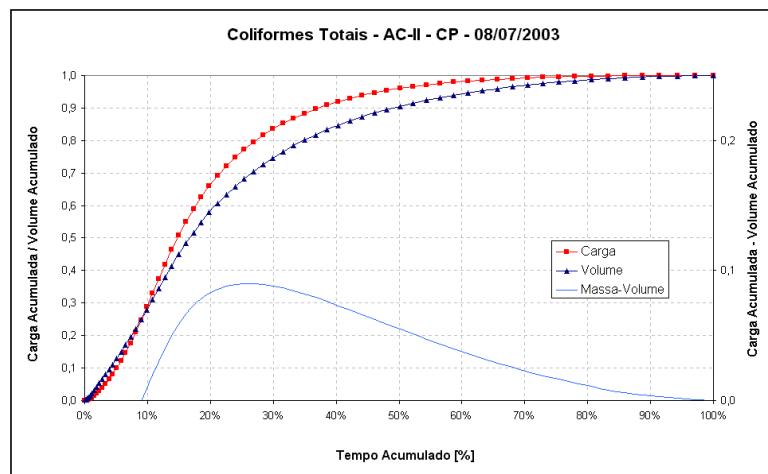


Figura 90: Método 2 – Coliformes Totais - AC-II – CP - 08/07/2003

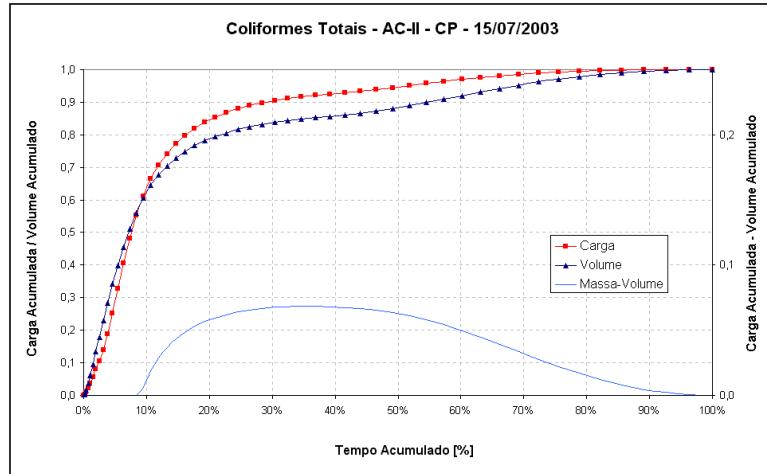


Figura 91: Método 2 – Coliformes Totais - AC-II – CP - 15/07/2003

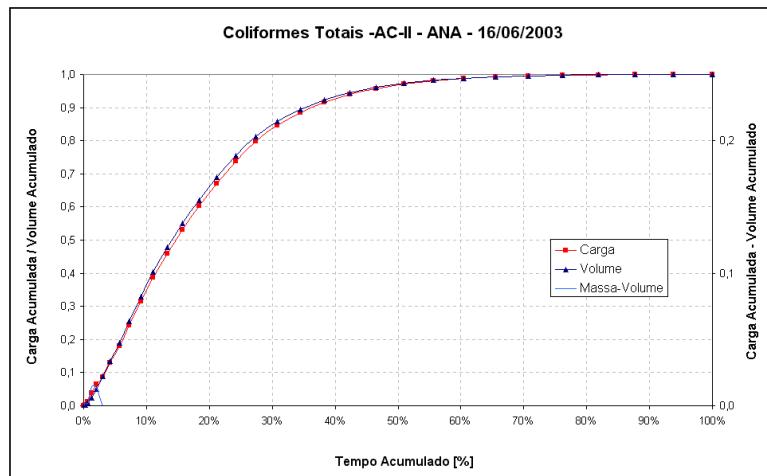


Figura 92: Método 2 – Coliformes Totais - AC-II – ANA - 16/06/2003

5.2.2.12. Coliformes Fecais – AC-II

As figuras 93 a 96 apresentam as curvas M(V) referentes ao parâmetro coliformes fecais para todos os eventos analisados na estação AC-II.

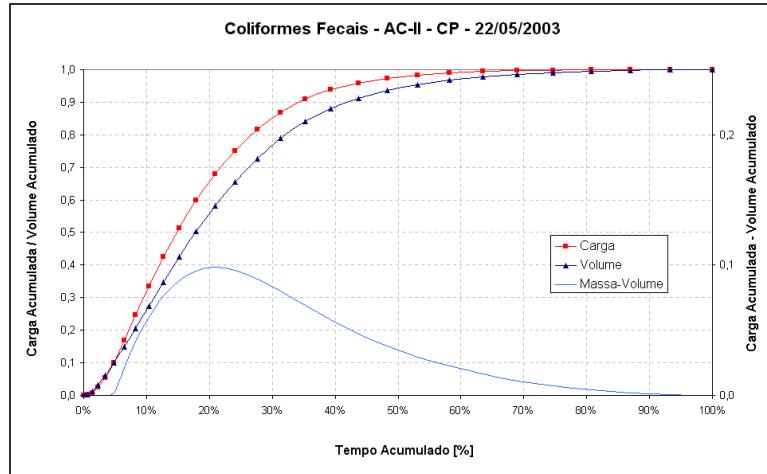


Figura 93: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-II – CP - 22/05/2003

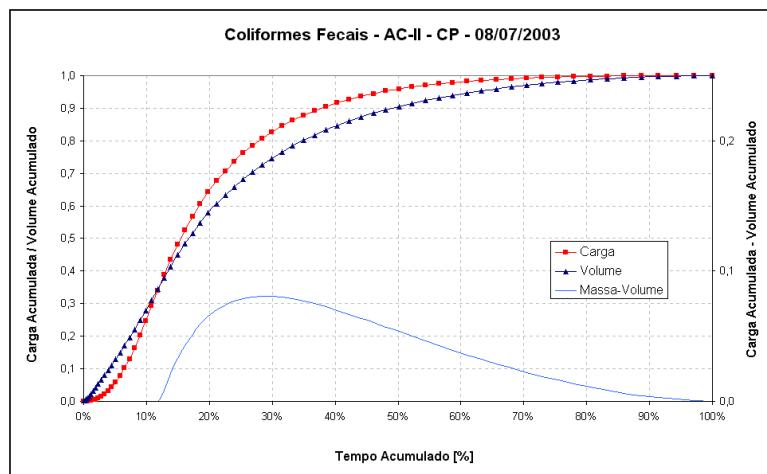


Figura 94: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-II – CP - 08/07/2003

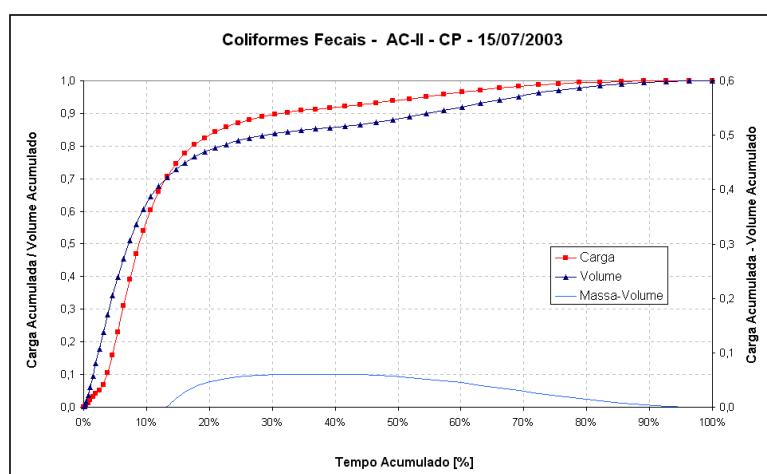


Figura 95: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-II – CP - 15/07/2003

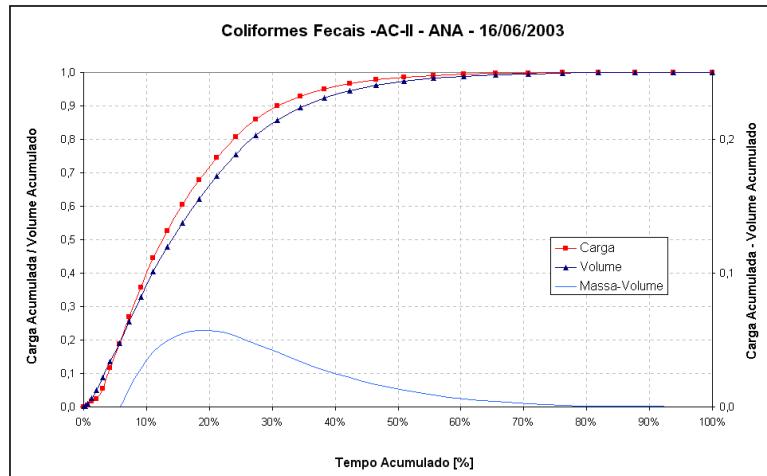


Figura 96: Método 2 – Coliformes Fecais - AC-II – ANA - 16/06/2003

5.2.2.13. Condutividade – AC-II

As figuras 97 a 101 apresentam as curvas M(V) referentes ao parâmetro condutividade para todos os eventos analisados na estação AC-II.

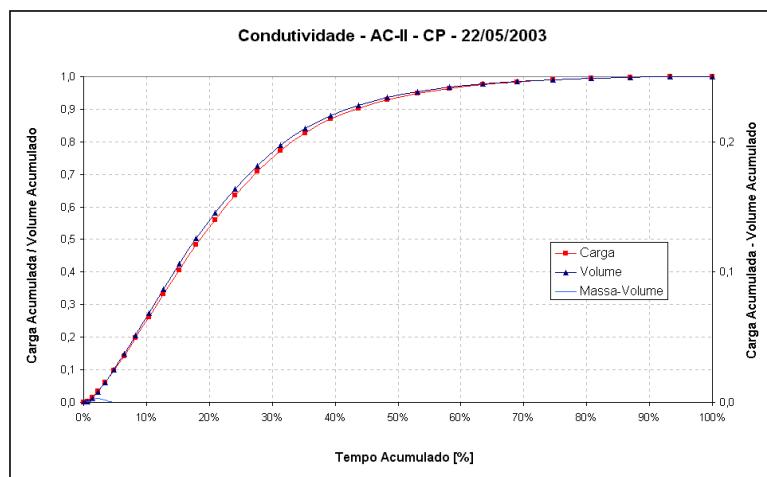


Figura 97: Método 2 – Condutividade - AC-II – CP - 22/05/2003

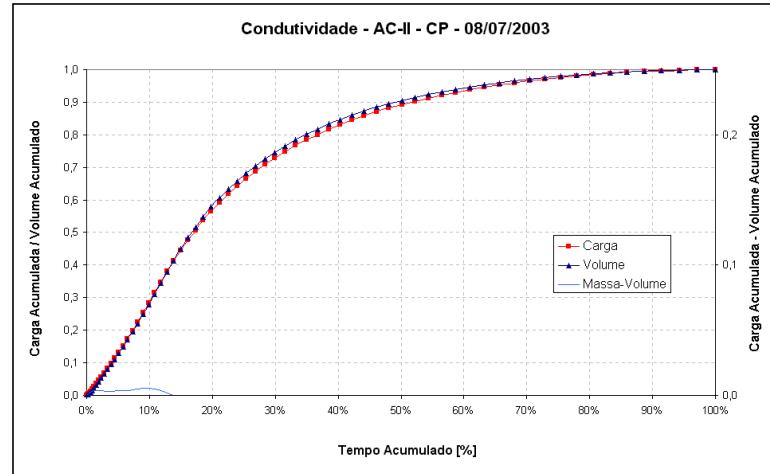


Figura 98: Método 2 – Condutividade - AC-II – CP - 08/07/2003

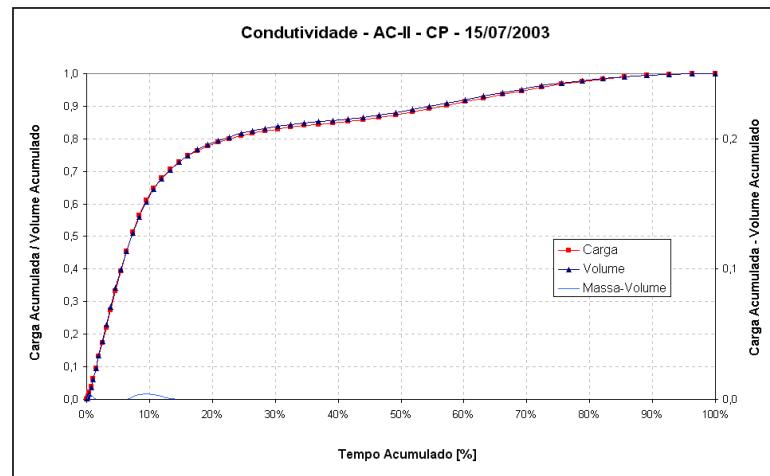


Figura 99: Método 2 – Condutividade - AC-II – CP - 15/07/2003

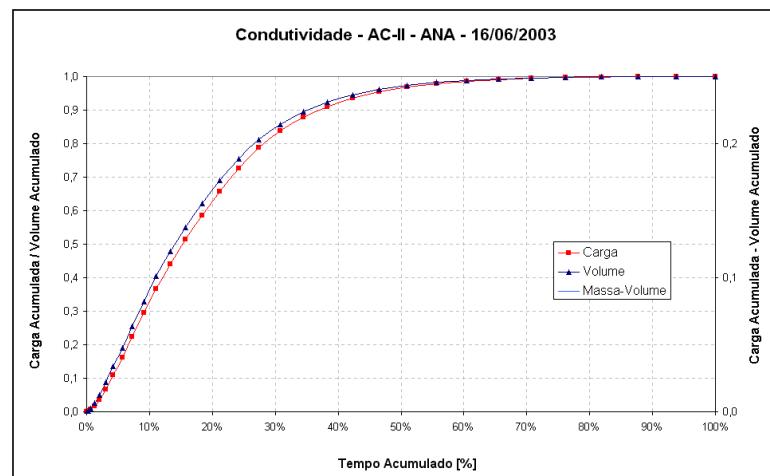


Figura 100: Método 2 – Condutividade - AC-II – ANA - 16/06/2003

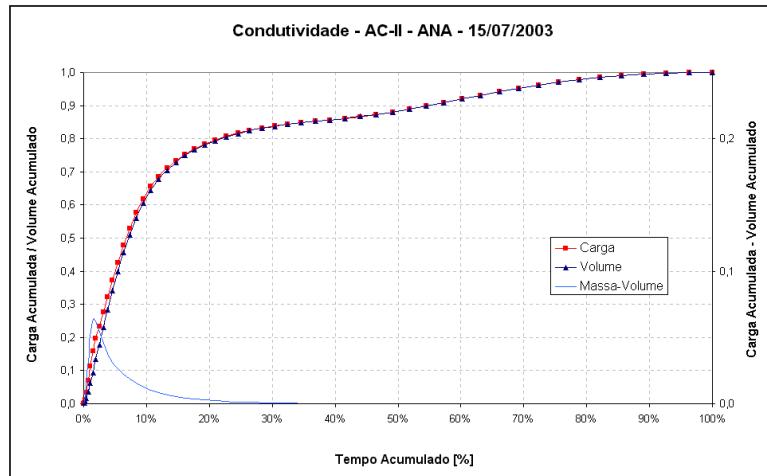


Figura 101: Método 2 – Condutividade - AC-II – ANA - 15/07/2003

5.2.2.14. pH – AC-II

As figuras 102 a 106 apresentam as curvas M(V) referentes ao parâmetro pH para todos os eventos analisados na estação AC-II.

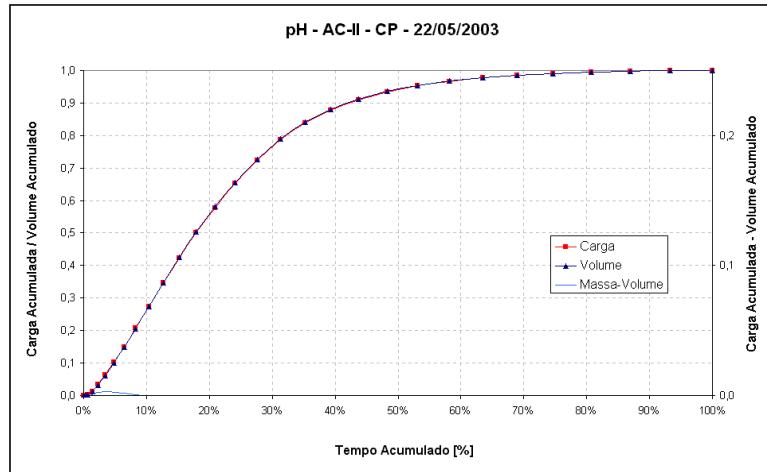


Figura 102: Método 2 – pH - AC-II – CP - 22/05/2003

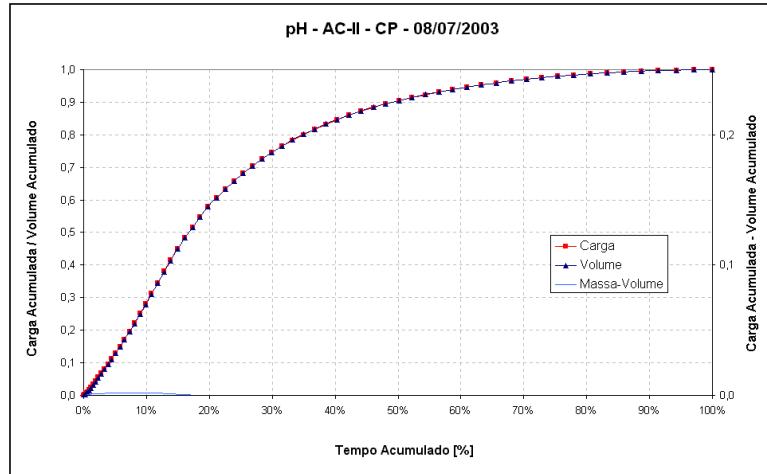


Figura 103: Método 2 – pH - AC-II – CP - 08/07/2003

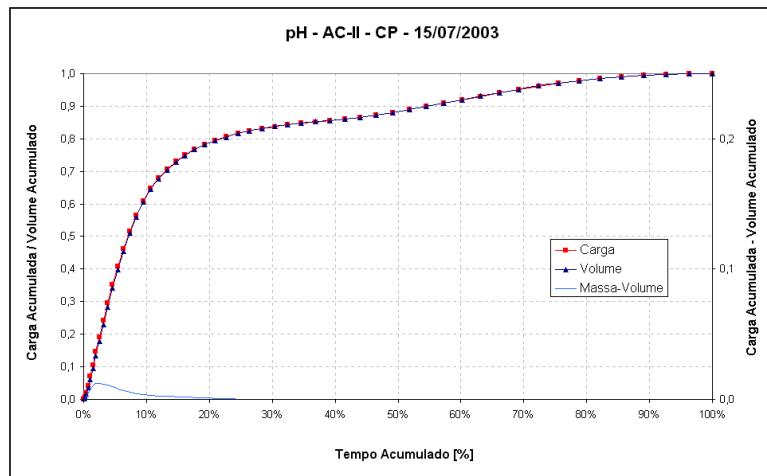


Figura 104: Método 2 – pH - AC-II – CP - 15/07/2003

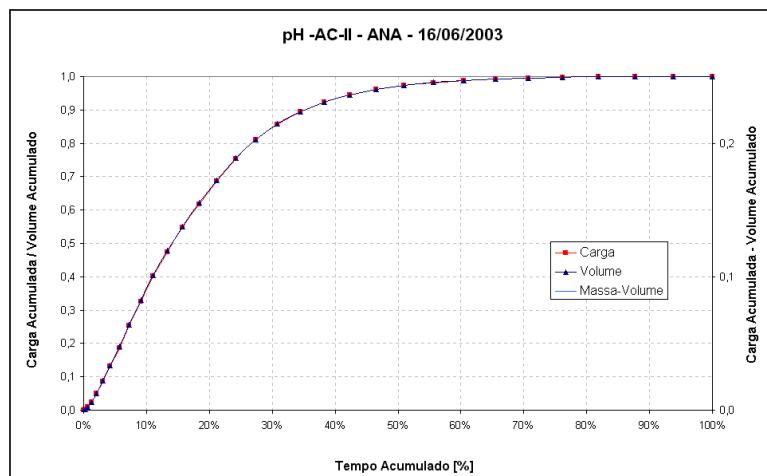


Figura 105: Método 2 – pH - AC-II – ANA - 16/06/2003

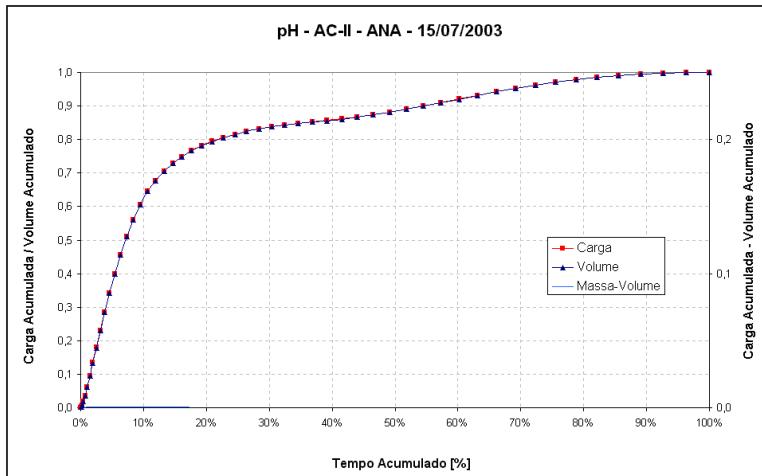


Figura 106: Método 2 – pH - AC-II – ANA - 15/07/2003

5. 2.2.15. Resultados

A tabela 11 apresenta os dados de carga de lavagem segundo a metodologia de Gupta & Saul (1996a) para os eventos analisados nas duas estações de monitoramento.

Analizando-se o efeito da carga de lavagem segundo Gupta & Saul (1996a), nota-se que os parâmetros condutividade e pH apresentaram valores muito pequenos para a diferença massa/volume que caracteriza o fenômeno para as duas estações monitoradas.

Da tabela 11, observa-se que o fenômeno da carga de lavagem é mais evidente na estação AC-I mesmo que pouco intenso.

O fenômeno foi mais significativo para sólidos suspensos totais e voláteis, coliformes fecais e totais, e DBO₅ da estação AC-I, enquanto que a estação AC-II apresentou pouca suscetibilidade em demonstrar o fenômeno para as características de qualidade da água analisadas.

Os sólidos suspensos e voláteis apresentaram valores muito próximos quando analisados dentro de cada estação, com exceção do evento do dia 11/12/2003 da estação AC-I, que apresentou uma grande variação.

Tabela 11: Carga de Lavagem segundo Gupta & Saul (1996a) para as estações AC-I e AC-II.

Método 2 - AC-I		Sstotais	Cond	CF	CT	DB05	SSVOL	PH
22/05/2003 - CP	Massa-Volume	0,11	0,02	0,10	0,11	0,04	0,10	0,00
	% tempo	25,9%	4,3%	18,8%	22,2%	22,2%	22,2%	****
08/07/2003 - CP	Massa-Volume	0,09	0,01	0,00	0,00	0,04	0,09	0,00
	% tempo	14,5%	0,3%	****	****	1,5%	15,5%	****
15/07/2003 - CP	Massa-Volume	0,12	0,01	0,49	0,24	0,08	0,13	0,01
	% tempo	24,3%	5,1%	17,1%	14,9%	14,9%	29,9%	11,1%
11/12/2003 - CP	Massa-Volume	0,11	0,02	0,03	0,48	0,03	0,12	0,01
	% tempo	37,4%	0,8%	1,1%	5,0%	3,4%	26,5%	2,7%
16/06/2003 - ANA	Massa-Volume	0,12	0,00	0,08	0,08	0,03	0,10	0,00
	% tempo	4,6%	****	3,4%	0,3%	8,3%	1,6%	****
11/12/2003 - ANA	Massa-Volume	0,46	0,00	****	****	0,00	0,36	0,00
	% tempo	3,4%	****	****	****	****	3,4%	****
Média: Massa-Volume		0,17	0,01	0,14	0,18	0,04	0,15	0,00
Média: %tempo		18,4%	2,6%	10,1%	10,6%	10,1%	16,5%	6,9%
Método 2 - AC-II		Sstotais	Cond	CF	CT	DB05	SSVOL	PH
22/05/2003 - CP	Massa-Volume		0,00	0,10	0,11	0,05		0,00
	% tempo	****	****	17,9%	17,9%	20,9%	****	****
08/07/2003 - CP	Massa-Volume	0,08	0,01	0,08	0,09	0,07	0,07	0,00
	% tempo	19,8%	9,0%	23,9%	21,1%	26,9%	21,1%	****
15/07/2003 - CP	Massa-Volume	0,04	0,00	0,06	0,07	0,10	0,01	0,01
	% tempo	24,5%	****	24,5%	26,4%	17,7%	1,5%	0,7%
16/06/2003 - ANA	Massa-Volume	0,09	0,00	0,06	0,01	0,07	0,03	0,00
	% tempo	11,1%	****	18,3%	1,2%	13,3%	7,3%	****
15/07/2003 - ANA	Massa-Volume	0,09	0,06			0,09	0,04	0,00
	% tempo	10,7%	1,5%	****	****	14,7%	11,9%	****
Média: Massa-Volume		0,08	0,02	0,07	0,07	0,07	0,04	0,00
Média: %tempo		16,5%	5,2%	21,2%	16,7%	18,7%	10,5%	0,7%

Tabela 12: Percentagem de tempo do evento correspondente a 20% do volume do evento nas estações AC-I e AC-II.

Data do Evento	Percentagem de tempo do evento correspondente a 20% do volume do evento	
	AC-I	AC-II
22/05/03	11.0%	8.1%
16/06/03	1.0%	5.9%
08/07/03	5.9%	7.5%
15/07/03	11.8%	2.8%
11/12/03	3.6%	****

Analizando-se os dados referentes ao cálculo da carga de lavagem mostrados nas tabelas 10 e 11 através das metodologias de Deletic (1998) e Gupta & Saul (1996a) respectivamente, verifica-se que a Bacia Hidrográfica Alto da Colina não é suscetível a demonstrar o fenômeno investigado. As curvas M(V) calculadas para os eventos analisados, permitem visualizar a proximidade dos dados de carga poluente junto ao

bissetor, o que implica em um equilíbrio entre os poluentes carreados pelo escoamento superficial e o seu volume.

Os dados da tabela 11 quando comparados aos da tabela 12, demonstram que o fenômeno da carga de lavagem, quando este existe, ocorre mais freqüentemente em valores superiores a 20% do volume do evento nas duas estações estudadas. Assim, o fenômeno da carga de lavagem segundo Gupta e Saul (1996a) ocorreria em volumes superiores a 20% como sugere a metodologia de Deletic (1998).

A tabela 13 apresenta as concentrações médias dos eventos analisados e características destes para as estações AC-I e AC-II.

Tabela 13: Concentrações médias e características dos eventos.

Dia	Concentração Média do Evento - AC-I						
	SStot (mg/L)	Cond (MS/cm)	CF (NMP/100mL)	CT (NMP/100mL)	DBO5 (mg/L)	SSvol (mg/L)	PH
22/05/2003 - CP	749.8	114.0	3.24E+06	1.11E+07	16.0	103.7	6.91
08/07/2003 - CP	518.8	79.9	2.68E+06	2.18E+07	8.0	126.4	6.77
15/07/2003 - CP	223.3	74.0	7.91E+05	6.35E+06	12.0	51.4	6.60
11/12/2003 - CP	952.0	80.8	2.63E+05	8.10E+05	19.8	98.4	6.64
16/06/2003 - ANA	1358.9	80.6	4.51E+05	1.78E+06	15.5	134.3	6.87
11/12/2003 - ANA	1145.5	77.6	****	****	14.2	53.2	6.51
Concentração Média do Evento - AC-II							
Dia	SStot (mg/L)	Cond (MS/cm)	CF (NMP/100mL)	CT (NMP/100mL)	DBO5 (mg/L)	SSvol (mg/L)	PH
22/05/2003 - CP	****	75.7	2.14E+04	2.45E+05	6.1	****	6.70
08/07/2003 - CP	264.7	55.3	7.97E+04	6.41E+05	4.2	79.5	6.71
15/07/2003 - CP	112.4	58.9	2.27E+04	1.09E+06	5.9	32.0	6.63
16/06/2003 - ANA	346.2	47.0	1.08E+04	3.23E+04	5.3	43.2	6.73
15/07/2003 - ANA	238.3	66.4	****	****	5.4	53.2	6.84
Dia	Qmax (m ³ /s)		Precip. Efetiva (mm)		PTSA (Dia)		
	AC-I	AC-II	AC-I	AC-II			
22/5/2003	1.001	1.818	8.9	9.7	21		
16/6/2003	4.798	2.975	24.4	16.3	5		
8/7/2003	1.318	0.415	12.8	4.8	3		
15/7/2003	0.785	0.487	3.3	3.5	7		
11/12/2003	6.035	****	41.5	****	3		

Analizando-se a tabela 13, verifica-se que os eventos de maiores precipitações e vazões resultaram em CME de sólidos suspensos mais

elevadas nas duas estações. As CME de DBO₅ confirmaram a maior contaminação orgânica da estação AC-I, embora os valores não se afastem muito da concentração média de tempo seco de 13,8 mg/L; a estação AC-II também apresentou CME de DBO₅ próximas a concentração média de tempo seco de 2,4 mg/L. As CME de coliformes fecais e totais mantiveram-se altas, por vezes próximas as concentrações de tempo seco nas duas estações. O período de tempo seco antecedente sugere ter maior influência somente para as concentrações iniciais do evento, não exercendo influência direta na ocorrência do fenômeno da carga de lavagem e nem na CME.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho teve por objetivo principal analisar a evidência da existência e a natureza da carga de lavagem gerada pelo escoamento superficial na Bacia Hidrográfica Alto da Colina, Santa Maria – RS. Aplicou-se duas metodologias para avaliação do fenômeno da carga de lavagem baseadas na construção de curvas adimensionais de massa poluente e volume escoado.

Foram realizadas coletas de amostras de água em tempo seco, ausência de chuva, e em tempo úmido, ocorrência de chuva em duas estações de amostragem da Bacia. As estações apresentavam características distintas, sendo a estação AC-II predominantemente rural e a estação AC-I de características urbanas. As características de qualidade da água avaliadas foram: sólidos suspensos, condutividade elétrica, pH, DBO₅, OD, coliformes totais e fecais e temperatura da água.

As coletas de água em tempo seco permitiram avaliar os níveis de poluição do fluxo de base do corpo d'água. Os dados demonstraram que as águas da estação AC-I apresentam níveis de poluição superiores aos da estação AC-II, principalmente em termos de poluição orgânica e bacteriológica. Os níveis de demanda bioquímica de oxigênio da estação AC-I (3,5 a 21,6 mg/L) apresentaram-se sempre superiores aos da estação AC-II (0,5 a 3,8 mg/L). As contagens de coliformes totais e fecais apresentaram grandes variações dentro de cada estação, durante as campanhas de coleta, no entanto, os maiores valores, normalmente, pertenceram à estação AC-I, que apresentou um valor máximo de $2,78 \times 10^6$ organismos/100mL e na estação AC-II o máximo foi de $3,28 \times 10^5$ organismos/100mL. Das características físicas avaliadas, apenas a condutividade elétrica apresentou uma diferença marcante entre as duas estações, sendo mais elevado na estação AC-I. O sistema combinado de esgoto do loteamento Alto da Colina e a disposição inadequada do lixo produzido pelos moradores, que ocupam as margens do córrego,

constituem-se nos principais fatores que contribuem para a degradação da qualidade da água.

Avaliou-se a qualidade do escoamento superficial gerado por eventos de precipitação através de coletas superficiais e pelo uso de amostradores de nível ascendente. Analisando-se os dados referentes a estação AC-II, constatou-se que o escoamento superficial contribuía para o incremento dos níveis de poluição devido a lavagem do solo, aumentando as características de qualidade da água sólidos suspensos e resultando no conseqüente aumento dos níveis da poluição orgânica avaliada em termos de DBO₅ e da poluição bacteriológica. A estação AC-I apresentou as maiores concentrações poluentes, notadamente no início do escoamento superficial, devido à lavagem do sistema de esgoto combinado, onde a DBO₅ e os coliformes totais e fecais apresentaram os maiores valores.

As curvas M(V) utilizadas no cálculo da carga de lavagem demonstraram que os parâmetros pH, condutividade elétrica e temperatura d'água são pouco suscetíveis ao fenômeno da carga de lavagem em ambas as estações monitoradas. A condutividade elétrica apresentou um decaimento muito rápido durante a subida do nível d'água e o pH uma variação muito pequena durante todo o evento de precipitação, fatores que influenciaram para os baixos valores de carga de lavagem.

O efeito da carga de lavagem demonstrou ser mais evidente para as características de qualidade da água: sólidos suspensos, DBO₅ e coliformes totais e fecais. A estação AC-I apresentou os maiores valores para o fenômeno, devido principalmente à lavagem do sistema de esgoto combinado a montante. A intensidade do fenômeno foi considerada fraca e a Bacia Hidrográfica Alto da Colina pouco suscetível ao fenômeno. Comparando-se as duas metodologias de cálculo da carga de lavagem constata-se que ambas apresentaram valores pequenos para o fenômeno, mas diferentes quanto ao período de ocorrência do mesmo. Enquanto a metodologia de Deletic (1998) sugere a existência do

fenômeno, quando mais de 20% da carga poluente total é transportada em 20% do escoamento total; a metodologia de Gupta & Saul (1996a) demonstra a ocorrência do fenômeno em uma percentagem de tempo, que engloba mais de 20% do escoamento total do evento para todos os eventos analisados.

O período de tempo seco antecedente demonstrou ser a variável mais influente para o aumento das concentrações iniciais do escoamento superficial na estação AC-I, notadamente em termos de DBO₅ e coliformes totais e fecais. Enquanto que as maiores precipitações e vazões, sugerem maiores concentrações de sólidos suspensos transportados pelo escoamento superficial gerado em ambas as estações. As CME com exceção do parâmetro sólidos suspensos, aproximaram-se das concentrações de tempo seco.

As atividades de agricultura desenvolvidas na área, o crescimento populacional, responsável pela ocupação de áreas marginais, e o despejo de esgoto no corpo receptor da Bacia Hidrográfica Alto da Colina constituem-se nos principais responsáveis pela degradação da qualidade de suas águas.

Recomenda-se, para estudos posteriores a realização de coletas de água para análise de pesticidas e nutrientes, uma vez que grande parte da área estudada destina-se a agricultura, e a quantidade de material sólido carreado para o corpo receptor aumenta significativamente, quando o solo é preparado para o plantio. Recomenda-se também, a conscientização da população ribeirinha com respeito à disposição adequada do lixo doméstico produzido por ela, que por muitas vezes é jogado no recurso hídrico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the Examination of water and Wastewater.** 20^a ed., Public Health Association Inc., New York, 1998.

AZOLIN, Miguel A.D. & Mutti, Luiz S.M. **Relatório Técnico: Solos da bacia hidrográfica do Vacacaí-Mirim.** Porto Alegre: Acordo DNOS-UFSM, 1987-1988, 20f., (Não publicado).

BERTRAND-KRAJEWSKI, J.; CHEBBO, G. & SAGET, A. **Distribution of Pollutant Mass vs Volume in Stormwater Discharges and the First Flush Phenomenon.** Water Resource. v. 32, n. 8, p. 2341-2356, 1998.

BRANCO, S.M. **Aspectos institucionais e legais do controle da poluição.** In: PORTO, R. L. L. (org.) Hidrologia Ambiental. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 349-373. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 3). 1991.

BRANCO, S.M. **Poluição: a morte de nosso rios.** 2^a ed., São Paulo: ASCETESB, 1983. 166 p.

BURIAN, Steven J.; STREIT, Gerald E.; McPHERSON, Timothy N.; BROWN, Michael J.; TURIN, H. J. **Modeling the atmospheric deposition and stormwater washoff of nitrogen compounds.** Environmental modeling & Software. V 16, p. 467-479, 2001.

CARVALHO, K.S. **Monitoramento e caracterização hidrossedimentométrica de uma pequena bacia hidrográfica periurbana.** 2003. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Departamento de Hidráulica e Saneamento – HDS – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

CARVALHO, Newton de Oliveira. **Hidrossedimentologia prática.** Rio de Janeiro: CPRM, 372 p., 1994.

CARVALHO, Newton de Oliveira; FILIZOLA Jr, Naziano P.; SANTOS, Paulo Marcos C. dos; et alii. **Guia de práticas sedimentométricas.** Brasília: ANEEL, 154 p., 2000.

CHAPMAN, D. **Water quality assessments:** a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. Edited by Deborah Chapman, London: E & FN Spon , 2nd ed. 626 p, 1998.

COSTA JUNIOR, L.L. da & BARBASSA, A.P. **Caracterização da ocupação e impermeabilização do solo de sub-bacias hidrográficas da cidade de Jaboticabal - SP.** In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba: ABRH, p.1-17, 2003.

DELETIC, A. **The First Flush Load of Urban Surface Runoff.** Water Resource. v. 32, n. 8, p. 2462-2470, 1998.

DE LUCA, S.J.; MILANO, L..B.; IDE, C.N. **Rain and Urban Stormwater Quality.** Water Science and Technology, Vol. 23, Kyoto, pp. 133-140, 1991.

ELLIS, B. **Urban Runoff Quality In The UK: Problems, Prospects And Procedures.** Journal Applied Geography, Vol II, 187-200, 1991

ELLIS, J.B., HAMILTON, R. , ROBERTS, A.H. **Sedimentary characteristics of Suspensions In London Stormwater.** Journal Sedimentary Geology, Vol. 33, p.p. 147-154, 1982.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília : Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro : Embrapa Solos, 412p., 1999.

EPA. **Preliminary Data Summary of Urban Storm Water Best Management Practices**. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, EPA-821-R-99-012. 1999.

EPA. **National Management Measures to Control Nonpoint Source Pollution from Agriculture**. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water. 2000.

FÖRSTER, J. **Patterns of roof runoff contamination and their potential implications on practice and regulation of treatment and local infiltration**. Water Science and Technology, v. 33, n. 6, p. 39-48, 1996.

FÖRSTER, J. **Variability of roof runoff quality**. Water Science and Technology, Vol. 39, N° 5, pp. 137-144, 1999.

GOMES, L.A. & CHAUDHRY, F.H. **Aspectos Qualitativos das Águas Pluviais Urbanas**. In: 11º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Fortaleza, 1981.

GUPTA, K. & SAUL, A.J. **Specific Relationships for the First Flush Load in Combined Sewer Flows**. Water Resource. v. 30, p. 1244-1252, 1996a.

GUPTA, K. & SAUL, A. J. **Suspended solids in combined sewer flows**. Water Science and Technology, Vol. 33, N° 9, pp. 93-99, 1996b.

HOLT, M.S. **Sources of Chemical Contaminants and Routes into the Freshwater Environment.** Food and Chemical Toxicology. n. 38, p. S21-S27, 2000.

KANWAR, R.S. **Nonpoint sources of water contamination and their impacts on sustainability.** Freshwater contamination : proceedings. Wallingford: International Association of Hydrological Sciences, 1997. 391 p.

IDE, C.N. **Qualidade da drenagem pluvial urbana.** 1984. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 1984.

LARSEN, T., BROCH, K. and ANDERSEN, M. **First flush effects in a urban catchment area in Aalborg.** Water Science and Technology, Vol. 37, Nº 1, pp. 251-257, 1998.

LEAL, M. S. **Gestão ambiental de recursos hídricos por bacias hidrográficas: sugestões para o modelo brasileiro.** 1997. 272 f. Dissertação (Mestre em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997.

LEE, J. H.; BANG, K. W.; KETCHUM, L.H.; CHOE, J.S.; YU, M.J. **First flush analysis of urban storm runoff.** The science of the total environmental, pp. 163-175, 2002.

MACÊDO, J.B. de. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas & microbiológicas.** Águas & Águas. Juiz de Fora – MG, 2001.

MATOS, J.S.; DAVID, L.M. & PAVÃO, L. **Qualidade de Escorrências Pluviais em Zonas Urbanas e Impacte em Meios Receptores.** In: VIII

SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. João Pessoa: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. II, p. 334-348, 1998.

MEISTER, J.F. & KEFER, Sally. **Stormwater quality from an urbanizing watershed.** Urban stormwater hydraulics and hydrology: proceedings of the Second International Conference on Urban Storm Drainage, Littleton, Colo.: Water Resources Publications, 1982.

MELLER, A. **Simulação Hidrodinâmica Integrada de Sistema de Drenagem em Santa Maria - RS.** 2004. 200f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Departamento de Hidráulica e Saneamento – HDS – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

MELLER, A. & PAIVA, E.M.C.D. **Modelagem de sistema de microdrenagem utilizando o software MOUSE.** In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba: ABRH, p.1-19, 2003.

MELLER, A.; PARANHOS, R.M.; PAIVA, E.M.C.D.; PAIVA, J.B.D. **Parâmetros de calibração do modelo IPH II na bacia hidrográfica do Vacacaí Mirim.** Encaminhado para publicação na Revista Brasileira de Recursos Hídricos, p. 1-10, 2003.

MOTA, S. **Urbanização e meio ambiente.** Rio de janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 352p., 1999.

NOVOTNY, V. **Diffuse pollution from agriculture – a worldwide outlook.** Water Science and Technology, Vol. 39, N° 3, pp. 1-13, 1999.

PAIVA, J.B.D. **Padrão das Precipitações em Santa Maria-RS.** In: XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos ES, Vitória. 1997.

PAIVA, E.M.C.D.; PAIVA, J.B.D.; COSTAS, M.F.T. & SANTOS, F.A. **Concentração de Sedimentos em Suspensão em uma Pequena Bacia Hidrográfica em Urbanização.** In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, João Pessoa, 2001.

PORTO, M.F.A.; BRANCO, S.M.; DE LUCA, S.J. **Caracterização da qualidade da água.** In: PORTO, R. L. L. (org.) Hidrologia Ambiental. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, p. 27-66. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 3). 1991.

PORTO, M.F.A. **Aspectos Qualitativos do Escoamento Superficial em Áreas Urbanas.** In: BRAGA, B.; TUCCI,C.E.M.; TOZZI,M. Drenagem Urbana: gerenciamento, simulação, controle. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1998, p.387-428.

PORTO, M.F.A. & MASINI, L.S. **Avaliação Preliminar na Carga Difusa na Bacia do Rio Cabuçu de Baixo.** In: I SEMINÁRIO DE DRENAGEM URBANA DO MERCOSUL, Porto Alegre, 2001.

RAMPELOTTO, G., PAIVA, E.M.C.D., MELLER, A. **Monitoramento da bacia hidrográfica Alto da Colina.** In: I SEMINÁRIO DE DRENAGEM URBANA DO MERCOSUL, V SEMINÁRIO NACIONAL DE DRENAGEM URBANA, 2001, Porto Alegre. Soluções para a Drenagem Urbana em Países da América Latina. Porto Alegre: ABRH, v.1, p.161 – 166, 2001.

REETZ, E.F. **Avaliação quali-quantitativa dos recursos hídricos superficiais na bacia hidrográfica do campus da Universidade Federal de Santa Maria.** 2002. 129f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) –

Departamento de Hidráulica e Saneamento – HDS – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2002.

SEKHAR, M.C. & RAJ, P.A. **Landuse – water quality modelling: a case of study.** Water Science and Technology, Vol. 31, Nº 8, pp. 383-386, 1995.

TUCCI, C.E.M. **Modelos Hidrológicos.** Porto Alegre: Editora da Universidade: UFRGS: ABRH, 1998. p. 537-656. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos; v. 4).

TUCCI, C.E.M. **A necessidade de planejamento da drenagem urbana.** In: TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. da M. (Orgs.). Avaliação e controle da drenagem urbana. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. p. 499-501.

TUCCI, C.E.M.; BERTONI, J.C. **Inundações urbanas na América do Sul.** Porto Alegre. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

VON SPERLING, E. **Poluição de ambientes aquáticos: tendências futuras para os países latino-americanos.** In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27., 2000. Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: ABES, 4 p. (CD-ROM). 2000.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2^a ed., Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 243 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v. 1). 1996.

WEEKS, C. R. **Pollution in urban stormwater runoff.** Urban stormwater hydraulics and hydrology: proceedings of the Second International

Conference on Urban Storm Drainage, Littleton, Colo.: Water Resources Publications, 1982.

WU, J.S.; ALLAN, C.J.; SAUNDERS, W.L. et alii. **Characterization and pollutant loading estimation for highway runoff.** Journal of Environmental Engineering. v. 124, n.7, p. 584-592, 1998.

ANEXOS

ANEXO 1 – Procedimentos para análise das coletas de água.

Sólidos Suspensos:

Procedimento para filtragem e pesagem

Etapa 1:

- Colocar um filtro em cada cápsula;
- Coloca-los dentro do dessecador;
- Aquecer a mufla por aproximadamente 45 minutos até atingir a temperatura de 550°C;
- Colocar as cápsulas+filtro na mufla com a garra, e deixar queimar por 15 minutos;
- Retirar as cápsulas+filtro da mufla com a garra, e recolocá-las no dessecador, para esfriar sem umidade;
- Pesar as cápsulas+filtro e anotar em uma planilha (P);

Etapa 2:

- Conectar a bomba de vácuo ao kitazato;
- Retirar o filtro da cápsula e o colocar no Cadinho;
- Misturar a amostra de água da garrafa coletada em campo;

OBS.: Deve ser bem misturada para que não fique sedimento no fundo da garrafa.

- Abrir rapidamente a garrafa e colocar o volume de amostra ($V_{amostra}$) na proveta;
- Despejar aos poucos o volume de amostra da proveta no cadrinho com filtro, já instalados no Kitazato;
- Fazer a filtragem e quando tiver aproximadamente 10mL de amostra na proveta, virar a mesma e limpar com água destilada, aplicada por piceta.

OBS.: Não pode ficar nenhum resíduo de sedimento dentro da proveta para cada análise;

- Depois de filtrada, com a pinça transferir o filtro do cadrinho para a cápsula e o limpar com água destilada, aplicada com piceta;

- Logo, com o auxílio da pinça, colocar a cápsula+filtro+sedimento dentro da estufa a 105° C;
 - Esperar a secagem (evaporação) da água na estufa aproximadamente 24 horas;
 - Pesar as cápsulas+filtro+sedimento e anotar na planilha (Ps);

Etapa 3:

- Depois com a pinça, retirar as cápsulas+filtro+sedimento e colocar dentro do dessecador tampado, para transportar até o forno mufla a 550° C.
 - Colocar as cápsulas na mufla com a garra, aguardar aproximadamente 45 minutos para atingir os 550° C.
 - Após a secagem no forno mufla, com o auxílio da garra, transportar as cápsulas+filtro+sedimento para dentro do dessecador, que deve ser mantido tampado.
 - Aguardar o resfriamento das cápsulas durante 1 hora dentro do dessecador, e pesar as cápsulas+filtro+sedimento e anotar na planilha (Psf).

Utilizou-se dois volumes distintos para execução do processo de determinação da concentração de sedimentos em suspensão, a análise das amostras provenientes de coletas em tempo seco eram executadas com 300mL e as de tempo úmido (ocorrência de chuva) com 100mL.

A concentração sólidos suspensos totais (C_{sst}) da amostra era determinado conforme a equação 7, mostrada a seguir:

$$C_{sst}, \text{mg/L} = \frac{(Ps - P) \times 1000}{\text{Volume da amostra, mL}} \quad \dots \dots \dots \quad (7)$$

A concentração sólidos suspensos voláteis (C_{ssv}) da amostra era determinado conforme a equação 8, mostrada a seguir:

A concentração sólidos suspensos fixos (C_{ssf}) da amostra era determinado conforme a equação 9, mostrada a seguir:

$$C_{ssf}, \text{mg/L} = \frac{(Psf - P) \times 1000}{\text{Volume da amostra, mL}} \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

Demandas Bioquímicas de oxigênio:

Etapa 1: Preparo da água de diluição

Para cada litro de água deionizada, adicione 1mL de solução tampão de fosfato, 1mL de solução de sulfato de magnésio, 1mL de solução de cloreto de cálcio, e 1mL de solução de cloreto férrico, e posteriormente agite o frasco de modo a se obter um alto teor de oxigênio dissolvido. Utilizar a água de diluição somente depois de decorridos 30min após a sua aeração (APHA Standard Methods, 20th ed. (1998)).

Etapa 2: Preparo das amostras

Para cada amostra preparar dois frascos de DBO (frasco 1 e 2). Adicione água de diluição até a metade nos dois frascos (1 e 2). Posteriormente adicione aos frascos (1 e 2) o volume de amostra ($V_{amostra}$) a ser utilizado. Utilizou-se 70mL de amostra para as coletas de tempo úmido e 100mL para as coletas de tempo seco. Complete com água de diluição e tampe evitando formação de bolhas de ar. Homogeneíze os dois frascos

Leve o frasco 2 para a incubadora de DBO a 20°C, deixando-o lá por 5 dias. Estes frascos deverão ser selados pela adição diária de água destilada. Determine imediatamente o oxigênio dissolvido no frasco 1 e no fim de 5 dias determine o oxigênio dissolvido no frasco 2, que estava na incubadora.

Etapa 3: Determinação do oxigênio dissolvido

Para determinação do oxigênio dissolvido utilizou-se o método de Winkler ou iodométrico, o qual consiste em uma reação de iodometria. Utilizou-se uma variação do método: a modificação da azida, conforme APHA Standard Methods, 20th ed. (1998).

O método utiliza o sulfato manganoso ($MnSO_4$) em meio alcalino que na presença de OD, o manganês é oxidado a uma valência mais alta, formando um precipitado marrom. Nesta fase se o precipitado formado for branco, indica ausência de oxigênio dissolvido. Na prática, a fase de formação do precipitado marrom, é conhecida como de “fixação”, pois o oxigênio dissolvido não mais reagirá com outras matérias presentes na amostra analisada. Após a fixação do oxigênio, ocorrerá a adição de iodeto de potássio e ácido sulfúrico, para liberação de iodo elementar, que será titulado por uma solução de tiosulfato de sódio ($Na_2S_2O_3$) (Macedo, 2001). A figura 106 ilustra o processo descrito acima.

Abaixo é mostrado o procedimento de determinação do oxigênio dissolvido.

Procedimento para determinação do Oxigênio Dissolvido:

1. Adicione 1mL de sulfato de manganês ($MnSO_4$) a amostra coletada e preparada, tendo o cuidado de mergulhar a ponta da pipeta no interior do líquido.
2. Com a mesma técnica, adicione 1mL de solução alcalina de iodeto de azida. Tampe o frasco e agite por inversões sucessivas.

Etapa 4: Cálculo da demanda bioquímica de oxigênio

Executadas as etapas anteriores a concentração de DBO₅ pode ser estimada utilizando-se a equação 11 mostrada abaixo:

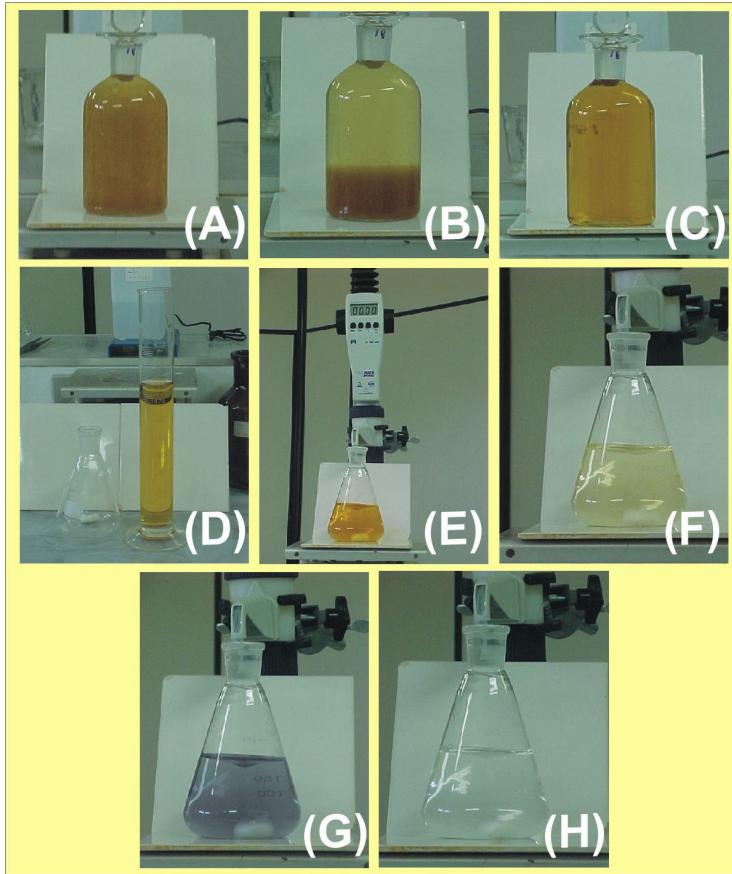


Figura 107: (A) Solução de iodeto de azida adicionada a amostra; (B) Formação do precipitado; (C) Ácido sulfúrico adicionado a amostra; (D) Proveta com 200mL de amostra e Erlenmeyer; (E) Início do processo de titulação; (F) Amostra apresenta cor de palha desbotada; (G) Adição de solução indicadora de amido e (H) Amostra incolor após a viragem.

Coliformes fecais e totais:

Procedimento para análise

Adotou-se o sistema quanti-tray (cartelas) para quantificação das concentrações de coliformes totais e fecais das amostras. Para que os resultados permanecessem dentro da faixa de utilização do equipamento (de 1 a 2400 organismos por 100mL), as amostras eram preparadas utilizando-se diluições. A figura 108 ilustra o procedimento para detecção,

confirmação e enumeração dos coliformes fecais e totais. e a figura 109 detalha equipamentos utilizados no processo.

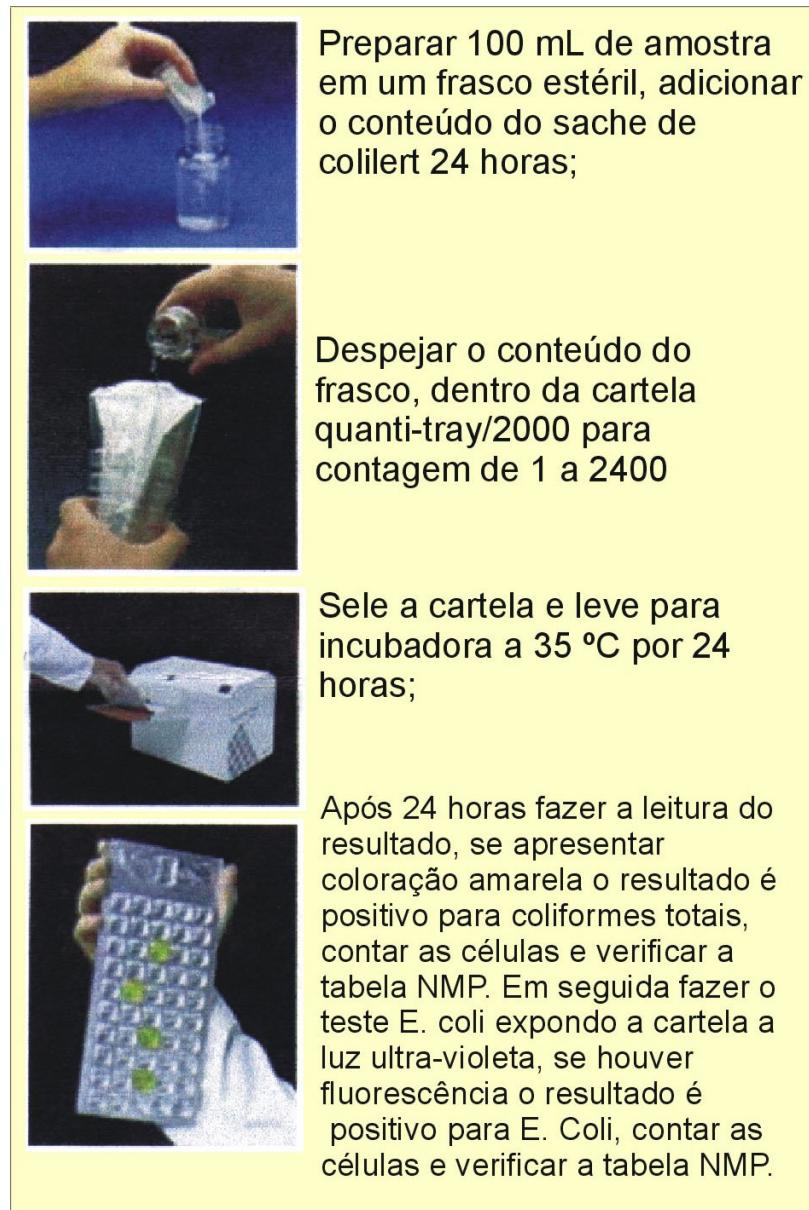


Figura 108: Procedimento para detecção, confirmação e enumeração de coliformes totais e fecais.

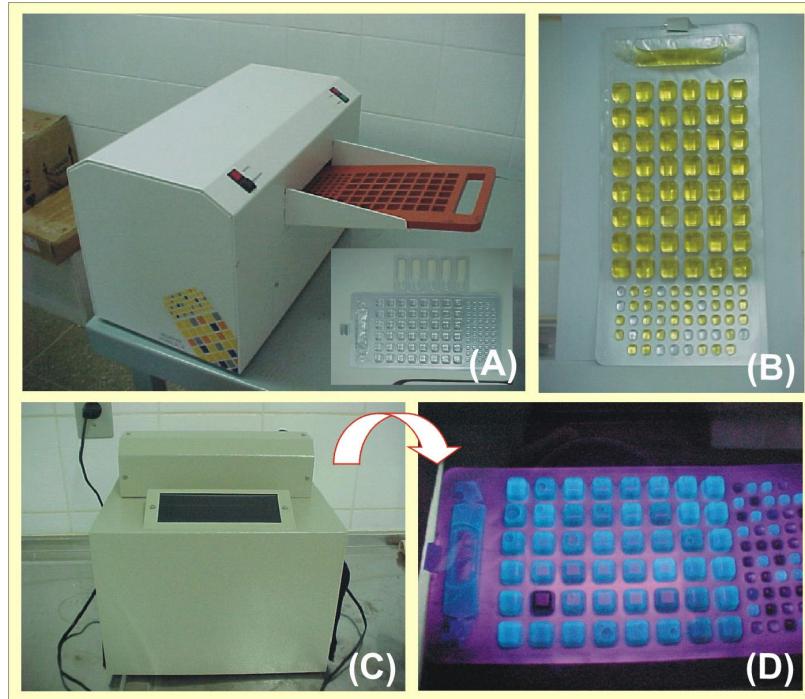


Figura 109: (A) Seladora e em detalhe cartela quanti-tray e reagentes Colilerts-24 horas; (B) Cartela apresentando coloração amarela positiva para CT; (C) câmara de luz ultra-violeta e (D) cartela sob luz ultra-violeta apresentando coloração positiva para CF.

ANEXO 2 – Tabelas de Coleta

Dia	Est	Tipo de Coleta	Características de Qualidade da Água										Nível (cm)		
			Horário / Garrafa	OD (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS/cm)	pH	DB05 (mg/L)	Sólidos Suspensos (mg/L)			Turbidez (UT)	Coliformes Totais (MPN/100 mL)	Coliformes Fecais (MPN/100 mL)	
17/04/03	AC-1	CP	9:30	****	****	****	****	****	****	****	****	7,40E+04	7,40E+04	10,0	
18/04/03	AC-1	CP	9:40	****	****	****	****	****	****	****	****	5,12E+05	4,10E+04	10,0	
18/04/03	AC-1	CP	10:30	****	****	****	****	****	****	****	****	5,79E+06	5,06E+05	18,0	
18/04/03	AC-1	CP	10:45	****	****	****	****	****	****	****	****	1,04E+06	3,24E+05	25,0	
18/04/03	AC-1	CP	11:10	****	****	****	****	****	****	****	****	1,90E+06	3,59E+05	20,0	
13/05/03	AC-1	CP	10:00	2,94	17,7	167,2	6,99	11,5	****	****	22,4	2,69E+06	5,20E+05	10,0	
13/05/03	AC-2	CP	10:30	7,65	16,3	90,8	6,98	2,0	****	****	19,6	5,20E+03	1,00E+02	3,0	
22/05/03	AC-1	CP	14:25	2,50	21,0	261,0	7,00	14,8	358,0	172,0	530,0	204,9	6,59E+07	7,08E+06	21,0
22/05/03	AC-1	CP	14:40	3,70	21,0	187,3	6,98	18,1	256,0	77,0	333,0	232,8	2,60E+07	5,04E+06	30,0
22/05/03	AC-1	CP	14:50	6,00	20,8	117,0	6,99	17,9	270,0	65,0	335,0	248,4	9,09E+06	2,11E+06	30,0
22/05/03	AC-1	CP	15:00	6,60	20,6	114,4	6,98	17,8	251,0	55,0	306,0	322,0	6,89E+06	2,46E+06	32,0
22/05/03	AC-1	CP	15:10	6,60	20,2	87,2	6,87	17,9	959,0	145,0	1104,0	389,7	1,42E+07	4,41E+06	44,0
22/05/03	AC-1	CP	15:20	7,90	19,7	****	****	526,0	55,0	581,0	444,6	****	****	64,0	
22/05/03	AC-2	CP	15:40	7,70	19,1	80,7	7,23	7,0	****	****	377,6	>2419,20e2	2,14E+04	30,5	
22/05/03	AC-2	CP	15:45	7,30	19,1	****	****	****	****	****	319,5	****	****	42,0	
22/05/03	AC-2	CP	15:48	7,40	19,0	66,5	6,61	3,2	****	****	317,3	2,42E+05	2,05E+04	55,0	
22/05/03	AC-2	CP	15:52	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	66,0	
22/05/03	AC-2	CP	15:54	7,30	19,1	70,4	6,64	2,1	****	****	349,9	1,99E+05	3,08E+04	69,0	
22/05/03	AC-2	CP	15:57	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	75,0	
22/05/03	AC-2	CP	16:00	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	78,0	
22/05/03	AC-2	CP	16:05	7,50	19,1	70,2	6,56	8,1	****	****	399,8	>2419,20e2	80,0		
22/05/03	AC-2	ANA	G1	7,95	15,5	83,5	6,95	****	328,0	50,0	378,0	454,5	****	25,0	

Continuação

Dia	Est	Tipo de Coleta	Horário / Garrafa	OD (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS/cm)	pH	Sólidos Suspensos (mg/L)			Turbidez (UT)	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	Nível (cm)	
								Fixos	Voláteis	Totais					
22/06/03	AC-2	ANA	G2	8,16	14,8	66,7	6,86	****	559,0	84,0	643,0	414,9	****	40,0	
22/06/03	AC-2	ANA	G3	7,50	15,3	71,4	6,65	****	454,0	63,0	517,0	377,0	****	55,0	
22/06/03	AC-2	ANA	G4	7,40	14,5	69,7	6,78	****	312,0	53,0	365,0	439,9	****	70,0	
02/06/03	AC-1	CP	10:30	3,79	22,1	143,4	7,10	11,0	3,0	30,0	33,0	58,7	9,80E+05	1,00E+05	10,0
02/06/03	AC-2	CP	11:00	4,74	20,9	61,7	6,90	2,2	1,0	31,0	32,0	50,7	3,88E+04	2,49E+03	3,0
03/06/03	AC-2	ANA	G1	6,72	18,5	46,2	6,89	7,0	168,0	48,0	216,0	347,6	8,39E+04	4,10E+03	25,0
03/06/03	AC-2	ANA	G2	7,58	18,3	41,6	6,71	6,0	128,0	27,0	155,0	258,1	1,11E+05	1,10E+04	40,0
03/06/03	AC-2	ANA	G3	7,05	18,1	41,0	6,62	6,5	238,0	38,0	276,0	333,5	6,51E+04	7,30E+03	55,0
03/06/03	AC-2	ANA	G4	7,72	17,9	34,2	6,52	8,0	882,0	74,0	956,0	546,8	3,62E+05	3,45E+04	70,0
03/06/03	AC-2	ANA	G5	6,99	18,1	48,7	6,74	7,0	640,0	105,0	745,0	477,6	1,30E+05	5,46E+04	80,0
03/06/03	AC-2	ANA	G6	6,85	18,7	40,8	6,69	8,0	220,0	42,0	262,0	201,9	1,60E+04	4,10E+03	95,0
16/06/03	AC-2	ANA	G1	7,25	17,8	33,1	6,51	11,9	1113,0	180,0	1293,0	547,5	6,01E+04	6,30E+03	25,0
16/06/03	AC-2	ANA	G2	6,60	17,9	38,7	6,59	10,7	281,0	22,0	303,0	508,0	2,47E+04	4,10E+03	40,0
16/06/03	AC-2	ANA	G3	6,95	18,2	27,3	6,50	9,3	458,0	43,0	501,0	489,9	7,57E+04	9,60E+03	55,0
16/06/03	AC-2	ANA	G4	6,85	18,4	27,7	6,39	7,1	349,0	32,0	381,0	468,9	4,28E+04	8,60E+03	70,0
16/06/03	AC-2	ANA	G5	6,75	18,4	28,8	6,36	8,9	863,0	73,0	936,0	507,7	1,00E+03	>1	80,0
16/06/03	AC-2	ANA	G6	6,75	18,6	35,3	6,54	5,1	336,0	54,0	390,0	530,4	2,00E+03	>1	95,0
16/06/03	AC-2	ANA	G7	7,45	18,6	42,7	6,68	6,3	408,0	47,0	455,0	555,3	2,98E+04	1,46E+04	110,0
16/06/03	AC-1	ANA	G1	****	****	****	****	****	****	****	****	****	****	53,0	
16/06/03	AC-1	ANA	G2	6,55	17,5	34,4	6,68	8,9	463,0	71,0	534,0	554,0	4,28E+06	9,60E+05	67,0
16/06/03	AC-1	ANA	G3	6,25	17,6	38,4	6,69	8,7	1254,0	121,0	1375,0	551,2	5,44E+06	8,60E+05	81,0
16/06/03	AC-1	ANA	G4	5,90	17,2	60,3	6,80	15,5	2127,0	257,0	2384,0	551,4	1,21E+06	4,10E+05	95,0

Continuação

Dia	Est	Tipo de Coleta	Horário / Garrafa	OD (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS/cm)	pH	Sólidos Suspensos (mg/L)			Turbidez (UT)	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	Nível (cm)	
								Fixos	Voláteis	Totais					
16/06/03	AC-1	ANA	G5	5,70	17,5	70,3	6,83	17,1	1411,0	144,0	1555,0	547,8	1,85E+06	5,20E+05	
26/06/03	AC-1	CP	10:35	5,13	17,8	157,6	6,92	10,4	****	****	26,0	5,20E+02	>1	10,0	
26/06/03	AC-2	CP	11:00	7,20	17,2	76,0	6,93	2,0	****	****	31,4	3,90E+03	4,10E+02	3,0	
03/07/03	AC-1	CP	10:00	3,66	16,7	151,4	7,01	3,5	****	****	18,4	1,01E+06	1,43E+05	10,0	
03/07/03	AC-2	CP	10:20	7,65	15,5	138,7	7,02	0,5	1,0	37,0	38,0	17,3	1,00E+02	>1	2,0
05/07/03	AC-2	ANA	G1	6,67	19,7	62,5	6,91	6,5	340,0	65,0	405,0	526,1	4,11E+05	2,33E+04	25,0
05/07/03	AC-2	ANA	G2	6,70	19,3	71,1	6,85	5,9	451,0	70,0	521,0	265,7	3,26E+05	2,75E+04	40,0
05/07/03	AC-1	ANA	G1	6,25	19,5	80,8	7,00	16,8	427,0	92,0	519,0	404,8	3,01E+06	5,10E+05	53,0
07/07/03	AC-1	CP	10:00	6,36	19,0	126,0	6,89	8,4	****	****	15,1	4,61E+07	2,69E+06	11,0	
07/07/03	AC-2	CP	10:30	6,74	18,6	68,1	6,83	0,9	8,0	32,0	40,0	34,5	2,85E+04	2,46E+03	3,0
08/07/03	AC-2	CP	12:20	7,04	17,5	74,0	7,08	2,1	2,0	80,0	82,0	102,3	2,10E+05	5,10E+03	10,0
08/07/03	AC-2	CP	12:36	6,10	17,4	59,3	6,96	3,2	32,0	84,0	116,0	381,8	2,31E+05	9,70E+03	15,0
08/07/03	AC-2	CP	12:48	6,45	17,7	54,5	6,79	3,3	190,0	91,0	281,0	340,0	4,35E+05	1,22E+04	20,0
08/07/03	AC-2	CP	13:27	6,46	17,5	56,5	6,71	4,7	****	****	380,8	8,66E+05	1,16E+05	40,0	
08/07/03	AC-2	CP	13:59	7,06	17,8	50,2	6,65	5,3	236,0	89,0	325,0	370,6	8,13E+05	1,07E+05	50,0
08/07/03	AC-2	ANA	G1	6,65	16,1	50,8	6,55	3,8	307,0	51,0	358,0	358,9	3,45E+05	1,21E+04	25,0
08/07/03	AC-2	ANA	G2	6,72	15,6	55,4	6,49	4,8	357,0	82,0	439,0	388,6	9,80E+05	8,05E+04	40,0
08/07/03	AC-2	ANA	G3	6,41	17,3	39,6	6,49	4,5	****	****	545,0	5,79E+05	7,03E+04	55,0	
08/07/03	AC-2	ANA	G4	6,55	16,3	37,6	6,45	4,3	85,0	36,0	121,0	306,4	4,16E+05	3,64E+04	70,0
08/07/03	AC-2	ANA	G5	6,79	15,8	37,1	6,44	5,0	360,0	63,0	423,0	349,3	4,35E+05	4,71E+04	80,0
08/07/03	AC-1	ANA	G1	****	17,8	57,6	6,53	7,1	167,0	51,0	218,0	383,9	4,10E+05	3,10E+05	53,0
08/07/03	AC-1	CP	12:20	5,54	18,8	104,8	7,12	17,8	343,0	150,0	493,0	437,3	7,23E+06	1,21E+06	30,0

Continuação

Dia	Est	Tipo de Coleta	Horário / Garrafa	OD (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS/cm)	pH	Sólidos Suspensos (mg/L)			Turbidez (UT)	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	Nível (cm)
								Fixos	Voláteis	Totais				
08/07/03	AC-1	CP	12:36	6,08	18,9	82,4	6,91	16,5	566,0	176,0	742,0	539,1	3,26E+07	3,99E+06
08/07/03	AC-1	CP	12:48	6,21	19,0	72,3	6,78	14,6	8,0	55,0	63,0	563,8	1,57E+07	1,83E+06
08/07/03	AC-1	CP	13:36	6,44	18,9	60,1	6,71	7,2	569,0	175,0	744,0	329,3	1,19E+07	2,72E+06
15/07/03	AC-2	CP	11:16	7,13	16,2	108,6	6,75	3,4	2,0	32,0	34,0	18,7	1,11E+04	2,00E+02
15/07/03	AC-2	CP	13:20	7,06	16,2	57,4	7,74	4,2	16,0	35,0	51,0	187,4	7,27E+05	9,80E+03
15/07/03	AC-2	CP	13:40	6,96	16,2	53,6	6,56	5,3	113,0	32,0	145,0	185,1	6,13E+05	4,10E+03
15/07/03	AC-2	CP	14:15	7,12	16,1	64,3	6,44	7,2	20,0	22,0	42,0	247,0	1,55E+06	3,18E+04
15/07/03	AC-2	CP	14:48	6,98	16,1	55,9	6,56	8,6	173,0	36,0	209,0	282,5	1,41E+06	3,89E+04
15/07/03	AC-2	CP	15:22	6,95	16,0	54,5	6,44	4,4	90,0	43,0	133,0	189,7	1,30E+06	2,72E+04
15/07/03	AC-2	ANA	G1	8,25	14,8	131,8	6,91	5,3	197,0	55,0	252,0	227,7	****	25,0
15/07/03	AC-2	ANA	G2	8,01	14,5	52,5	6,85	5,3	216,0	49,0	265,0	200,3	****	40,0
15/07/03	AC-2	ANA	G3	7,73	15,1	61,6	6,83	6,8	230,0	61,0	291,0	235,6	****	55,0
15/07/03	AC-1	ANA	G1	7,39	16,6	88,8	7,09	****	291,0	83,0	374,0	217,5	****	53,0
15/07/03	AC-1	CP	11:16	6,29	17,4	170,4	6,85	11,0	24,0	29,0	53,0	22,4	1,31E+07	3,10E+05
15/07/03	AC-1	CP	13:20	6,31	17,4	76,7	6,85	17,1	219,0	73,0	292,0	286,4	1,40E+07	2,75E+06
15/07/03	AC-1	CP	14:27	6,71	17,0	65,0	6,56	9,0	209,0	47,0	256,0	232,8	2,75E+06	>1
15/07/03	AC-1	CP	14:50	6,89	17,0	64,4	6,44	13,7	162,0	75,0	237,0	278,5	2,33E+06	>1
15/07/03	AC-1	CP	15:25	7,06	16,7	59,9	6,38	9,4	119,0	24,0	143,0	227,0	2,68E+06	2,00E+05
07/08/03	AC-1	CP	9:00	4,84	16,6	161,8	6,93	17,6	9,7	7,3	17,0	21,6	1,20E+06	>1
07/08/03	AC-2	CP	9:30	6,81	15,6	103,7	7,05	3,8	5,7	3,7	9,3	24,9	1,84E+04	1,00E+02
18/08/03	AC-1	CP	9:00	4,02	19,8	307,0	7,23	21,6	9,0	22,3	31,3	37,2	1,05E+08	1,00E+05
18/08/03	AC-2	CP	9:30	6,94	17,5	136,6	7,31	3,6	2,7	8,7	11,3	12,4	2,00E+04	>1

Continuação

Dia	Est	Tipo de Coleta	Horário / Garrafa	OD (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS/cm)	pH	Sólidos Suspensos (mg/L)			Turbidez (UT)	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	Nível (cm)	
								Fixos	Voláteis	Totais					
22/08/03	AC-1	CP	10:00	2,26	19,1	251,0	7,30	16,2	9,0	14,3	23,3	25,3	2,05E+07	2,78E+06	10,0
22/08/03	AC-2	CP	10:30	6,27	19,3	145,7	7,09	3,0	2,7	9,3	12,0	13,8	1,95E+04	>1	2,0
24/08/03	AC-2	ANA	G1	7,51	16,7	130,6	7,08	13,8	322,0	83,0	405,0	231,3	4,10E+04	>1	25,0
24/08/03	AC-2	ANA	G2	6,70	15,9	69,5	6,94	9,8	194,0	48,0	242,0	184,3	3,00E+05	>1	40,0
25/08/03	AC-1	CP	10:00	6,34	17,0	100,0	6,82	11,9	24,3	12,3	36,7	65,8	3,87E+07	2,00E+05	15,0
25/08/03	AC-2	CP	10:30	7,13	16,9	58,5	6,77	3,5	11,3	13,7	25,0	66,9	1,05E+07	3,28E+05	2,0
16/09/03	AC-1	CP	11:00	5,65	15,7	235,0	7,01	20,5	0,3	11,3	11,6	38,3	1,00E+05	>1	10,0
16/09/03	AC-2	CP	11:30	6,81	14,5	117,4	6,73	2,9	25,3	19,3	44,7	18,7	2,72E+05	2,00E+03	1,0
08/10/03	AC-2	ANA	G1	6,14	21,5	81,6	6,87	5,4	418,0	19,0	437,0	303,9	****	****	25,0
08/10/03	AC-2	ANA	G2	6,38	21,8	63,0	6,70	12,0	368,0	53,0	421,0	402,3	****	****	40,0
08/10/03	AC-2	ANA	G3	6,32	22,6	51,0	6,72	9,7	325,0	7,0	332,0	303,9	****	****	55,0
25/10/03	AC-2	ANA	G2	6,12	22,6	48,4	6,45	12,5	728,0	40,0	768,0	486,0	1,00E+03	>1	40,0
25/10/03	AC-2	ANA	G3	6,79	22,6	30,9	6,51	16,4	4035,0	143,0	4178,0	770,0	1,21E+04	>1	55,0
25/10/03	AC-2	ANA	G4	6,33	22,7	30,8	6,31	27,2	11268,0	336,0	11604,0	570,0	5,38E+04	3,10E+03	70,0
25/10/03	AC-2	ANA	G5	6,73	22,5	41,8	6,51	14,3	591,0	46,0	637,0	383,0	2,16E+04	1,00E+03	80,0
25/10/03	AC-2	ANA	G6	6,25	22,9	41,3	6,36	18,0	630,0	44,0	674,0	410,0	1,00E+03	>1	95,0
25/10/03	AC-2	ANA	G7	6,11	23,6	37,3	6,41	15,8	709,0	79,0	788,0	529,0	1,75E+04	>1	110,0
25/10/03	AC-1	ANA	G1	6,29	21,4	76,6	6,72	10,4	678,0	46,0	724,0	255,0	1,21E+05	3,10E+04	53,0
25/10/03	AC-1	ANA	G2	6,64	20,5	48,9	6,59	14,8	946,0	69,0	1015,0	423,0	8,60E+04	>1	67,0
25/10/03	AC-1	ANA	G3	6,98	20,8	43,5	6,67	8,1	609,0	80,0	689,0	316,0	1,00E+04	>1	81,0
25/10/03	AC-1	ANA	G4	6,29	20,6	37,5	6,39	10,1	625,0	49,0	674,0	365,0	1,85E+05	1,00E+04	95,0
25/10/03	AC-1	ANA	G5	7,15	20,8	36,8	6,57	8,7	691,0	54,0	745,0	412,0	1,00E+04	>1	109,0

Continuação

Dia	Est	Tipo de Coleta	Horário / Garrafa	OD (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS/cm)	pH	Sólidos Suspensos (mg/L)			Turbidez (UT)	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	Nível (cm)	
								Fixos	Voláteis	Totais					
25/10/03	AC-1	ANA	G6	6,85	20,9	41,8	6,42	8,1	2101,0	69,0	2170,0	345,0	2,00E+04	>1	123,0
31/10/03	AC-2	ANA	G1	6,51	21,1	81,7	6,82	7,2	142,0	17,0	159,0	255,0	2,91E+04	>1	25,0
31/10/03	AC-2	ANA	G2	5,98	20,9	49,8	6,72	9,3	464,0	33,0	497,0	219,0	1,55E+05	3,05E+03	40,0
31/10/03	AC-2	ANA	G3	7,10	21,6	53,1	7,18	12,1	542,0	52,0	594,0	252,0	1,73E+05	5,29E+03	55,0
31/10/03	AC-2	ANA	G4	6,25	21,4	54,8	7,02	12,2	124,0	19,0	143,0	277,0	1,99E+05	4,87E+03	70,0
12/11/03	AC-2	CP	13:50	5,25	22,8	144,8	6,91	6,5	97,0	21,0	118,0	95,0	****	****	52,0
12/11/03	AC-2	CP	14:20	5,43	22,7	61,2	6,75	11,8	108,0	14,0	122,0	109,0	****	****	70,0
12/11/03	AC-2	CP	15:20	5,34	23,0	59,6	6,25	11,3	77,0	37,0	114,0	148,0	****	****	75,0
12/11/03	AC-2	ANA	G1	5,99	23,2	66,5	7,05	4,3	206,0	62,0	268,0	165,0	****	****	25,0
12/11/03	AC-2	ANA	G2	5,64	23,1	60,0	6,75	8,2	322,0	41,0	363,0	228,0	****	****	40,0
12/11/03	AC-2	ANA	G3	5,85	23,1	76,8	7,59	5,9	155,0	24,0	179,0	124,0	****	****	55,0
12/11/03	AC-2	ANA	G4	5,66	23,1	61,7	7,26	6,2	86,0	43,0	129,0	115,0	****	****	70,0
12/11/03	AC-1	CP	14:00	6,10	22,5	53,2	6,78	18,9	652,0	127,0	779,0	442,0	****	****	60,0
12/11/03	AC-1	CP	14:45	5,12	22,9	65,6	6,21	14,1	203,0	24,0	227,0	166,0	****	****	56,0
12/11/03	AC-1	CP	15:20	5,44	23,0	65,0	6,63	15,0	124,0	28,0	152,0	142,0	****	****	58,0
14/11/03	AC-1	CP	16:00	4,87	23,5	145,2	6,73	19,6	9,0	13,0	22,0	27,0	3,07E+06	5,12E+05	12,0
14/11/03	AC-2	CP	16:30	6,10	23,6	65,4	6,98	1,5	5,0	13,3	18,3	23,0	1,01E+05	5,20E+03	5,0
16/11/03	AC-2	ANA	G2	5,67	24,5	78,8	6,73	5,5	206,0	25,0	231,0	127,0	****	****	40,0
16/11/03	AC-2	ANA	G3	5,98	24,5	42,0	6,67	8,4	11,0	15,0	26,0	427,0	****	****	55,0
16/11/03	AC-2	ANA	G4	6,35	24,7	39,3	6,48	11,3	4887,0	165,0	5052,0	662,0	****	****	70,0
16/11/03	AC-2	ANA	G5	5,28	24,8	55,4	6,57	6,8	118,0	46,0	164,0	163,0	****	****	80,0
16/11/03	AC-2	ANA	G6	6,49	25,1	52,5	6,60	6,2	181,0	11,0	192,0	173,0	****	****	95,0

Continuação

Dia	Est	Tipo de Coleta	Horário / Garrafa	OD (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS/cm)	pH	Sólidos Suspensos (mg/L)			Turbidez (UT)	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	Nível (cm)
								Fixos	Voláteis	Totais				
16/11/03	AC-2	ANA	G7	5,35	25,0	52,4	6,42	5,6	130,0	48,0	178,0	134,0	****	110,0
16/11/03	AC-1	ANA	G1	5,50	23,9	52,7	6,49	5,8	15,0	41,0	56,0	120,0	****	53,0
16/11/03	AC-1	ANA	G2	5,47	23,9	55,0	6,62	6,2	287,0	53,0	340,0	143,0	****	67,0
08/12/03	AC-2	ANA	G1	5,50	23,8	81,6	6,92	6,4	361,0	84,0	445,0	108,0	****	25,0
08/12/03	AC-2	ANA	G2	5,94	24,1	71,2	6,85	4,4	305,0	34,0	339,0	127,0	****	40,0
08/12/03	AC-2	ANA	G3	5,45	24,1	58,8	6,89	12,9	264,0	40,0	304,0	212,0	****	55,0
11/12/03	AC-2	CP	10:15	6,14	22,0	31,5	6,04	2,1	614,0	74,0	688,0	632,0	4,89E+05	8,60E+03
11/12/03	AC-2	CP	10:25	5,89	21,9	38,8	6,17	1,7	856,0	81,0	937,0	530,0	2,60E+05	5,20E+03
11/12/03	AC-2	CP	10:30	5,83	21,9	38,4	6,19	2,4	939,0	118,0	1067,0	475,0	4,61E+05	7,40E+03
11/12/03	AC-2	CP	10:45	5,55	22,7	40,3	5,46	****	847,0	98,0	945,0	521,0	****	140,0
11/12/03	AC-2	CP	10:55	5,60	22,8	37,3	5,55	3,1	871,0	113,0	984,0	508,0	6,49E+05	2,31E+04
11/12/03	AC-1	CP	10:15	5,62	22,5	50,0	6,96	24,6	476,0	108,0	584,0	308,0	2,49E+06	1,87E+05
11/12/03	AC-1	CP	10:30	5,69	22,2	36,3	6,73	17,6	851,0	119,0	970,0	449,0	1,66E+06	9,80E+04
11/12/03	AC-1	CP	10:55	6,21	22,2	50,2	6,45	19,0	1657,0	159,0	1816,0	556,0	****	137,0
11/12/03	AC-2	ANA	G1	6,29	25,0	32,9	5,92	14,3	1706,0	102,0	1808,0	720,0	****	25,0
11/12/03	AC-2	ANA	G2	5,72	24,5	33,1	5,93	12,3	1834,0	98,0	1932,0	680,0	****	40,0
11/12/03	AC-2	ANA	G3	5,91	24,2	35,6	6,05	21,4	4279,0	170,0	4449,0	666,0	****	55,0
11/12/03	AC-2	ANA	G4	5,84	24,4	35,0	5,93	25,3	10469,0	318,0	10787,0	495,0	****	70,0
11/12/03	AC-2	ANA	G5	5,61	24,4	40,8	6,21	15,2	1191,0	55,0	1246,0	574,0	****	80,0
11/12/03	AC-2	ANA	G6	5,41	24,6	39,4	6,14	18,7	1114,0	50,0	1164,0	604,0	****	95,0
11/12/03	AC-2	ANA	G7	5,44	24,8	36,4	5,99	19,3	1372,0	85,0	1457,0	584,0	****	110,0
11/12/03	AC-1	ANA	G2	5,89	24,4	49,1	6,33	20,4	1489,0	20,0	1509,0	700,0	****	67,0

Continuação

Dia	Est	Tipo de Coleta	Horário / Garrafa	OD (mg/L)	Temp. (°C)	Cond. (mS/cm)	pH	Sólidos Suspensos (mg/L)			Turbidez (UT)	Coliformes Totais (NMP/100 mL)	Coliformes Fecais (NMP/100 mL)	Nível (cm)
								Fixos	Voláteis	Totais				
11/12/03	AC-1	ANA	G3	5,34	24,6	49,8	6,49	9,2	1208,0	74,0	1282,0	529,0	****	81,0
11/12/03	AC-1	ANA	G4	4,84	24,6	45,7	6,52	10,5	1008,0	74,0	1082,0	451,0	****	95,0
11/12/03	AC-1	ANA	G5	5,20	24,8	49,3	6,54	14,6	8185,0	317,0	8502,0	620,0	****	109,0
11/12/03	AC-1	ANA	G6	4,97	24,8	43,9	6,17	13,0	1057,0	49,0	1106,0	544,0	****	123,0
11/12/03	AC-1	ANA	G7	5,04	25,1	46,0	6,43	10,9	748,0	40,0	788,0	388,0	****	137,0

Características de Qualidade da Água

ANEXO 3 – Eventos Analisados na estação AC-I

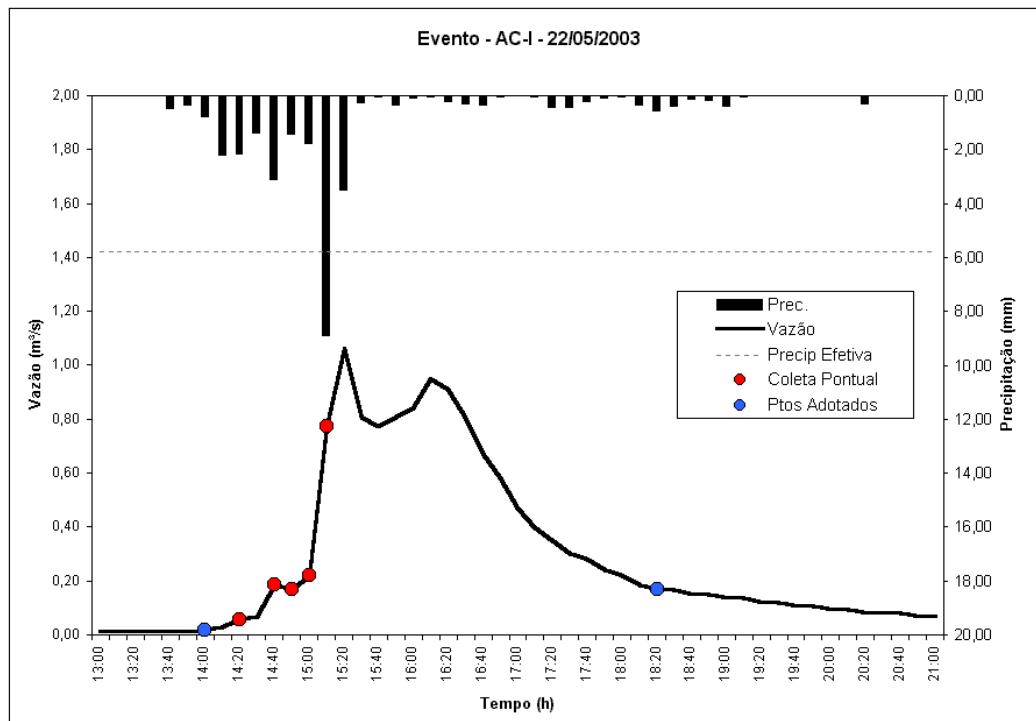


Figura 110: Evento do dia 22/05/2003 registrado na estação AC-I.

Tabela 14: Discretização do evento do dia 22/05/2003 registrado na estação AC-I.

Hora	Vazão Total (m ³ /s)	Vazão Base (m ³ /s)	Vazão Escoamento Superficial (m ³ /s)	Precipitação (mm)	Precipitação Efetiva (mm)
13:00	0,014			0,00	0,00
13:10	0,014			0,00	0,00
13:20	0,014			0,00	0,00
13:30	0,014			0,00	0,00
13:40	0,014			0,47	0,00
13:50	0,014			0,34	0,00
14:00	0,016	0,016	0,000	0,77	0,00
14:10	0,029	0,022	0,007	2,19	0,00
14:20	0,058	0,028	0,030	2,14	0,00
14:30	0,069	0,034	0,035	1,37	0,00
14:40	0,186	0,040	0,147	3,13	0,00
14:50	0,169	0,045	0,124	1,44	0,00
15:00	0,222	0,051	0,171	1,76	0,00
15:10	0,773	0,057	0,716	8,91	8,91
15:20	1,064	0,063	1,001	3,48	0,00
15:30	0,807	0,069	0,738	0,28	0,00
15:40	0,773	0,075	0,698	0,03	0,00
15:50	0,807	0,081	0,726	0,34	0,00
16:00	0,842	0,087	0,755	0,09	0,00
16:10	0,950	0,093	0,857	0,03	0,00
16:20	0,913	0,098	0,815	0,23	0,00
16:30	0,807	0,104	0,703	0,30	0,00
16:40	0,675	0,110	0,565	0,34	0,00

16:50	0,584	0,116	0,468	0,03	0,00
17:00	0,472	0,122	0,350	0,00	0,00
17:10	0,396	0,128	0,268	0,04	0,00
17:20	0,348	0,134	0,214	0,45	0,00
17:30	0,303	0,140	0,164	0,45	0,00
17:40	0,282	0,145	0,137	0,23	0,00
17:50	0,242	0,151	0,090	0,08	0,00
18:00	0,222	0,157	0,065	0,04	0,00
18:10	0,186	0,163	0,023	0,33	0,00
18:20	0,169	0,169	0,000	0,58	0,00
18:30	0,169			0,38	0,00
18:40	0,153			0,15	0,00
18:50	0,153			0,17	0,00
19:00	0,137			0,39	0,00
19:10	0,137			0,03	0,00
19:20	0,122			0,00	0,00
19:30	0,122			0,00	0,00
19:40	0,108			0,00	0,00
19:50	0,108			0,00	0,00
20:00	0,094			0,00	0,00
20:10	0,094			0,00	0,00
20:20	0,081			0,30	0,00
20:30	0,081			0,00	0,00
20:40	0,081			0,00	0,00
20:50	0,069			0,00	0,00
21:00	0,069			0,00	0,00
Chuva total (mm)	31,3				
Chuva efetiva (mm)	8,9				
Volume Escoado (m³)	5920,1				

Tabela 15: Discretização das características de qualidade da água da estação AC-I no dia 22/05/2003.

Horário	CQA das Amostras Pontuais						
	SS Totais (mg/L)	Cond (mS/cm)	Coli Fecais (NMP/100mL)	Coli Totais (NMP/100mL)	DBO ₅ (mg/L)	SS vol. (mg/L)	pH
14:00	25.0	167.2	5.20E+05	2.69E+06	11.5	15.8	6.99
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
14:20	530.0	261.0	7.08E+06	6.59E+07	14.8	172.0	7.00
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
14:40	333.0	187.3	5.04E+06	2.60E+07	18.1	77.0	6.98
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
15:00	306.0	114.4	2.46E+06	6.89E+06	17.8	55.0	6.98
15:10	1104.0	87.2	4.41E+06	1.42E+07	17.9	145.0	6.87
15:20	1047.2	91.4	4.21E+06	1.36E+07	17.6	138.2	6.88
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
18:20	25.0	167.2	5.20E+05	2.69E+06	11.5	15.8	6.99

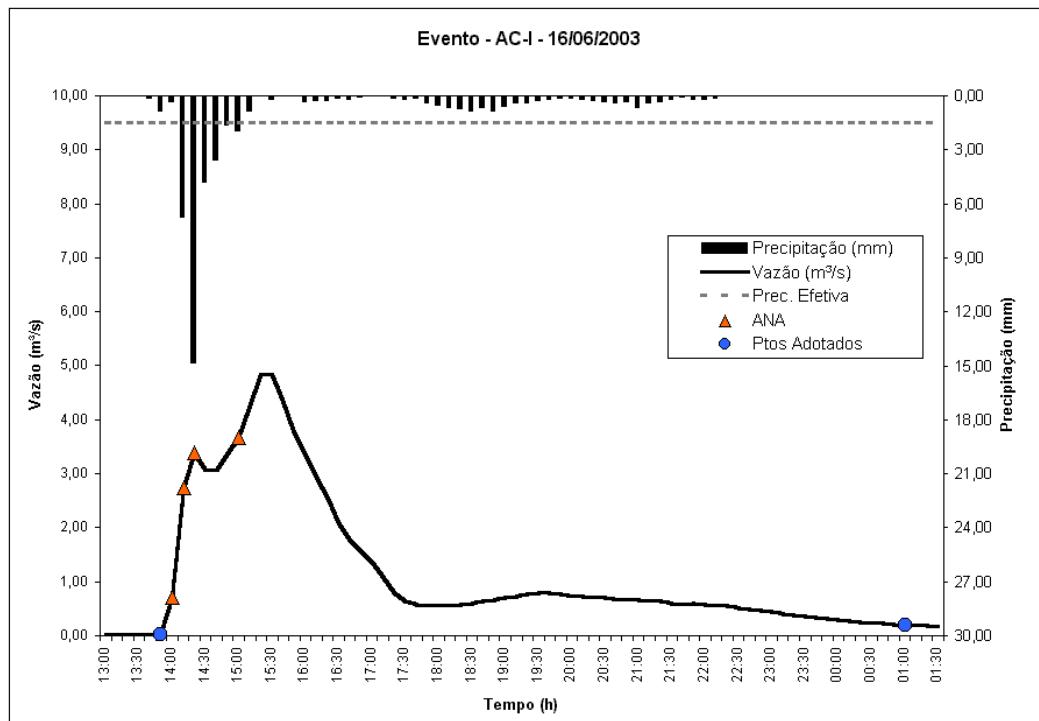


Figura 111: Evento do dia 16/06/2003 registrado na estação AC-I.

Tabela 16: Discretização do evento do dia 16/06/2003 registrado na estação AC-I.

Hora	Vazão Total (m³/s)	Vazão Base (m³/s)	Vazão Escoamento Superficial (m³/s)	Precipitação (mm)	Precipitação Efetiva (mm)
13:00	0,018			0,00	0,00
13:10	0,018			0,00	0,00
13:20	0,018			0,00	0,00
13:30	0,018			0,00	0,00
13:40	0,018			0,11	0,00
13:50	0,021	0,021	0,000	0,85	0,00
14:00	0,707	0,024	0,683	0,33	0,00
14:10	2,740	0,027	2,713	6,75	5,24
14:20	3,399	0,029	3,370	14,85	13,34
14:30	3,061	0,032	3,029	4,79	3,28
14:40	3,061	0,035	3,026	3,58	2,07
14:50	3,399	0,038	3,361	1,62	0,11
15:00	3,682	0,040	3,642	1,93	0,42
15:10	4,282	0,043	4,239	0,87	0,00
15:20	4,844	0,046	4,798	0,00	0,00
15:30	4,844	0,049	4,796	0,17	0,00
15:40	4,361	0,051	4,309	0,03	0,00
15:50	3,755	0,054	3,701	0,00	0,00
16:00	3,399	0,057	3,342	0,31	0,00
16:10	2,931	0,059	2,871	0,27	0,00
16:20	2,556	0,062	2,494	0,24	0,00
16:30	2,097	0,065	2,032	0,16	0,00
16:40	1,781	0,068	1,714	0,22	0,00
16:50	1,585	0,070	1,515	0,06	0,00

17:00	1,356	0,073	1,283	0,03	0,00
17:10	1,104	0,076	1,028	0,00	0,00
17:20	0,807	0,079	0,728	0,12	0,00
17:30	0,644	0,081	0,563	0,18	0,00
17:40	0,584	0,084	0,500	0,14	0,00
17:50	0,555	0,087	0,468	0,38	0,00
18:00	0,555	0,089	0,466	0,54	0,00
18:10	0,555	0,092	0,463	0,63	0,00
18:20	0,584	0,095	0,489	0,70	0,00
18:30	0,614	0,098	0,516	0,83	0,00
18:40	0,644	0,100	0,544	0,67	0,00
18:50	0,675	0,103	0,572	0,84	0,00
19:00	0,707	0,106	0,601	0,58	0,00
19:10	0,740	0,109	0,631	0,36	0,00
19:20	0,773	0,111	0,662	0,37	0,00
19:30	0,807	0,114	0,693	0,29	0,00
19:40	0,807	0,117	0,690	0,19	0,00
19:50	0,773	0,119	0,654	0,14	0,00
20:00	0,740	0,122	0,618	0,13	0,00
20:10	0,740	0,125	0,615	0,20	0,00
20:20	0,707	0,128	0,580	0,27	0,00
20:30	0,707	0,130	0,577	0,31	0,00
20:40	0,675	0,133	0,542	0,36	0,00
20:50	0,675	0,136	0,540	0,31	0,00
21:00	0,675	0,139	0,537	0,66	0,00
21:10	0,644	0,141	0,503	0,39	0,00
21:20	0,644	0,144	0,500	0,30	0,00
21:30	0,614	0,147	0,467	0,17	0,00
21:40	0,584	0,149	0,435	0,09	0,00
21:50	0,614	0,152	0,462	0,21	0,00
22:00	0,584	0,155	0,429	0,19	0,00
22:10	0,555	0,158	0,397	0,15	0,00
22:20	0,555	0,160	0,395	0,03	0,00
22:30	0,527	0,163	0,364	0,03	0,00
22:40	0,499	0,166	0,333	0,00	0,00
22:50	0,472	0,168	0,304	0,00	0,00
23:00	0,446	0,171	0,275	0,00	0,00
23:10	0,420	0,174	0,247	0,00	0,00
23:20	0,396	0,177	0,219	0,00	0,00
23:30	0,372	0,179	0,192	0,00	0,00
23:40	0,348	0,182	0,166	0,00	0,00
23:50	0,325	0,185	0,141	0,00	0,00
00:00	0,303	0,188	0,116	0,00	0,00
00:10	0,282	0,190	0,092	0,00	0,00
00:20	0,262	0,193	0,068	0,00	0,00
00:30	0,242	0,196	0,046	0,00	0,00
00:40	0,242	0,198	0,043	0,00	0,00
00:50	0,222	0,201	0,021	0,00	0,00
01:00	0,204	0,204	0,000	0,00	0,00
01:10	0,186			0,00	0,00
01:20	0,186			0,00	0,00
01:30	0,169			0,00	0,00
Chuva total (mm)		47,9			
Chuva efetiva (mm)		24,4			
Volume Escoado (m ³)		46446,0			

Tabela 17: Discretização das características de qualidade da água dos amostradores ANA registradas na estação AC-I no dia 16/06/2003.

Horário	CQA dos Amostradores ANA						
	SS Totais (mg/L)	Cond (mS/cm)	Coli Fecais (NMP/100mL)	Coli Totais (NMP/100mL)	DBO ₅ (mg/L)	SS vol. (mg/L)	pH
13:50	33.0	143.4	1.00E+05	9.80E+05	11.0	30.0	7.10
14:00	534.0	34.4	9.60E+05	4.28E+06	8.9	71.0	6.68
14:10	1375.0	38.4	8.60E+05	5.44E+06	8.7	121.0	6.69
14:20	2384.0	60.3	4.10E+05	1.21E+06	15.5	257.0	6.80
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
15:00	1555.0	70.3	5.20E+05	1.85E+06	17.1	144.0	6.83
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
1:00	33.0	143.4	1.00E+05	9.80E+05	11.0	30.0	7.10

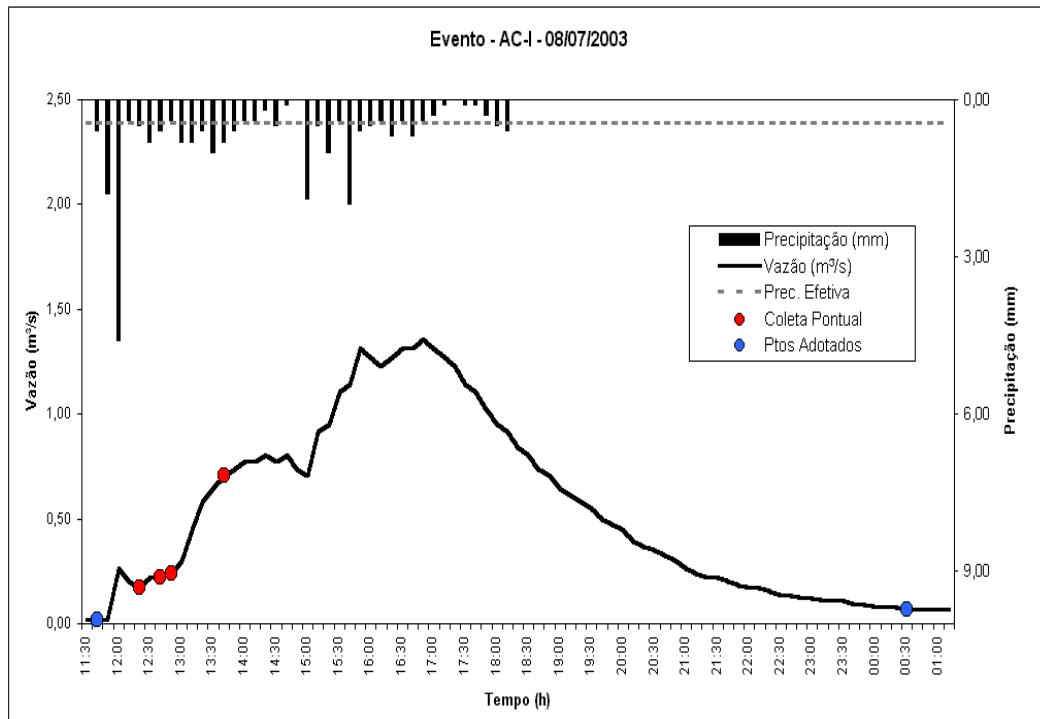


Figura 112: Evento do dia 08/07/2003 registrado na estação AC-I.

Tabela 18: Discretização do evento do dia 08/07/2003 registrado na estação AC-I.

Hora	Vazão Total (m³/s)	Vazão Base (m³/s)	Vazão Escoamento Superficial (m³/s)	Precipitação (mm)	Precipitação Efetiva (mm)
11:30	0,016			0,00	0,00
11:40	0,016	0,016	0,000	0,60	0,16
11:50	0,023	0,017	0,006	1,80	1,36
12:00	0,262	0,017	0,244	4,60	4,16
12:10	0,204	0,018	0,186	0,40	0,00
12:20	0,169	0,019	0,150	0,50	0,06
12:30	0,222	0,019	0,203	0,80	0,36
12:40	0,222	0,020	0,202	0,60	0,16
12:50	0,242	0,021	0,221	0,40	0,00
13:00	0,303	0,022	0,282	0,80	0,36
13:10	0,446	0,022	0,424	0,80	0,36
13:20	0,584	0,023	0,561	0,60	0,16
13:30	0,644	0,024	0,621	1,00	0,56
13:40	0,707	0,024	0,683	0,80	0,36
13:50	0,740	0,025	0,715	0,60	0,16
14:00	0,773	0,026	0,747	0,40	0,00
14:10	0,773	0,026	0,747	0,40	0,00
14:20	0,807	0,027	0,780	0,20	0,00
14:30	0,773	0,028	0,745	0,50	0,06
14:40	0,807	0,028	0,779	0,10	0,00
14:50	0,740	0,029	0,711	0,00	0,00
15:00	0,707	0,030	0,677	1,90	1,46
15:10	0,913	0,030	0,883	0,50	0,06
15:20	0,950	0,031	0,919	1,00	0,56

15:30	1,104	0,032	1,072	0,40	0,00
15:40	1,144	0,033	1,111	2,00	1,56
15:50	1,312	0,033	1,279	0,60	0,16
16:00	1,269	0,034	1,235	0,50	0,06
16:10	1,227	0,035	1,192	0,40	0,00
16:20	1,269	0,035	1,234	0,70	0,26
16:30	1,312	0,036	1,276	0,40	0,00
16:40	1,312	0,037	1,275	0,70	0,26
16:50	1,356	0,037	1,318	0,40	0,00
17:00	1,312	0,038	1,274	0,30	0,00
17:10	1,269	0,039	1,230	0,10	0,00
17:20	1,227	0,039	1,187	0,00	0,00
17:30	1,144	0,040	1,104	0,10	0,00
17:40	1,104	0,041	1,063	0,10	0,00
17:50	1,025	0,041	0,984	0,30	0,00
18:00	0,950	0,042	0,908	0,50	0,06
18:10	0,913	0,043	0,870	0,60	0,16
18:20	0,842	0,044	0,798	0,00	0,00
18:30	0,807	0,044	0,763	0,00	0,00
18:40	0,740	0,045	0,695	0,00	0,00
18:50	0,707	0,046	0,662	0,00	0,00
19:00	0,644	0,046	0,598	0,00	0,00
19:10	0,614	0,047	0,567	0,00	0,00
19:20	0,584	0,048	0,536	0,00	0,00
19:30	0,555	0,048	0,507	0,00	0,00
19:40	0,499	0,049	0,450	0,00	0,00
19:50	0,472	0,050	0,422	0,00	0,00
20:00	0,446	0,050	0,396	0,00	0,00
20:10	0,396	0,051	0,345	0,00	0,00
20:20	0,372	0,052	0,320	0,00	0,00
20:30	0,348	0,053	0,296	0,00	0,00
20:40	0,325	0,053	0,272	0,00	0,00
20:50	0,303	0,054	0,250	0,00	0,00
21:00	0,262	0,055	0,207	0,00	0,00
21:10	0,242	0,055	0,186	0,00	0,00
21:20	0,222	0,056	0,166	0,00	0,00
21:30	0,222	0,057	0,166	0,00	0,00
21:40	0,204	0,057	0,147	0,00	0,00
21:50	0,186	0,058	0,128	0,00	0,00
22:00	0,169	0,059	0,110	0,00	0,00
22:10	0,169	0,059	0,110	0,00	0,00
22:20	0,153	0,060	0,093	0,00	0,00
22:30	0,137	0,061	0,076	0,00	0,00
22:40	0,137	0,061	0,075	0,00	0,00
22:50	0,122	0,062	0,060	0,00	0,00
23:00	0,122	0,063	0,059	0,00	0,00
23:10	0,108	0,064	0,044	0,00	0,00
23:20	0,108	0,064	0,043	0,00	0,00
23:30	0,108	0,065	0,043	0,00	0,00
23:40	0,094	0,066	0,029	0,00	0,00
23:50	0,094	0,066	0,028	0,00	0,00
00:00	0,081	0,067	0,014	0,00	0,00
00:10	0,081	0,068	0,014	0,00	0,00
00:20	0,081	0,068	0,013	0,00	0,00
00:30	0,069	0,069	0,000	0,00	0,00

00:40	0,069			0,00	0,00
00:50	0,069			0,00	0,00
01:00	0,069			0,00	0,00
01:10	0,069			0,00	0,00
Chuva total (mm)	27,4				
Chuva efetiva (mm)	12,8				
Volume Escoado (m ³)	24470,6				

Tabela 19: Discretização das características de qualidade da água da estação AC-I no dia 08/07/2003.

Horário	CQA das Amostras Pontuais						
	SS Totais (mg/L)	Cond (mS/cm)	Coli Fecais (NMP/100mL)	Coli Totais (NMP/100mL)	DBO ₅ (mg/L)	SS vol. (mg/L)	PH
11:40	24.0	126.0	2.69E+06	4.61E+07	8.4	15.8	6.89
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
12:20	493.0	104.8	1.21E+06	7.23E+06	17.8	150.0	7.12
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
12:40	742.0	82.4	3.99E+06	3.26E+07	16.5	176.0	6.91
12:50	63.0	72.3	1.83E+06	1.57E+07	14.6	55.0	6.78
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
13:40	744.0	60.1	2.72E+06	1.19E+07	7.2	175.0	6.71
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
0:30	24.0	126.0	2.69E+06	4.61E+07	8.4	15.8	6.89

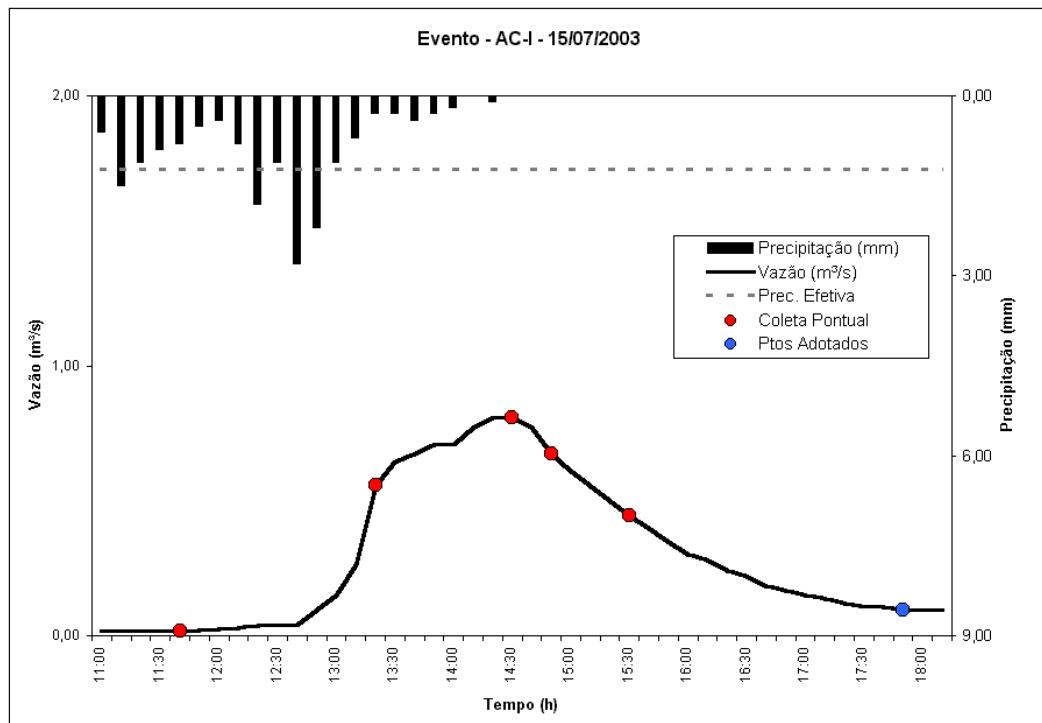


Figura 113: Evento do dia 15/07/2003 registrado na estação AC-I.

Tabela 20: Discretização do evento do dia 15/07/2003 registrado na estação AC-I.

Hora	Vazão Total (m^3/s)	Vazão Base (m^3/s)	Vazão Escoamento Superficial (m^3/s)	Precipitação (mm)	Precipitação Efetiva (mm)
11:00	0,016			0,60	0,00
11:10	0,016			1,50	0,27
11:20	0,016			1,10	0,00
11:30	0,016			0,90	0,00
11:40	0,018	0,018	0,000	0,80	0,00
11:50	0,023	0,023	0,003	0,50	0,00
12:00	0,027	0,027	0,005	0,40	0,00
12:10	0,031	0,031	0,007	0,80	0,00
12:20	0,037	0,037	0,011	1,80	0,57
12:30	0,037	0,037	0,009	1,10	0,00
12:40	0,037	0,037	0,007	2,80	1,57
12:50	0,094	0,094	0,062	2,20	0,97
13:00	0,153	0,153	0,118	1,10	0,00
13:10	0,262	0,262	0,225	0,70	0,00
13:20	0,555	0,555	0,517	0,30	0,00
13:30	0,644	0,644	0,604	0,30	0,00
13:40	0,675	0,675	0,633	0,40	0,00
13:50	0,707	0,707	0,663	0,30	0,00
14:00	0,707	0,707	0,661	0,20	0,00
14:10	0,773	0,773	0,724	0,00	0,00
14:20	0,807	0,807	0,756	0,10	0,00
14:30	0,807	0,807	0,754	0,00	0,00
14:40	0,773	0,773	0,718	0,00	0,00
14:50	0,675	0,675	0,618	0,00	0,00

15:00	0,614	0,614	0,555	0,00	0,00
15:10	0,555	0,555	0,494	0,00	0,00
15:20	0,499	0,499	0,436	0,00	0,00
15:30	0,446	0,446	0,381	0,00	0,00
15:40	0,396	0,396	0,328	0,00	0,00
15:50	0,348	0,348	0,279	0,00	0,00
16:00	0,303	0,303	0,232	0,00	0,00
16:10	0,282	0,282	0,209	0,00	0,00
16:20	0,242	0,242	0,166	0,00	0,00
16:30	0,222	0,222	0,145	0,00	0,00
16:40	0,186	0,186	0,106	0,00	0,00
16:50	0,169	0,169	0,087	0,00	0,00
17:00	0,153	0,153	0,069	0,00	0,00
17:10	0,137	0,137	0,051	0,00	0,00
17:20	0,122	0,122	0,034	0,00	0,00
17:30	0,108	0,108	0,018	0,00	0,00
17:40	0,108	0,108	0,016	0,00	0,00
17:50	0,094	0,094	0,000	0,00	0,00
18:00	0,094			0,00	0,00
18:10	0,094			0,00	0,00
Chuva total (mm)		17,9			
Chuva efetiva (mm)		3,38			
Volume Escoado (m ³)		6420,1			

Tabela 21: Discretização das características de qualidade da água da estação AC-I no dia 15/07/2003.

Horário	CQA das Amostras Pontuais						
	SS Totais (mg/L)	Cond (mS/cm)	Coli Fecais (NMP/100mL)	Coli Totais (NMP/100mL)	DBO ₅ (mg/L)	SS vol. (mg/L)	PH
11:40	53.0	170.4	3.10E+05	1.31E+07	11.0	29.0	6.85
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
13:20	292.0	76.7	2.75E+06	1.40E+07	17.1	73.0	6.85
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
14:30	256.0	65.0	0.00E+00	2.75E+06	9.0	47.0	6.56
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
14:50	237.0	64.4	0.00E+00	2.33E+06	13.7	75.0	6.44
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
15:20	143.0	59.9	2.00E+05	2.69E+06	9.4	24.0	6.38
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
23:50	53.0	170.4	3.10E+05	1.31E+07	11.0	29.0	6.85

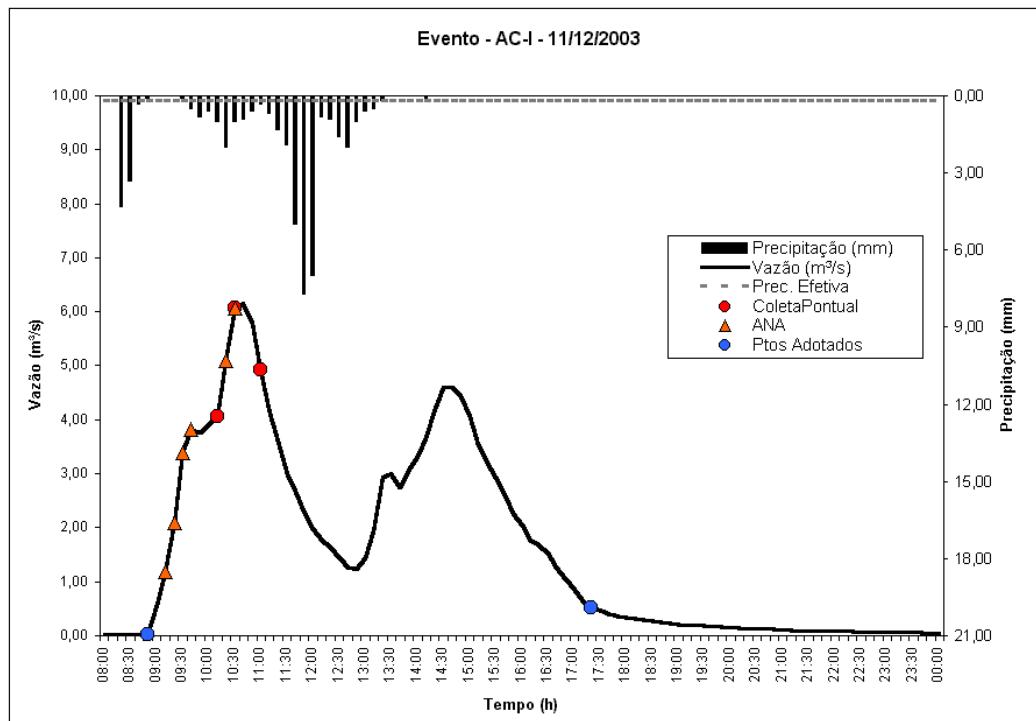


Figura 114: Evento do dia 11/12/2003 registrado na estação AC-I.

Tabela 22: Discretização do evento do dia 11/12/2003 registrado na estação AC-I.

Hora	Vazão Total (m³/s)	Vazão Base (m³/s)	Vazão Escoamento Superficial (m³/s)	Precipitação (mm)	Precipitação Efetiva (mm)
08:00	0,020			0,00	0,00
08:10	0,020			0,00	0,00
08:20	0,020			4,30	4,10
08:30	0,020			3,30	3,10
08:40	0,020			0,30	0,10
08:50	0,020	0,020	0,000	0,10	0,00
09:00	0,584	0,029	0,555	0,00	0,00
09:10	1,185	0,039	1,146	0,00	0,00
09:20	2,097	0,049	2,047	0,00	0,00
09:30	3,399	0,059	3,340	0,10	0,00
09:40	3,828	0,069	3,759	0,50	0,30
09:50	3,755	0,079	3,676	0,80	0,60
10:00	3,902	0,089	3,813	0,60	0,40
10:10	4,052	0,099	3,953	1,00	0,80
10:20	5,096	0,109	4,987	2,00	1,80
10:30	6,071	0,119	5,952	1,00	0,80
10:40	6,164	0,129	6,035	0,90	0,70
10:50	5,797	0,139	5,658	0,60	0,40
11:00	4,927	0,149	4,779	0,30	0,10
11:10	4,128	0,159	3,969	0,70	0,50
11:20	3,610	0,169	3,442	1,30	1,10
11:30	2,995	0,179	2,817	1,90	1,70
11:40	2,678	0,189	2,490	5,00	4,80

11:50	2,264	0,199	2,065	7,70	7,50
12:00	1,989	0,208	1,780	7,00	6,80
12:10	1,781	0,218	1,563	0,80	0,60
12:20	1,633	0,228	1,405	0,90	0,70
12:30	1,445	0,238	1,207	1,60	1,40
12:40	1,269	0,248	1,021	2,00	1,80
12:50	1,227	0,258	0,968	1,00	0,80
13:00	1,445	0,268	1,177	0,60	0,40
13:10	1,936	0,278	1,658	0,50	0,30
13:20	2,931	0,288	2,642	0,20	0,00
13:30	2,995	0,298	2,697	0,00	0,00
13:40	2,740	0,308	2,432	0,00	0,00
13:50	3,061	0,318	2,743	0,00	0,00
14:00	3,330	0,328	3,002	0,00	0,00
14:10	3,682	0,338	3,344	0,10	0,00
14:20	4,205	0,348	3,857	0,00	0,00
14:30	4,599	0,358	4,242	0,00	0,00
14:40	4,599	0,368	4,232	0,00	0,00
14:50	4,439	0,378	4,062	0,00	0,00
15:00	4,052	0,388	3,665	0,00	0,00
15:10	3,539	0,397	3,142	0,00	0,00
15:20	3,194	0,407	2,787	0,00	0,00
15:30	2,931	0,417	2,513	0,00	0,00
15:40	2,617	0,427	2,190	0,00	0,00
15:50	2,264	0,437	1,826	0,00	0,00
16:00	2,042	0,447	1,595	0,00	0,00
16:10	1,781	0,457	1,324	0,00	0,00
16:20	1,682	0,467	1,215	0,00	0,00
16:30	1,538	0,477	1,061	0,00	0,00
16:40	1,269	0,487	0,782	0,00	0,00
16:50	1,064	0,497	0,567	0,00	0,00
17:00	0,877	0,507	0,370	0,00	0,00
17:10	0,644	0,517	0,127	0,00	0,00
17:20	0,527	0,527	0,000	0,00	0,00
17:30	0,472			0,00	0,00
17:40	0,420			0,00	0,00
17:50	0,372			0,00	0,00
18:00	0,348			0,00	0,00
18:10	0,325			0,00	0,00
18:20	0,303			0,00	0,00
18:30	0,282			0,00	0,00
18:40	0,262			0,00	0,00
18:50	0,242			0,00	0,00
19:00	0,222			0,00	0,00
19:10	0,204			0,00	0,00
19:20	0,204			0,00	0,00
19:30	0,186			0,00	0,00
19:40	0,169			0,00	0,00
19:50	0,169			0,00	0,00
20:00	0,153			0,00	0,00
20:10	0,153			0,00	0,00
20:20	0,137			0,00	0,00
20:30	0,137			0,00	0,00
20:40	0,122			0,00	0,00
20:50	0,122			0,00	0,00

21:00	0,108			0,00	0,00
21:10	0,108			0,00	0,00
21:20	0,094			0,00	0,00
21:30	0,094			0,00	0,00
21:40	0,094			0,00	0,00
21:50	0,081			0,00	0,00
22:00	0,081			0,00	0,00
22:10	0,081			0,00	0,00
22:20	0,081			0,00	0,00
22:30	0,069			0,00	0,00
22:40	0,069			0,00	0,00
22:50	0,069			0,00	0,00
23:00	0,058			0,00	0,00
23:10	0,058			0,00	0,00
23:20	0,058			0,00	0,00
23:30	0,058			0,00	0,00
23:40	0,058			0,00	0,00
23:50	0,047			0,00	0,00
00:00	0,047			0,00	0,00
Chuva total (mm)	47,1				
Chuva efetiva (mm)	41,5				
Volume Escoado (m³)	79007,1				

Tabela 23: Discretização das características de qualidade da água da estação AC-I no dia 11/12/2003.

Horário	CQA das Amostras Pontuais						
	SS Totais (mg/L)	Cond (mS/cm)	Coli Fecais (NMP/100mL)	Coli Totais (NMP/100mL)	DBO ₅ (mg/L)	SS vol. (mg/L)	pH
8:50	22.0	145.2	5.12E+05	3.07E+06	19.6	13.0	6.73
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
10:10	584.0	50.0	1.87E+05	2.49E+06	24.6	108.0	6.96
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
10:30	970.0	36.3	9.80E+04	1.66E+06	17.6	119.0	6.73
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
11:00	1816.0	50.2	1.77E+06	1.28E+05	19.0	159.0	6.45
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
17:20	22.0	145.2	5.12E+05	3.07E+06	19.6	13.0	6.73

Tabela 24: Discretização das características de qualidade da água dos amostradores ANA registradas na estação AC-I no dia 22/05/2003.

Horário	CQA dos Amostradores ANA				
	SS Totais (mg/L)	Cond (mS/cm)	DBO5 (mg/L)	SS vol. (mg/L)	pH
8:50	22.0	145.2	19.6	13.0	6.73
▼	▼	▼	▼	▼	▼
9:10	1509.0	49.1	20.4	20.0	6.33
9:20	1282.0	49.8	9.2	74.0	6.49
9:30	1082.0	45.7	10.5	74.0	6.52
9:40	8502.0	49.3	14.6	317.0	6.54
▼	▼	▼	▼	▼	▼
10:20	1106.0	43.9	13.0	49.0	6.17
10:30	788.0	46.0	10.9	40.0	6.43
▼	▼	▼	▼	▼	▼
17:20	22.0	145.2	19.6	13.0	6.73

ANEXO 4 – Eventos Analisados na estação AC-II

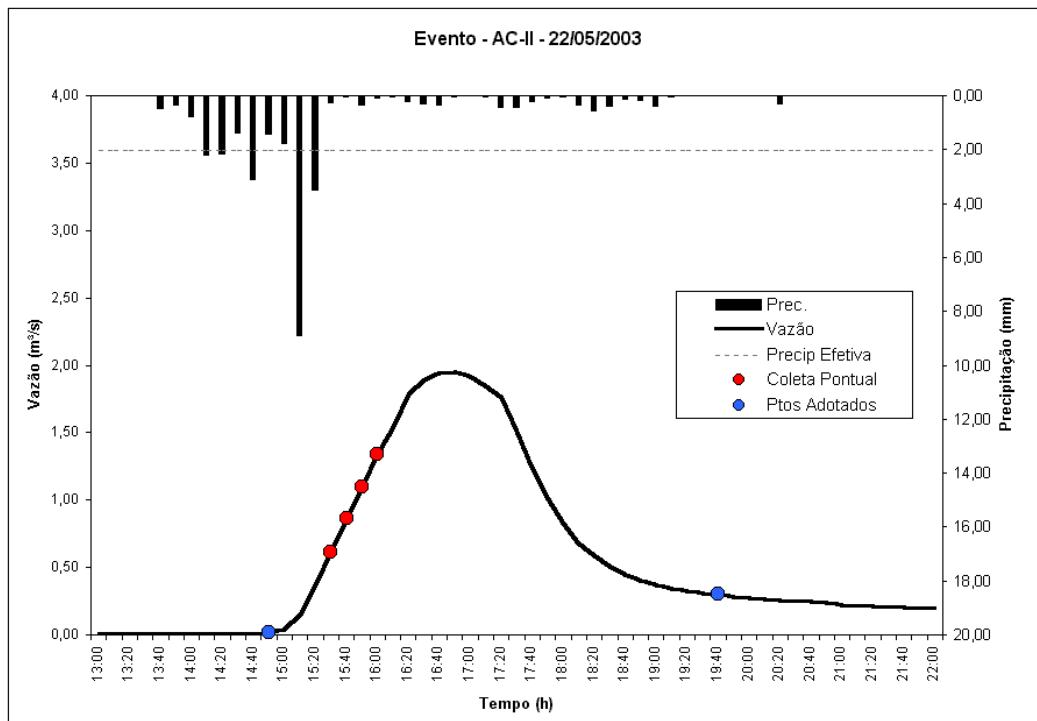


Figura 115: Evento simulado do dia 22/05/2003

Tabela 25: Discretização do evento do dia 22/05/2003 simulado na estação AC-II.

Hora	Vazão Total (m^3/s)	Vazão Base (m^3/s)	Vazão Escoamento Superficial (m^3/s)	Precipitação (mm)	Precipitação Efetiva (mm)
13:00	0,010			0,00	0,00
13:10	0,010			0,00	0,00
13:20	0,010			0,00	0,00
13:30	0,010			0,00	0,00
13:40	0,010			0,47	0,00
13:50	0,010			0,34	0,00
14:00	0,010			0,77	0,00
14:10	0,010			2,19	0,16
14:20	0,010			2,14	0,11
14:30	0,010			1,37	0,00
14:40	0,010			3,13	1,10
14:50	0,020	0,020	0,000	1,44	0,00
15:00	0,040	0,040	0,010	1,76	0,00
15:10	0,159	0,159	0,120	8,91	6,88
15:20	0,368	0,368	0,320	3,48	1,45
15:30	0,617	0,617	0,559	0,28	0,00
15:40	0,860	0,860	0,792	0,03	0,00
15:50	1,100	1,100	1,022	0,34	0,00
16:00	1,340	1,340	1,253	0,09	0,00
16:10	1,550	1,550	1,453	0,03	0,00
16:20	1,788	1,788	1,682	0,23	0,00

16:30	1,890	1,890	1,774	0,30	0,00
16:40	1,944	1,944	1,818	0,34	0,00
16:50	1,952	1,952	1,817	0,03	0,00
17:00	1,921	1,921	1,776	0,00	0,00
17:10	1,853	1,853	1,698	0,04	0,00
17:20	1,761	1,761	1,596	0,45	0,00
17:30	1,510	1,510	1,336	0,45	0,00
17:40	1,240	1,240	1,057	0,23	0,00
17:50	1,010	1,010	0,817	0,08	0,00
18:00	0,826	0,826	0,624	0,04	0,00
18:10	0,687	0,687	0,475	0,33	0,00
18:20	0,587	0,587	0,366	0,58	0,00
18:30	0,508	0,508	0,276	0,38	0,00
18:40	0,448	0,448	0,207	0,15	0,00
18:50	0,408	0,408	0,158	0,17	0,00
19:00	0,368	0,368	0,108	0,39	0,00
19:10	0,348	0,348	0,079	0,03	0,00
19:20	0,328	0,328	0,049	0,00	0,00
19:30	0,309	0,309	0,020	0,00	0,00
19:40	0,299	0,299	0,000	0,00	0,00
19:50	0,289			0,00	0,00
20:00	0,279			0,00	0,00
20:10	0,269			0,00	0,00
20:20	0,259			0,30	0,00
20:30	0,249			0,00	0,00
20:40	0,249			0,00	0,00
20:50	0,239			0,00	0,00
21:00	0,229			0,00	0,00
Chuva total (mm)	31,3				
Chuva efetiva (mm)	9,7				
Volume Escoado (m ³)	13956,7				

Tabela 26: Discretização das características de qualidade da água da estação AC-II no dia 22/05/2003.

Horário	CQA das Amostras Pontuais				
	Cond (mS/cm)	Coli Fecais (NMP/100mL)	Coli Totais (NMP/100mL)	DBO ₅ (mg/L)	pH
14:50	90.8	1.00E+02	5.20E+03	2.0	6.98
▼	▼	▼	▼	▼	▼
15:30	80.7	2.14E+04	7.0	7.23	
15:40	66.5	2.05E+04	3.2	6.61	
15:50	70.4	3.08E+04	2.1	6.64	
16:00	70.2	▼	8.1	6.56	
▼	▼	▼	▼	▼	▼
19:40	90.8	1.00E+02	5.20E+03	2.0	6.98

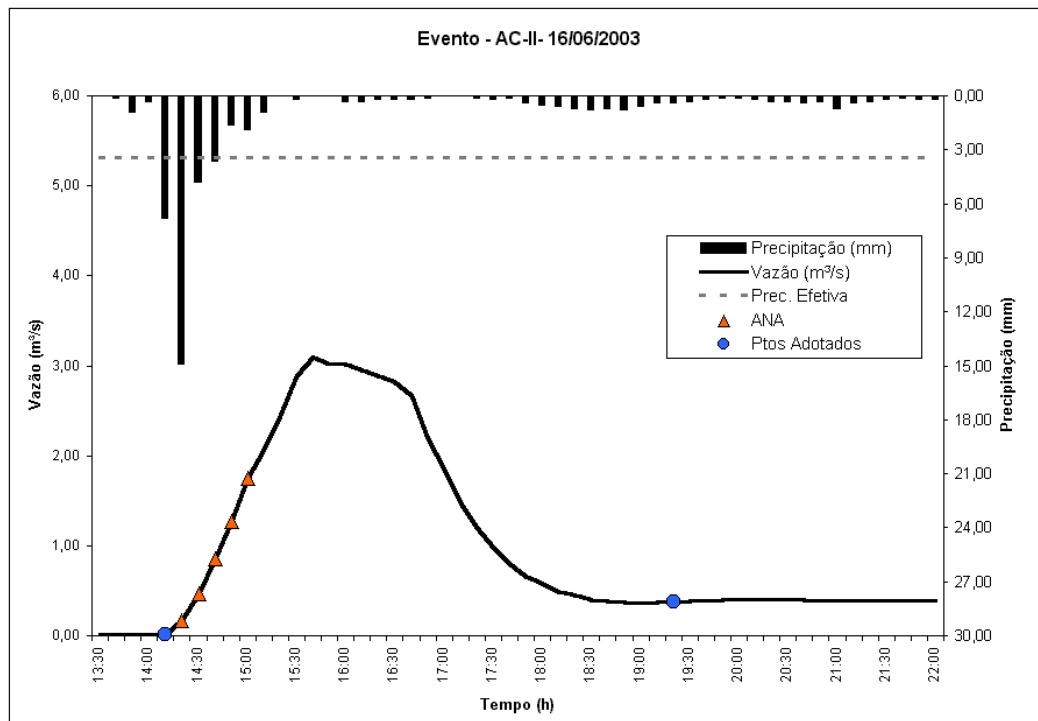


Figura 116: Evento simulado do dia 16/06/2003

Tabela 27: Discretização do evento do dia 16/06/2003 simulado na estação AC-II.

Hora	Vazão Total (m³/s)	Vazão Base (m³/s)	Vazão Escoamento Superficial (m³/s)	Precipitação (mm)	Precipitação Efetiva (mm)
13:30	0,010			0,00	0,00
13:40	0,010			0,10	0,00
13:50	0,010			0,90	0,00
14:00	0,010			0,30	0,00
14:10	0,010	0,010	0,000	6,80	3,36
14:20	0,169	0,022	0,147	14,90	11,46
14:30	0,468	0,034	0,434	4,80	1,36
14:40	0,850	0,046	0,804	3,60	0,16
14:50	1,270	0,057	1,213	1,60	0,00
15:00	1,754	0,069	1,684	1,90	0,00
15:10	2,074	0,081	1,993	0,90	0,00
15:20	2,455	0,093	2,361	0,00	0,00
15:30	2,889	0,105	2,784	0,20	0,00
15:40	3,092	0,117	2,975	0,00	0,00
15:50	3,023	0,129	2,894	0,00	0,00
16:00	3,023	0,141	2,882	0,30	0,00
16:10	2,956	0,153	2,803	0,30	0,00
16:20	2,890	0,164	2,726	0,20	0,00
16:30	2,826	0,176	2,650	0,20	0,00
16:40	2,667	0,188	2,478	0,20	0,00
16:50	2,189	0,200	1,989	0,10	0,00
17:00	1,853	0,212	1,641	0,00	0,00
17:10	1,480	0,224	1,256	0,00	0,00

17:20	1,200	0,236	0,964	0,10	0,00
17:30	0,980	0,248	0,732	0,20	0,00
17:40	0,806	0,259	0,547	0,10	0,00
17:50	0,667	0,271	0,396	0,40	0,00
18:00	0,577	0,283	0,294	0,50	0,00
18:10	0,498	0,295	0,203	0,60	0,00
18:20	0,448	0,307	0,141	0,70	0,00
18:30	0,408	0,319	0,089	0,80	0,00
18:40	0,388	0,331	0,057	0,70	0,00
18:50	0,378	0,343	0,036	0,80	0,00
19:00	0,368	0,354	0,014	0,60	0,00
19:10	0,378	0,366	0,012	0,40	0,00
19:20	0,378	0,378	0,000	0,40	0,00
19:30	0,388			0,30	0,00
19:40	0,388			0,20	0,00
19:50	0,398			0,10	0,00
20:00	0,398			0,10	0,00
20:10	0,398			0,20	0,00
20:20	0,398			0,30	0,00
20:30	0,398			0,30	0,00
20:40	0,398			0,40	0,00
20:50	0,388			0,30	0,00
21:00	0,388			0,70	0,00
21:10	0,388			0,40	0,00
21:20	0,388			0,30	0,00
21:30	0,388			0,20	0,00
21:40	0,388			0,10	0,00
21:50	0,388			0,20	0,00
22:00	0,388			0,20	0,00
Chuva total (mm)	47,9				
Chuva efetiva (mm)	16,3				
Volume Escoado (m ³)	23520,9				

Tabela 28: Discretização das características de qualidade da água dos amostradores ANA registradas na estação AC-II no dia 16/06/2003.

Horário H	CQA dos Amostradores ANA						
	SS Totais (mg/L)	Cond (mS/cm)	Coli Fecais (NMP/100mL)	Coli Totais (NMP/100mL)	DBO ₅ (mg/L)	SS vol. (mg/L)	pH
14:10	32.0	61.7	2.49E+03	3.88E+04	2.2	31.0	6.90
14:20	1293.0	33.1	6.30E+03	6.01E+04	11.9	180.0	6.51
14:30	303.0	38.7	4.10E+03	2.47E+04	10.7	22.0	6.59
14:40	501.0	27.3	9.60E+03	7.57E+04	9.3	43.0	6.50
14:50	390.0	35.3	0.00E+00	2.00E+03	5.1	54.0	6.54
15:00	455.0	42.7	1.46E+04	2.98E+04	6.3	47.0	6.68
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
19:20	32.0	61.7	2.49E+03	3.88E+04	2.2	31.0	6.90

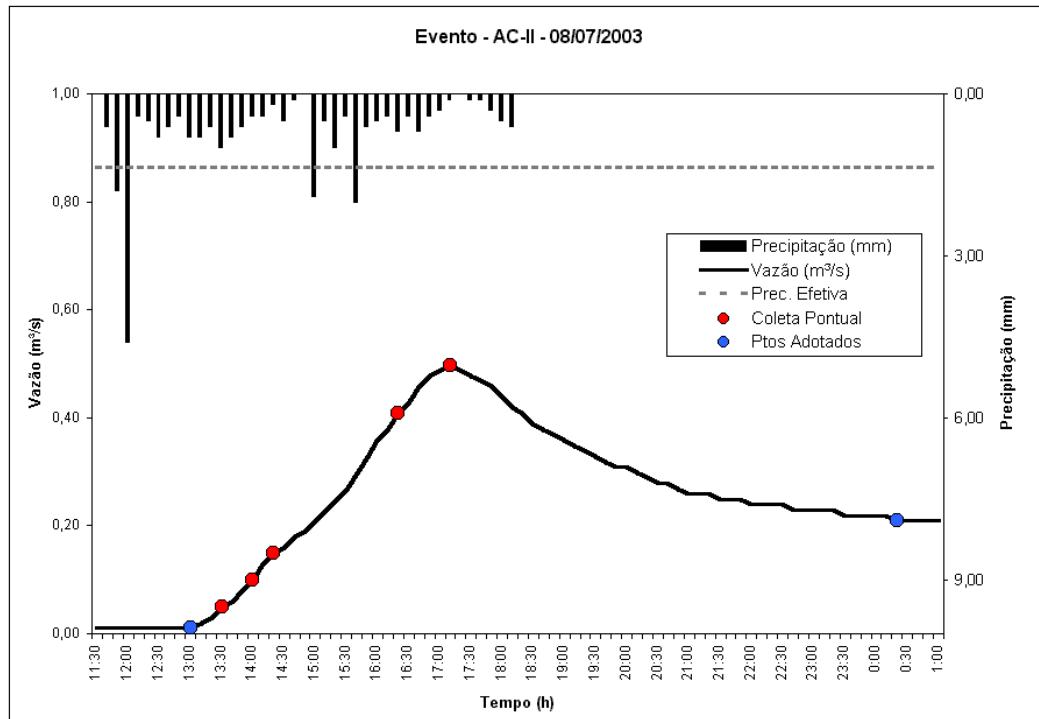


Figura 117: Evento simulado do dia 08/07/2003

Tabela 29: Discretização do evento do dia 08/07/2003 simulado na estação AC-II.

Hora	Vazão Total (m³/s)	Vazão Base (m³/s)	Vazão Escoamento Superficial (m³/s)	Precipitação (mm)	Precipitação Efetiva (mm)
11:30	0,010			0,00	0,00
11:40	0,010			0,60	0,00
11:50	0,010			1,80	0,43
12:00	0,010			4,60	3,23
12:10	0,010			0,40	0,00
12:20	0,010			0,50	0,00
12:30	0,010			0,80	0,00
12:40	0,010			0,60	0,00
12:50	0,010			0,40	0,00
13:00	0,010	0,010	0,000	0,80	0,00
13:10	0,020	0,013	0,007	0,80	0,00
13:20	0,030	0,016	0,014	0,60	0,00
13:30	0,050	0,019	0,031	1,00	0,00
13:40	0,060	0,022	0,038	0,80	0,00
13:50	0,080	0,025	0,055	0,60	0,00
14:00	0,100	0,028	0,072	0,40	0,00
14:10	0,129	0,030	0,099	0,40	0,00
14:20	0,149	0,033	0,116	0,20	0,00
14:30	0,159	0,036	0,123	0,50	0,00
14:40	0,179	0,039	0,140	0,10	0,00
14:50	0,189	0,042	0,147	0,00	0,00
15:00	0,209	0,045	0,164	1,90	0,53
15:10	0,229	0,048	0,181	0,50	0,00

15:20	0,249	0,051	0,198	1,00	0,00
15:30	0,269	0,054	0,215	0,40	0,00
15:40	0,299	0,057	0,242	2,00	0,63
15:50	0,328	0,060	0,269	0,60	0,00
16:00	0,358	0,063	0,296	0,50	0,00
16:10	0,378	0,066	0,313	0,40	0,00
16:20	0,408	0,069	0,340	0,70	0,00
16:30	0,428	0,071	0,357	0,40	0,00
16:40	0,458	0,074	0,383	0,70	0,00
16:50	0,478	0,077	0,400	0,40	0,00
17:00	0,488	0,080	0,408	0,30	0,00
17:10	0,498	0,083	0,415	0,10	0,00
17:20	0,488	0,086	0,402	0,00	0,00
17:30	0,478	0,089	0,389	0,10	0,00
17:40	0,468	0,092	0,376	0,10	0,00
17:50	0,458	0,095	0,363	0,30	0,00
18:00	0,438	0,098	0,340	0,50	0,00
18:10	0,418	0,101	0,317	0,60	0,00
18:20	0,408	0,104	0,304	0,00	0,00
18:30	0,388	0,107	0,282	0,00	0,00
18:40	0,378	0,109	0,269	0,00	0,00
18:50	0,368	0,112	0,256	0,00	0,00
19:00	0,358	0,115	0,243	0,00	0,00
19:10	0,348	0,118	0,230	0,00	0,00
19:20	0,338	0,121	0,217	0,00	0,00
19:30	0,328	0,124	0,204	0,00	0,00
19:40	0,319	0,127	0,191	0,00	0,00
19:50	0,309	0,130	0,179	0,00	0,00
20:00	0,309	0,133	0,176	0,00	0,00
20:10	0,299	0,136	0,163	0,00	0,00
20:20	0,289	0,139	0,150	0,00	0,00
20:30	0,279	0,142	0,137	0,00	0,00
20:40	0,279	0,145	0,134	0,00	0,00
20:50	0,269	0,148	0,121	0,00	0,00
21:00	0,259	0,150	0,108	0,00	0,00
21:10	0,259	0,153	0,105	0,00	0,00
21:20	0,259	0,156	0,102	0,00	0,00
21:30	0,249	0,159	0,090	0,00	0,00
21:40	0,249	0,162	0,087	0,00	0,00
21:50	0,249	0,165	0,084	0,00	0,00
22:00	0,239	0,168	0,071	0,00	0,00
22:10	0,239	0,171	0,068	0,00	0,00
22:20	0,239	0,174	0,065	0,00	0,00
22:30	0,239	0,177	0,062	0,00	0,00
22:40	0,229	0,180	0,049	0,00	0,00
22:50	0,229	0,183	0,046	0,00	0,00
23:00	0,229	0,186	0,043	0,00	0,00
23:10	0,229	0,189	0,040	0,00	0,00
23:20	0,229	0,191	0,037	0,00	0,00
23:30	0,219	0,194	0,025	0,00	0,00
23:40	0,219	0,197	0,022	0,00	0,00
23:50	0,219	0,200	0,019	0,00	0,00
0:00	0,219	0,203	0,016	0,00	0,00
0:10	0,219	0,206	0,013	0,00	0,00
0:20	0,209	0,209	0,000	0,00	0,00

0:30	0,209			0,00	0,00
0:40	0,209			0,00	0,00
0:50	0,209			0,00	0,00
1:00	0,209			0,00	0,00
Chuva total (mm)	27,4				
Chuva efetiva (mm)	4,8				
Volume Escoado (m ³)	6969,4				

Tabela 30: Discretização das características de qualidade da água da estação AC-II no dia 08/07/2003.

Horário	CQA das Amostras Pontuais						
	SS Totais (mg/L)	Cond (mS/cm)	Coli Fecais (NMP/100mL)	Coli Totais (NMP/100mL)	DBO ₅ (mg/L)	SS vol. (mg/L)	PH
13:00	40.0	68.1	2.46E+03	2.85E+04	0.9	32.0	6.83
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
13:30	82.0	74.0	5.10E+03	2.10E+05	2.1	80.0	7.08
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
14:00	116.0	59.3	9.70E+03	2.31E+05	3.2	84.0	6.96
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
14:20	281.0	54.5	1.22E+04	4.36E+05	3.3	91.0	6.79
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
16:20	▼	56.5	1.16E+05	8.66E+05	4.7	▼	6.71
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
17:10	325.0	50.2	1.07E+05	8.13E+05	5.3	89.0	6.65
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
0:20	40.0	68.1	2.46E+03	2.85E+04	0.9	32.0	6.83

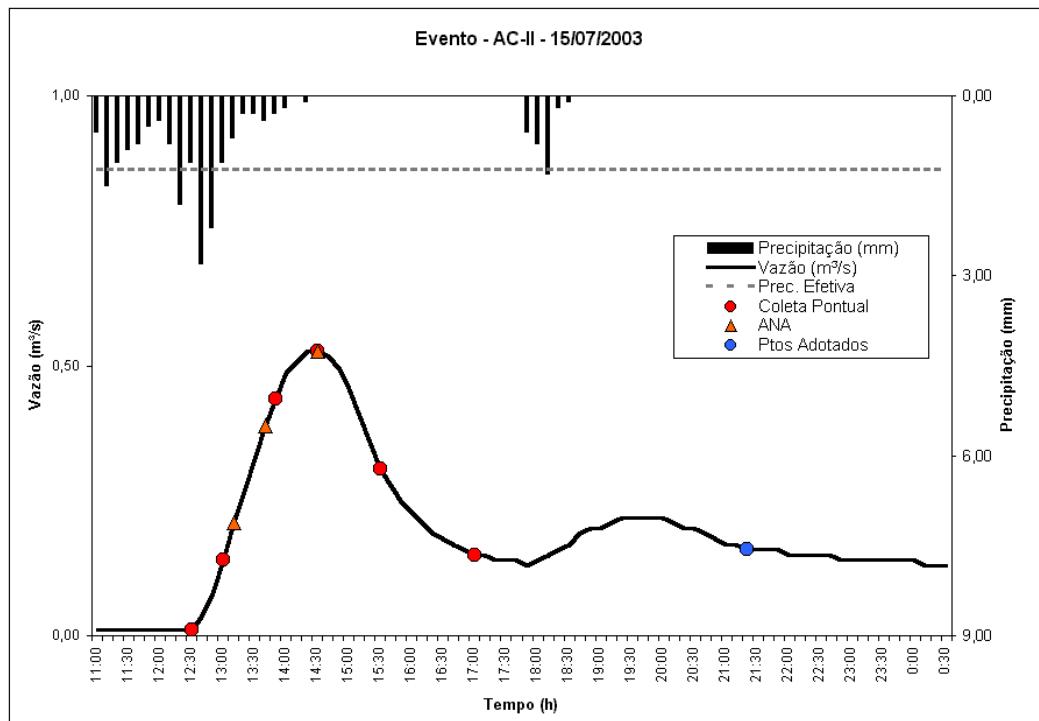


Figura 118: Evento simulado do dia 15/07/2003

Tabela 31: Discretização do evento do dia 15/07/2003 simulado na estação AC-II.

Hora	Vazão Total (m ³ /s)	Vazão Base (m ³ /s)	Vazão Escoamento Superficial (m ³ /s)	Precipitação (mm)	Precipitação Efetiva (mm)
8:30	0,010			0,00	0,00
8:40	0,010			0,20	0,00
8:50	0,010			0,00	0,00
9:00	0,010			0,00	0,00
9:10	0,010			0,00	0,00
9:20	0,010			0,00	0,00
9:30	0,010			0,00	0,00
9:40	0,010			0,20	0,00
9:50	0,010			0,00	0,00
10:00	0,010			0,00	0,00
10:10	0,010			0,00	0,00
10:20	0,010			0,00	0,00
10:30	0,010			0,00	0,00
10:40	0,010			0,80	0,00
10:50	0,010			0,00	0,00
11:00	0,010			0,60	0,00
11:10	0,010			1,50	0,28
11:20	0,010			1,10	0,00
11:30	0,010			0,90	0,00
11:40	0,010			0,80	0,00
11:50	0,010			0,50	0,00
12:00	0,010			0,40	0,00
12:10	0,010			0,80	0,00

12:20	0,010			1,80	0,58
12:30	0,010	0,010	0,000	1,10	0,00
12:40	0,040	0,013	0,027	2,80	1,58
12:50	0,080	0,016	0,064	2,20	0,98
13:00	0,139	0,018	0,121	1,10	0,00
13:10	0,209	0,021	0,188	0,70	0,00
13:20	0,269	0,024	0,245	0,30	0,00
13:30	0,328	0,027	0,302	0,30	0,00
13:40	0,388	0,030	0,359	0,40	0,00
13:50	0,438	0,032	0,405	0,30	0,00
14:00	0,488	0,035	0,452	0,20	0,00
14:10	0,508	0,038	0,470	0,00	0,00
14:20	0,528	0,041	0,487	0,10	0,00
14:30	0,528	0,044	0,484	0,00	0,00
14:40	0,518	0,047	0,471	0,00	0,00
14:50	0,498	0,049	0,448	0,00	0,00
15:00	0,458	0,052	0,406	0,00	0,00
15:10	0,408	0,055	0,353	0,00	0,00
15:20	0,358	0,058	0,300	0,00	0,00
15:30	0,309	0,061	0,248	0,00	0,00
15:40	0,279	0,063	0,215	0,00	0,00
15:50	0,249	0,066	0,183	0,00	0,00
16:00	0,229	0,069	0,160	0,00	0,00
16:10	0,209	0,072	0,137	0,00	0,00
16:20	0,189	0,075	0,114	0,00	0,00
16:30	0,179	0,078	0,102	0,00	0,00
16:40	0,169	0,080	0,089	0,00	0,00
16:50	0,159	0,083	0,076	0,00	0,00
17:00	0,149	0,086	0,063	0,00	0,00
17:10	0,149	0,089	0,060	0,00	0,00
17:20	0,139	0,092	0,048	0,00	0,00
17:30	0,139	0,094	0,045	0,00	0,00
17:40	0,139	0,097	0,042	0,00	0,00
17:50	0,129	0,100	0,029	0,60	0,00
18:00	0,139	0,103	0,036	0,80	0,00
18:10	0,149	0,106	0,044	1,30	0,08
18:20	0,159	0,109	0,051	0,20	0,00
18:30	0,169	0,111	0,058	0,10	0,00
18:40	0,189	0,114	0,075	0,00	0,00
18:50	0,199	0,117	0,082	0,00	0,00
19:00	0,199	0,120	0,079	0,00	0,00
19:10	0,209	0,123	0,086	0,00	0,00
19:20	0,219	0,125	0,094	0,00	0,00
19:30	0,219	0,128	0,091	0,00	0,00
19:40	0,219	0,131	0,088	0,00	0,00
19:50	0,219	0,134	0,085	0,00	0,00
20:00	0,219	0,137	0,082	0,00	0,00
20:10	0,209	0,140	0,069	0,00	0,00
20:20	0,199	0,142	0,057	0,00	0,00
20:30	0,199	0,145	0,054	0,00	0,00
20:40	0,189	0,148	0,041	0,00	0,00
20:50	0,179	0,151	0,028	0,00	0,00
21:00	0,169	0,154	0,016	0,00	0,00
21:10	0,169	0,156	0,013	0,00	0,00
21:20	0,159	0,159	0,000	0,00	0,00

21:30	0,159			0,00	0,00	
21:40	0,159			0,00	0,00	
21:50	0,159			0,00	0,00	
22:00	0,149			0,00	0,00	
Chuva total (mm)		22,1				
Chuva efetiva (mm)		3,5				
Volume Escoado (m ³)		5052,4				

Tabela 32: Discretização das características de qualidade da água da estação AC-II no dia 15/07/2003.

Horário	CQA das Amostras Pontuais						
	SS Totais (mg/L)	Cond (mS/cm)	Coli Fecais (NMP/100mL)	Coli Totais (NMP/100mL)	DBO ₅ (mg/L)	SS vol. (mg/L)	pH
12:30	34.0	108.6	2.00E+02	1.11E+04	3.4	32.0	6.75
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
13:00	51.0	57.4	9.80E+03	7.27E+05	4.2	35.0	7.74
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
13:50	145.0	53.6	4.10E+03	6.13E+05	5.3	32.0	6.56
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
14:30	42.0	64.3	3.18E+04	1.55E+06	7.2	22.0	6.44
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
15:30	209.0	55.9	3.89E+04	1.41E+06	8.6	36.0	6.56
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
17:00	133.0	54.5	2.72E+04	1.30E+06	4.4	43.0	6.44
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
21:20	40.0	68.1	2.46E+03	2.85E+04	0.9	32.0	6.83

Tabela 33: Discretização das características de qualidade da água dos amostradores ANA registradas na estação AC-II no dia 15/07/2003.

Horário	CQA dos Amostradores ANA				
	SS Totais (mg/L)	Cond (mS/cm)	DBO ₅ (mg/L)	SS vol. (mg/L)	pH
12:30	34.0	108.6	3.4	32.0	6.75
▼	▼	▼	▼	▼	▼
13:10	252.0	131.8	5.3	55.0	6.91
▼	▼	▼	▼	▼	▼
13:40	265.0	52.5	5.3	49.0	6.85
▼	▼	▼	▼	▼	▼
14:30	291.0	61.6	6.8	61.0	6.83
▼	▼	▼	▼	▼	▼
21:20	40.0	68.1	0.9	32.0	6.83