



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**  
Centro de Tecnologia e Ciências  
Faculdade de Engenharia


Carla Ribeiro da Silva Peixe

**Águas pluviais para usos não potáveis em escolas municipais:  
estudo de caso na região da baixada de Jacarepaguá, RJ**

Rio de Janeiro  
2012

Carla Ribeiro da Silva Peixe

**Águas pluviais para usos não potáveis em escolas municipais:  
estudo de caso na região da baixada de Jacarepaguá, RJ**



Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Saneamento Ambiental- Controle da Poluição Urbana e Industrial

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciene Pimentel da Silva

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosa Maria Formiga Johnsson

Rio de Janeiro

2012

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/B

P379 Peixe, Carla Ribeiro da Silva.

Águas pluviais para usos não potáveis em escolas municipais: estudo de caso na região da baixada de Jacarepaguá, RJ / Carla Ribeiro da Silva Peixe. - 2012. 172 f.

Orientadora: Luciene Pimentel da Silva.  
Coorientadora: Rosa Maria Formiga Johnsson.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia.

1. Engenharia Ambiental. 2. Abastecimento de águas pluviais – Dissertações. I. Pimentel da Silva, Luciene. II. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. III. Título.

CDU 628.116.2

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Carla Ribeiro da Silva Peixe

**Águas pluviais para usos não potáveis em escolas municipais:  
estudo de caso na região da baixada de Jacarepaguá, RJ**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de Concentração: Saneamento Ambiental- Controle da Poluição Urbana e Industrial

Aprovado em: 12 de março de 2012.

Banca Examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Luciene Pimentel da Silva (Orientadora)  
Faculdade de Engenharia – UERJ

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Rosa Maria Formiga Johnsson (Coorientadora)  
Faculdade de Engenharia – UERJ

---

Prof. Dr. Júlio Domingos Nunes Fortes  
Faculdade de Engenharia – UERJ

---

Prof. Dr. Marconi Fonseca de Moraes  
Universidade Federal de Juíz de Fora - UFJF

Rio de Janeiro

2012

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu amado.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por estar comigo sempre, tanto nos momentos alegres como nos difíceis.

Aos meus pais por nunca terem medido esforços para me proporcionar o melhor.

Ao meu amado por sempre me apoiar.

Às minhas orientadoras por terem tido paciência para me explicar e por terem compartilhado o seu conhecimento comigo.

Ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto HIDROCIDADES – Qualidade de Vida e Recursos Hídricos: Gestão Integrada dos Recursos Hídricos e Planejamento Urbano da Região de Baixada de Jacarepaguá, de nº 557524/2009-1 e bolsa EXP-03 a mim concedida.

A todos os meus amigos.

## RESUMO

PEIXE, Carla Ribeiro da Silva. **Águas pluviais para usos não potáveis em escolas municipais: estudo de caso na região da baixada de Jacarepaguá, RJ.** 2012. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

A captação de águas pluviais não constitui nova estratégia ou tecnologia. Recentemente tem sido proposta em regiões bem desenvolvidas ou em desenvolvimento (periurbanas) em resposta a grandes períodos de estiagens, aumento da demanda por água, maior conscientização pública das enchentes urbanas e sua gênese, e aumento do interesse em práticas de construções sustentáveis, que integram também o uso racional da água. As escolas constituem uma importante fundação da nação e têm influência no desenvolvimento da sociedade e da sensibilização/conscientização sobre as questões ambientais. Muitos dos usos da água nas escolas envolvem usos menos nobres da água. Neste contexto, nessa dissertação de mestrado, além da análise de marcos legais no assunto, foi realizada pesquisa de opinião (entrevista e questionário) junto a atores que interferem no processo decisório da utilização das águas pluviais nas escolas para fins não potáveis. Foram observadas as condições físico-construtivas das escolas do município do Rio de Janeiro, sobretudo na região da 7<sup>a</sup>. CRE, que abrange a Baixada de Jacarepaguá, área de expansão da cidade. Foi implementada uma unidade para coleta e caracterização da qualidade das águas pluviais, além da caracterização e estudo dos volumes de primeiro descarte (*first flush*). Os parâmetros de qualidade da água pH, T, OD, ORP, Tu, STD, Condutividade e Salinidade, foram observados com auxílio de sonda multiparâmetros e, através de análise laboratorial de acordo com o *Standard Methods*, os coliformes termotolerantes. No estudo de percepção, foi verificada uma grande aceitação do aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, embora diretores de escola tenham apresentado informações/percepções divergentes sobre consumo e contas de água das escolas de sua coordenadoria. Na análise dos parâmetros de qualidade da água *versus* registros pluviométricos foi observada variabilidade nos eventos pluviométricos observados que limitaram a correlação entre os mesmos, e acabou limitando a conclusão dos estudos de volumes para primeira lavagem e descarte (*first flush*). Os resultados da pesquisa permitem recomendar a implementação de políticas públicas para aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis nas escolas, mas, com o devido apoio tecnológico. Recomenda-se o aperfeiçoamento e automatização do sistema de coleta de águas pluviais para os estudos de *first flush* e otimização dos volumes de descarte.

Palavras-chave: Abastecimento e águas pluviais; Escolas municipais; Usos não potáveis; Primeira lavagem - *first- flush*.

## ABSTRACT

Rainwater harvesting does not constitute a new strategy or technology. Recently it has been proposed in well-developed regions or in development (peri-urban) in response to long periods of dryness, increased demand for water, greater public awareness of urban flooding and its genesis, and increased interest in sustainable construction practices, incorporating also the rational use of water. Schools are an important foundation of the nation and has influence in the development of society and awareness about environmental issues. Many of the uses of water in schools involve less noble uses of water. In this context, this dissertation in addition to the analysis of legal frameworks in this matter was held survey (interview and questionnaire) with actors who interfere in the decision-making process of the use of rainwater for non potable purposes in schools. Schools physical- constructive conditions were observed of the municipality of Rio de Janeiro, especially in the region of the 7<sup>th</sup> CRE, which covers the region of Baixada de Jacarepaguá, area in expansion of the city. It was implemented a unit for collection and characterization of rainwater quality, plus the characterisation and study of volumes of first flush. The water quality parameters pH, T, DO, ORP, Tu, TDS, Conductivity and Salinity, were observed with the aid of multi-parameter probe and, through laboratory testing in accordance with the Standard Methods, the fecal coliforms. In the study of perception was verified a wide acceptance of the use of rainwater for drinking purposes, although school directors have submitted divergent perception/information about consumption and water bills of the schools in its coordination. In the analysis of water quality parameters versus rainfall records was observed a certain variability in the rainfall events observed that limited the correlation between them, and ended up limiting the conclusions of the studies of volumes for the first washing and disposal (first flush). The search results allowed to recommend the implementation of public policies for rainwater utilization for potable purposes in schools, but with a technological support. It is recommended the improvement and automation of the rainwater collection system for studies of first-flush and optimization of disposition volumes.

Keywords: Supply and rainwater; Municipal schools; Non potable uses; First- flush.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Precipitação Média Annual no Brasil de 1961 a 1990, em mm .....	41
Figura 2	Precipitação Média Mensal no Rio de Janeiro de 1961 a 1990, em mm .....	42
Figura 3	Precipitação Mensal no Rio de Janeiro, em mm, e número de dias de chuva em 2010.....	42
Figura 4	Sistema de aproveitamento de água pluvial.....	44
Figura 5	Desenho esquemático do sistema de coleta de água de chuva .....	46
Figura 6	Formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva.....	49
Figura 7	Uso da água potável (POT) e não potável (NPOT) no perfil de consumo doméstico .....	52
Figura 8	Localização do estudo de caso Escola .....	59
Figura 9	Municipal Professor Teófilo Moreira da Costa.....	60
Figura 10	Bairros de entrevistas com as diretoras .....	62
Figura 11	Coletores de água pluvial.....	64
Figura 12	Sonda multiparâmetros Horiba U- 52 .....	66
Figura 13	Detalhe para os sensores da sonda multiparâmetros Horiba U- 52 .....	66
Figura 14	Distribuição dos bairros de entrevistas nas escolas.....	71

Figura 15	Frequência de falta de água nas escolas.....	72
Figura 16	Responsável pelo pagamento das contas de água das escolas.....	72
Figura 17	Volume de consumo médio mensal das escolas.....	73
Figura 18	Grau de preocupação sobre o tema “economia de água” .....	74
Figura 19	Tipos de apoio considerados necessários para o aproveitamento das águas pluviais nas escolas.....	75
Figura 20	Comparação entre as médias de chuva anuais do município do Rio de Janeiro e as alturas pluviométricas anuais da estação Riocentro .....	78
Figura 21	Comparação entre as médias mensais pluviométricas do município do Rio de Janeiro e da estação pluviométrica Riocentro .....	78
Figura 22	Comparação entre os valores de pH encontrados e os regulamentados.....	84
Figura 23	Comparação entre os valores de turbidez encontrados e os regulamentados.....	85
Figura 24	Oxigênio dissolvido observados e valores de referência regulamentados.....	86
Figura 25	Valores de temperatura observados nas amostras por coletor .....	89
Figura 26	Valores de pH observados nas amostras por coletor.....	89
Figura 27	Valores de potencial de oxi- redução (ORP) observados nas amostras por coletor.....	90
Figura 28	Valores de condutividade observados nas amostras por coletor .....	91

Figura 29	Valores de turbidez observados nas amostras por coletor.....	92
Figura 30	Valores de oxigênio dissolvido (OD) observados nas amostras por coletor .....	93
Figura 31	Valores de sólidos totais dissolvidos observados nas amostras por coletor .....	94
Figura 32	Comparação entre os valores de salinidade observados.....	95
Figura 33	Valores de coliformes termotolerantes observados nas amostras por coletor .....	96
Figura 34	Precipitação <i>versus</i> pH da coleta do dia 17/03/2011 .....	98 e 133
Figura 35	Precipitação <i>versus</i> pH da coleta do dia 22/03/2011 .....	99 e 137
Figura 36	Precipitação <i>versus</i> pH da coleta do dia 23/03/2011.....	100 e 142
Figura 37	Precipitação <i>versus</i> pH da coleta do dia 30/03/2011.....	101 e 147
Figura 38	Precipitação <i>versus</i> pH da coleta do dia 31/03/2011.....	102 e 151
Figura 39	Precipitação <i>versus</i> pH da coleta do dia 25/04/2011.....	103 e 156
Figura 40	Precipitação <i>versus</i> pH da coleta do dia 26/04/2011.....	104 e 160
Figura 41	Precipitação <i>versus</i> pH da coleta do dia 17/05/2011.....	105 e 165
Figura 42	Precipitação <i>versus</i> pH da coleta do dia 18/05/2011.....	106 e 170
Figura 43	Precipitação <i>versus</i> temperatura da coleta do dia 17/03/2011.....	132

Figura 44	Precipitação <i>versus</i> potencial de oxi- redução da coleta do dia 17/03/2011 .....	133
Figura 45	Precipitação <i>versus</i> condutividade da coleta do dia 17/03/2011 .....	134
Figura 46	Precipitação <i>versus</i> turbidez da coleta do dia 17/03/2011 .....	134
Figura 47	Precipitação <i>versus</i> oxigênio dissolvido da coleta do dia 17/03/2011 ..	135
Figura 48	Precipitação <i>versus</i> sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 17/03/2011 .....	135
Figura 49	Precipitação <i>versus</i> salinidade da coleta do dia 17/03/2011 .....	136
Figura 50	Precipitação <i>versus</i> coliformes termotolerantes da coleta do dia 17/03/2011 .....	136
Figura 51	Precipitação <i>versus</i> temperatura da coleta do dia 22/03/2011 .....	137
Figura 52	Precipitação <i>versus</i> potencial de oxi- redução da coleta do dia 22/03/2011 .....	138
Figura 53	Precipitação <i>versus</i> condutividade da coleta do dia 22/03/2011 .....	138
Figura 54	Precipitação <i>versus</i> turbidez da coleta do dia 22/03/2011 .....	139
Figura 55	Precipitação <i>versus</i> oxigênio dissolvido da coleta do dia 22/03/2011 ..	139
Figura 56	Precipitação <i>versus</i> sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 22/03/2011 .....	140
Figura 57	Precipitação <i>versus</i> salinidade da coleta do dia 22/03/2011 .....	140
Figura 58	Precipitação <i>versus</i> coliformes termotolerantes da coleta do dia 22/03/2011 .....	141

Figura 59	Precipitação <i>versus</i> temperatura da coleta do dia 23/03/2011.....	142
Figura 60	Precipitação <i>versus</i> potencial de oxi- redução da coleta do dia 23/03/2011 .....	143
Figura 61	Precipitação <i>versus</i> condutividade da coleta do dia 23/03/2011 .....	143
Figura 62	Precipitação <i>versus</i> turbidez da coleta do dia 23/03/2011 .....	144
Figura 63	Precipitação <i>versus</i> oxigênio dissolvido da coleta do dia 23/03/2011 ..	144
Figura 64	Precipitação <i>versus</i> sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 23/03/2011 .....	145
Figura 65	Precipitação <i>versus</i> salinidade da coleta do dia 23/03/2011 .....	145
Figura 66	Precipitação <i>versus</i> coliformes termotolerantes da coleta do dia 23/03/2011 .....	146
Figura 67	Precipitação <i>versus</i> temperatura da coleta do dia 30/03/2011.....	146
Figura 68	Precipitação <i>versus</i> potencial de oxi- redução da coleta do dia 30/03/2011 .....	147
Figura 69	Precipitação <i>versus</i> condutividade da coleta do dia 30/03/2011 .....	148
Figura 70	Precipitação <i>versus</i> turbidez da coleta do dia 30/03/2011 .....	148
Figura 71	Precipitação <i>versus</i> oxigênio dissolvido da coleta do dia 30/03/2011 ..	149
Figura 72	Precipitação <i>versus</i> sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 30/03/2011 .....	149
Figura 73	Precipitação <i>versus</i> salinidade da coleta do dia 30/03/2011 .....	150

Figura 74	Precipitação <i>versus</i> coliformes termotolerantes da coleta do dia 30/03/2011 .....	150
Figura 75	Precipitação <i>versus</i> temperatura da coleta do dia 31/03/2011 .....	151
Figura 76	Precipitação <i>versus</i> potencial de oxi- redução da coleta do dia 31/03/2011 .....	152
Figura 77	Precipitação <i>versus</i> condutividade da coleta do dia 31/03/2011 .....	152
Figura 78	Precipitação <i>versus</i> turbidez da coleta do dia 31/03/2011 .....	153
Figura 79	Precipitação <i>versus</i> oxigênio dissolvido da coleta do dia 31/03/2011 ..	153
Figura 80	Precipitação <i>versus</i> sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 31/03/2011 .....	154
Figura 81	Precipitação <i>versus</i> salinidade da coleta do dia 31/03/2011 .....	154
Figura 82	Precipitação <i>versus</i> coliformes termotolerantes da coleta do dia 31/03/2011 .....	155
Figura 83	Precipitação <i>versus</i> temperatura da coleta do dia 25/04/2011 .....	155
Figura 84	Precipitação <i>versus</i> potencial de oxi- redução da coleta do dia 25/04/2011 .....	156
Figura 85	Precipitação <i>versus</i> condutividade da coleta do dia 25/04/2011 .....	157
Figura 86	Precipitação <i>versus</i> turbidez da coleta do dia 25/04/2011 .....	157
Figura 87	Precipitação <i>versus</i> oxigênio dissolvido da coleta do dia 25/04/2011 ..	158

Figura 88	Precipitação <i>versus</i> sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 25/04/2011 .....	158
Figura 89	Precipitação <i>versus</i> salinidade da coleta do dia 25/04/2011 .....	159
Figura 90	Precipitação <i>versus</i> coliformes termotolerantes da coleta do dia 25/04/2011 .....	159
Figura 91	Precipitação <i>versus</i> temperatura da coleta do dia 26/04/2011 .....	160
Figura 92	Precipitação <i>versus</i> potencial de oxi- redução da coleta do dia 26/04/2011 .....	161
Figura 93	Precipitação <i>versus</i> condutividade da coleta do dia 26/04/2011 .....	161
Figura 94	Precipitação <i>versus</i> turbidez da coleta do dia 26/04/2011 .....	162
Figura 95	Precipitação <i>versus</i> oxigênio dissolvido da coleta do dia 26/04/2011 ..	162
Figura 96	Precipitação <i>versus</i> sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 26/04/2011 .....	163
Figura 97	Precipitação <i>versus</i> salinidade da coleta do dia 26/04/2011 .....	163
Figura 98	Precipitação <i>versus</i> coliformes termotolerantes da coleta do dia 26/04/2011 .....	164
Figura 99	Precipitação <i>versus</i> temperatura da coleta do dia 17/05/2011 .....	165
Figura 100	Precipitação <i>versus</i> potencial de oxi- redução da coleta do dia 17/05/2011 .....	166
Figura 101.	Precipitação <i>versus</i> condutividade da coleta do dia 17/05/2011 .....	166

Figura 102 Precipitação <i>versus</i> turbidez da coleta do dia 17/05/2011 .....	167
Figura 103 Precipitação <i>versus</i> oxigênio dissolvido da coleta do dia 17/05/2011 ..	167
Figura 104 Precipitação <i>versus</i> sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 17/05/2011 .....	168
Figura 105 Precipitação <i>versus</i> salinidade da coleta do dia 17/05/2011 .....	168
Figura 106 Precipitação <i>versus</i> coliformes termotolerantes da coleta do dia 17/05/2011 .....	169
Figura 107 Precipitação <i>versus</i> temperatura da coleta do dia 18/05/2011 .....	169
Figura 108 Precipitação <i>versus</i> potencial de oxi- redução da coleta do dia 18/05/2011 .....	170
Figura 109 Precipitação <i>versus</i> condutividade da coleta do dia 18/05/2011 .....	171
Figura 110 Precipitação <i>versus</i> turbidez da coleta do dia 18/05/2011 .....	171
Figura 111 Precipitação <i>versus</i> oxigênio dissolvido da coleta do dia 18/05/2011 ..	172
Figura 112 Precipitação <i>versus</i> sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 18/05/2011 .....	172
Figura 113 Precipitação <i>versus</i> coliformes termotolerantes da coleta do dia 18/05/2011 .....	173



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comparação de Consumo Médio Anual entre as Escolas .....	68
Tabela 2	Dados pluviométricos, em mm, da estação Riocentro de 1997 a 2010..	77
Tabela 3	Tabela associativa da data de coleta e mm de chuva precipitado antes da coleta.....	79
Tabela 4	Dados climatológicos precedentes às coletas.....	80
Tabela 5	Dados observados para as amostras de 0,5 mm de chuva .....	81
Tabela 6	Dados observados para as amostras de 1,0 mm de chuva .....	81
Tabela 7	Dados observados para as amostras de 1,5 mm de chuva .....	82
Tabela 8	Dados observados para as amostras de 2,0 mm de chuva .....	82
Tabela 9	Comparação entre os dados observados e os reportados na literatura .	87
Tabela 10	Dados observados na coleta do dia 17/03/2011 .....	98 e 132
Tabela 11	Dados observados na coleta do dia 22/03/2011 .....	99 e 137
Tabela 12	Dados observados na coleta do dia 23/03/2011.....	100 e 141
Tabela 13	Dados observados na coleta do dia 30/03/2011.....	101 e 146
Tabela 14	Dados observados na coleta do dia 31/03/2011.....	102 e 151
Tabela 15	Dados observados na coleta do dia 25/04/2011.....	103 e 155

Tabela 16	Dados observados na coleta do dia 26/04/2011.....	104 e 160
Tabela 17	Dados observados na coleta do dia 17/05/2011.....	105 e 164
Tabela 18	Dados observados na coleta do dia 18/05/2011.....	106 e 169
Tabela 19	Consumo de água, em m <sup>3</sup> e R\$, na Escola Municipal Professor Teófilo Moreira da Costa no período de janeiro de 2008 a maio de 2011 .....	125
Tabela 20	Consumo de água, em m <sup>3</sup> e R\$, na Escola Municipal Pérola Byington no período de janeiro de 2008 a março de 2011.....	126
Tabela 21	Consumo de água, em m <sup>3</sup> e R\$, na Escola Municipal Comunidade Vargem Grande no período de janeiro de 2008 a fevereiro de 2011 ...	127
Tabela 22	Consumo de água, em m <sup>3</sup> e R\$, na Escola Municipal Finlândia no período de janeiro de 2008 a maio de 2011 .....	128
Tabela 23	Consumo de água, em m <sup>3</sup> e R\$, na Escola Municipal Jornalista Campos Ribeiro no período de janeiro de 2008 a maio de 2011 .....	129
Tabela 24	Consumo de água, em m <sup>3</sup> e R\$, na Escola Municipal Silveira Sampaio no período de janeiro de 2008 a janeiro de 2011 .....	130
Tabela 25	Consumo de água, em m <sup>3</sup> e R\$, na Escola Municipal Professora Helena Lopes Abranches no período de janeiro de 2008 a maio de 2011 .....	131

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
AC	Acre
AM	Amazonas
ANA	Agência Nacional de Águas
APHA	<i>American Public Health Association</i>
AWWA	<i>American Water Works Association</i>
BASIX	<i>Building Sustainability Index</i> (Índice de Sustentabilidade de Edificações)
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRE	Coordenadoria Regional de Educação
Dir	direção
EA	<i>Environmental Agency</i> (Agência Ambiental)
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i> (Agência de Proteção Ambiental)
ES	Espírito Santo
EUA	Estados Unidos da América
FIESP	Federação das Indústrias do Estado de São Paulo
GO	Goiás
Hab	habitantes
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
Inst	instantâneo
IPP	Instituto Pereira Passos
MG	Minas Gerais
NaCl	cloreto de sódio
NBR	Norma Brasileira
NMP	Número Mais Provável
NPOT	Não Potável
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i> (Unidade Nefelométrica de Turbidez)
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde

ORP	<i>Oxidation Reduction Potential</i> (Potencial de Oxi- Redução)
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PE	Pernambuco
Ph	potencial de hidrogênio iônico
POT	Potável
ppt	<i>parts per thousand</i> (partes por mil)
PR	Paraná
PROSAB	Programa de Pesquisas em Saneamento Básico
RAF	Reservatório de Armazenamento Final
Raj	rajada
REPC	Reservatório de Eliminação da Primeira Chuva
RS	Rio Grande do Sul
R\$	reais
SC	Santa Catarina
SEI	<i>Stockholm Environment Intitute</i> (Instituto Ambiental de Estocolmo)
SindusCon	Sindicato da Construção
SME	Secretaria Municipal de Educação
SMG	Secretaria Municipal de Governo
SMO	Secretaria Municipal de Obras
SMU	Secretaria Municipal de Urbanismo
SP	São Paulo
STD	Sólidos Totais Dissolvidos
UNEP	<i>United Nations Programme</i> (Programa das Nações Unidas)
UTC	<i>Universal Time Coordinated</i> (Tempo Universal Coordenado)
Vel	velocidade
WEF	<i>Water Environment Federation</i>

## LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

%	por cento
=	igual
°C	grau Celsius
μS/cm	micro Siems por centímetro
‰	por mil
C	coeficiente de escoamento
cm	centímetros
g	grama
kJ/m <sup>2</sup>	kilo Joule por metro quadrado
L	litro
m/s	metros por segundos
m <sup>2</sup>	metros quadrados
m <sup>3</sup>	metros cúbicos
Máx	máximo
mg	mili gramas
Mín	mínimo
mL	mili litro
mm	mili metros
MS	Ministério da Saúde
mS/ cm	mili Siems por centímetro
mV	mili volts
n°	número

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	22
1	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	27
1.1	<b>Aproveitamento de Águas pluviais</b> .....	27
1.1.1	<u>Vantagens, Desvantagens e Características Gerais</u> .....	27
1.1.2	<u>Marcos Regulatórios no Cenário Internacional</u> .....	31
1.1.3	<u>Marcos Regulatórios no Brasil</u> .....	34
1.1.4	<u>Marcos Regulatórios no Estado e na Cidade do Rio de Janeiro</u> .....	39
1.2	<b>Índice Pluviométrico no Brasil e no Rio de Janeiro</b> .....	41
1.3	<b>Aproveitamento de Águas Pluviais em Edificações Educacionais</b> ....	43
1.4	<b>Metodologias para Implementação de Sistemas de Aproveitamento das Águas Pluviais</b> .....	44
1.5	<b>Caracterização da Qualidade das Águas para Consumo</b> .....	49
1.5.1	<u>Qualidade da Água Pluvial</u> .....	53
1.5.2	<u>Parâmetros Físico- químicos e Microbiológicos para análise de qualidade da água</u> .....	56
2	<b>METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	59
2.1	<b>Objeto de Estudo</b> .....	59
2.2	<b>Aspectos Gerenciais de Implementação do Sistema nas Escolas Municipais Sistema de Captação das Águas Pluviais</b> .....	60
2.2.1	<u>Sétima Coordenadoria Regional de Educação</u> .....	60
2.2.2	<u>Escolas Municipais da 7ª CRE</u> .....	61
2.3	<b>Índice Pluviométrico</b> .....	63
2.4	<b>Sistema de Coleta para Caracterização e Análise das Águas Pluviais</b> .....	63
2.5	<b>Qualidade das Águas Pluviais</b> .....	65
2.5.1	<u>Sonda Multiparâmetros</u> .....	65
2.5.2	<u>Análise Microbiológica</u> .....	67
3	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	68
3.1	<b>Consumo de Água nas Escolas Municipais</b> .....	68
3.2	<b>Entrevista com Responsável pelas Contas de Água da 7ª CRE</b> .....	69
3.3	<b>Questionário com Diretores de Escolas da 7ª CRE</b> .....	70

3.4	<b>Aspectos físicos e de disponibilidade hídrica para o aproveitamento das águas pluviais .....</b>	<b>76</b>
3.5	<b>Qualidade das águas pluviais e características climatológicas.....</b>	<b>79</b>
3.6	<b>Caracterização da Qualidade das Águas Pluviais .....</b>	<b>81</b>
3.7	<b>Análise de primeiro descarte dos primeiros 0,5 mm; 1,0 mm; 1,5 mm e; 2,0 mm (<i>first flush</i>).....</b>	<b>88</b>
4	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>107</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>110</b>
	<b>APÊNDICE A- Entrevista com a Responsável pelas Contas de Água da 7ª CRE.....</b>	<b>118</b>
	<b>APÊNDICE B- Questionário Feito com os Diretores das Escolas.....</b>	<b>121</b>
	<b>APÊNDICE C- Tabelas de Consumo de Água de 7 Escolas Municipais da 7ª CRE .....</b>	<b>125</b>
	<b>APÊNDICE D- Resultados da Qualidade da Água Pluvial, em Tabelas e Gráficos, para cada data de coleta.....</b>	<b>132</b>

## INTRODUÇÃO

### Problemática e Justificativa

A concentração das atividades humanas, como ocorre em grandes cidades, intensifica a competição por recursos de um determinado local, principalmente pela água. O aumento da densidade populacional e o aumento da densidade de área construída contribuem para a diminuição da oferta de água per capita e, eventualmente o comprometimento da sua qualidade, assim como favorece o aumento de escoamentos superficiais com impactos na intensificação de enchentes urbanas, entre outros (HALL, 1984).

Furumai (2008) descreve que, com o progresso da urbanização, houve um aumento inevitável da utilização das águas superficiais e subterrâneas para suportar as atividades humanas. Assim, o consumo urbano de água foi um fator importante no impacto no ciclo natural da água e trouxe muitas mudanças na ecologia do ambiente aquático. Com o rápido progresso da urbanização devido ao desenvolvimento econômico após a Segunda Guerra Mundial, o suprimento de água teve que se atualizar com o aumento excepcional da demanda de água para usos doméstico e industrial. O aumento no consumo de água fez com que o balanço hídrico fosse parcialmente distorcido e vários problemas ocorreram, como a diminuição do nível das águas subterrâneas, redução da vazão dos rios e deterioração dos ecossistemas aquáticos. A viabilidade limitada das águas subterrâneas resultou na mudança da fonte de água subterrânea para a água superficial. A rápida urbanização causou a cobertura por pavimentação de pequenos rios com o propósito de criar novos espaços e manter os habitantes afastados de odores e da poluição visual. Rios urbanos foram severamente poluídos por descarga de esgoto doméstico até a construção do sistema de esgoto.

Assim, enquanto a oferta de água tem caído por todo o mundo, o uso de água pluvial tem sido sugerido para promover a economia de água potável e aliviar os problemas de disponibilidade de água. Um novo indicador proposto por Ghisi (2006) mostra que a disponibilidade de água pode aumentar quando a água pluvial é levada em conta, pois quando há um constante uso das águas pluviais, os recursos hídricos são preservados cumulativamente ao longo dos anos.



A captação e aproveitamento das águas pluviais é uma tecnologia usada para a coleta e estocagem da água da chuva, seja proveniente de telhados, pisos ou rochas, usando técnicas simples como reservatórios naturais e/ ou artificiais. Nas medidas pluviométricas clássicas, um milímetro de altura pluviométrica captada equivale a um litro de água por metro quadrado. Depois da coleta, estocagem e eventual tratamento, a água pode ser uma fonte de abastecimento residencial nos usos não potáveis, assim como para aplicações no setor agrícola ou industrial (HELMREICH & HORN, 2009).

Essa tecnologia não é uma ideia recente. Historicamente tem sido utilizada em áreas onde o suprimento de água é limitado pelo clima ou por ausência de infraestrutura adequada, sobretudo em áreas úmidas de elevada pluviosidade e em regiões rurais com ausência de redes de abastecimento. Recentemente, essa tecnologia tem sido utilizada também em regiões bem desenvolvidas, em resposta a grandes períodos de estiagens, que buscam aumento da demanda por água, maior conscientização pública dos impactos ambientais causados pelo escoamento superficial da chuva em áreas impermeabilizadas e aumento do interesse em práticas de construções verdes, que combinam com o uso inteligente da água (JONES & HUNT, 2010).

Já é uma prática difundida em lugares como Estados Unidos (Jones & Hunt, 2010), África (Baiphethi et al., 2009), e Taiwan (Cheng & Liao, 2009), onde novos sistemas vêm sendo desenvolvidos, permitindo a captação de água de qualidade suficiente, de maneira simples e bastante efetiva em termos de custo-benefício.

Segundo PROSAB (2006), diferentemente de outros países e culturas, o aproveitamento da água de chuva no Brasil não acompanha o desenvolvimento do país, e só nas últimas décadas esta prática tem recebido destaque, principalmente na região de semiárido nordestino conhecido por sua escassez de recursos hídricos. Ainda segundo o autor, mesmo considerando que os portugueses quando aqui chegaram já conhecessem técnicas de coleta e aproveitamento da água de chuva, a não utilização desta tecnologia talvez se deva à abundância de água encontrada, principalmente em se considerando a ocupação litorânea do território.

Segundo o Geo Brasil (2007), a região hidrográfica Atlântico Sudeste, onde se localiza o Estado do Rio de Janeiro, apresenta usos relevantes da água no abastecimento humano urbano e industrial devido a suas grandes metrópoles, com taxa de urbanização de 90%. Nessa região, o uso de água humana urbana é de

77,6 m<sup>3</sup>/s equivalente a 46% do uso da água na região. O uso de água humana rural é de 3,6 m<sup>3</sup>/s (2%); o uso industrial é de 44,2 m<sup>3</sup>/s (26%); o uso para irrigação é de 39,4 m<sup>3</sup>/s (23%) e o uso animal, que inclui dessedentação, higiene e demais usos de água para permitir a atividade de criação, é de 4,8 m<sup>3</sup>/s (3%).

De acordo com PROSAB (2006) gastam-se 6L de água a cada descarga no vaso sanitário, com frequência de 5 descargas por pessoa ao dia e ainda há perdas por vazamento de 10%. Na rega de jardim estima-se o consumo de 3 L/ m<sup>2</sup>/ dia com 8 utilizações ao mês. Na lavagem de área impermeabilizada estima-se o uso de 4 L/ m<sup>2</sup>/ dia com 8 utilizações ao mês.

Li, Boyle e Reynolds (2010) relatam que, em 2006, na Irlanda, apenas 6% do abastecimento doméstico de água era usado para beber e cozinhar alimentos e que no restante do abastecimento de água não era necessário ter qualidade de potabilidade. Entretanto, a água doméstica, geralmente, não é fornecida por tubulações separadas para diferentes usos. Assim, a água tratada de alta qualidade é usada desnecessariamente em aplicações que requerem baixa qualidade. Esses autores ainda afirmam que não há eficiência energética e econômica na utilização da água de alta qualidade para outros propósitos que não sejam para beber e cozinhar e, afirmam que a economia energética é um fator importante para o desenvolvimento sustentável de um país.

No contexto do Projeto HIDROCIDADES (Pimentel da Silva et al., 2008), que visa, entre outros, a conservação da água nos meios periurbanos, identificou-se, a partir de pesquisa de opinião local (CERQUEIRA, 2006), problemas de desabastecimento de água durante os meses de verão, não incomuns nas áreas periféricas das cidades devido ao descompasso entre o crescimento populacional e o crescimento da infraestrutura urbana, o potencial de aceitação por parte de moradores e outros atores envolvidos em medidas não convencionais para o controle de enchentes. Ainda, o potencial da utilização da Escola como local de demonstração dessas técnicas e da apropriação desse assunto nas aulas de educação ambiental. Assim, foi desenvolvido nessa dissertação um estudo sobre o aproveitamento de águas pluviais em Escolas da Rede Municipal da Cidade do Rio de Janeiro.

## **Objetivos**

### Geral

O objetivo geral do presente trabalho é analisar a viabilidade da utilização da água da chuva captada pelos telhados para usos não potáveis em Escolas da Rede Municipal do Rio de Janeiro, RJ.

### Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- Estudar marcos legais, assim como oportunidades e barreiras no sistema de gestão na Secretaria Municipal de Educação associados ao uso das águas pluviais;
- Avaliar aspectos físicos construtivos e as quantidades pluviométricas face ao consumo de água nas escolas;
- Avaliar as contas de água das escolas quanto ao consumo em volume e quantia em moeda corrente;
- Estudar a qualidade das águas pluviais e volumes de descarte da água de lavagem da superfície de captação (*first flush*).

## **Metodologia de Desenvolvimento da Pesquisa**

A natureza da metodologia foi de base experimental e investigativa. Foi desenvolvida através de entrevista guiada e questionários pesquisa de opinião sobre a percepção dos atores envolvidos no processo decisório do uso das águas pluviais nas escolas da rede municipal. Foi adotada a Escola Municipal Professor Teófilo Moreira da Costa como objeto para estudo de viabilidade do aproveitamento de águas pluviais nas escolas da rede municipal do Rio de Janeiro. Foram apropriados dados físicos – área de telhados para a captação – e climáticos, sobretudo registros históricos das alturas pluviais locais. A metodologia experimental consistiu na análise físico-química e microbiológica da água pluvial captada de um telhado piloto/demonstrativo na Escola Teófilo, em Vargem Grande, região periurbana do Município do Rio de Janeiro.

## Estrutura da Dissertação

Esta dissertação é dividida em capítulos. O capítulo Introdução trata dos conceitos sobre o tema, problemática e justificativa dessa pesquisa, os objetivos geral e específicos, da natureza da metodologia e a estrutura da dissertação.

O capítulo 1 discorre sobre as vantagens, desvantagens e características gerais do sistema de aproveitamento de águas pluviais, os marcos legais presentes no mundo, no Brasil, no Estado e no Município do Rio de Janeiro e o índice pluviométrico no Brasil e no município do Rio de Janeiro. Esse capítulo trata também das águas para consumo, das metodologias utilizadas no aproveitamento das águas pluviais e dessa prática em edificações educacionais.

O capítulo 2, Metodologia da Pesquisa, descreve a forma como foram feitos o levantamento de dados das escolas, as entrevistas com os atores da Secretaria Municipal de Educação (SME), as análises desses dados e as análises de qualidade das águas pluviais. Foi tomado como objeto de estudo, a região da baixada de Jacarepaguá, zona Oeste do Rio de Janeiro, local de transição de áreas urbanas e rurais. Foram realizadas análises físico-químicas e microbiológicas das águas pluviais. Para tal, foram construídos reservatórios para armazenamento de 0,5, 1,0 1,5 e 2,0 mm de chuva para caracterização da água de lavagem do telhado, ou *first flush*.

O capítulo 3, Resultados e Discussão, relata os dados encontrados e os discute conforme as variantes e a literatura na área.

O capítulo 4, Conclusões e Recomendações, trata das conclusões observadas através desse estudo e faz sugestões para estudos posteriores.

## 1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 Aproveitamento de Águas Pluviais

#### 1.1.1 Vantagens, Desvantagens e Características Gerais

A utilização de água de chuva traz várias vantagens:

- Redução do consumo e do custo de fornecimento de água da rede pública;
- Evitar a utilização de água potável onde não é necessária, como por exemplo, na descarga de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de pisos etc.;
- Os investimentos de tempo, atenção e dinheiro são mínimos para adoção da captação de água pluvial na maioria dos telhados, e o retorno do investimento é sempre positivo;
- Faz sentido ecológico e financeiro não desperdiçar um recurso natural escasso em toda a cidade e disponível em abundância nos telhados;
- Ajuda a conter as enchentes, represando parte da água que teria de ser drenada para galerias e rios e;
- Encoraja a conservação de água, a autossuficiência e uma postura ativa perante os problemas ambientais da cidade.

Já de acordo com a UNEP (2002), o sistema de aproveitamento da água da chuva tem ainda como vantagens:

- Ter o ponto de captação próximo ao local de uso da água;
- O sistema é separado do sistema de abastecimento público e operado individualmente;
- A água da chuva é captada em estruturas preexistentes (telhados, estacionamentos, parques etc.);
- Tem um baixo impacto ambiental comparado às outras tecnologias desenvolvidas em recursos hídricos;
- A água da chuva é relativamente limpa e a sua qualidade é geralmente aceitável para muitos propósitos com pouco ou até mesmo nenhum tratamento;

- As propriedades físicas e químicas geralmente são superiores às das fontes subterrâneas que podem estar sujeitas a contaminações;
- O aproveitamento da água da chuva pode coexistir e prover um bom suplemento para outras fontes de água e sistemas de utilização, aliviando a pressão nas outras fontes de água;
- Provê um suprimento de água em casos de emergência ou de falha no sistema público de abastecimento, especialmente durante desastres naturais;
- Pode contribuir como medida de controle no lote, na otimização/remediação dos problemas associados às enchentes urbanas;
- Os usuários geralmente são os donos e assim operam e gerenciam o sistema de captação, fazendo com que esses tenham maior sensibilidade no exercício da conservação da água, pois estes sabem quanta água é armazenada e tentam prevenir que a cisterna seque;
- Essa tecnologia é flexível e pode ser construída de acordo com qualquer necessidade e;
- A construção, operação e manutenção não são trabalhosas.

Além das vantagens acima citadas, Vohland e Barry (2009) afirmam que essa técnica melhora indicadores hidrológicos como infiltração e recarga de lençóis. Na agricultura em regiões semiáridas, as vantagens dessa prática são o enriquecimento dos nutrientes no solo, aumento da produção de biomassa, com consequente aumento do campo agrícola e aumento do número de plantas e animais.

A UNEP/ SEI (2009) ainda relata que entre os benefícios do aproveitamento da água da chuva estão a tecnologia de baixo custo, altamente descentralizada dando poder a indivíduos e comunidades no gerenciamento de suas águas, sendo usada para melhorar o acesso à água e ao saneamento ao nível local.

Porém, Helmreich & Horn (2009) afirmam que, mesmo o sistema de aproveitamento da água pluvial sendo uma contribuição importante nos lugares com escassez de recursos hídricos, ainda há alguns problemas de integração e implementação desse sistema como:

- Frequentemente a tecnologia usada é muito cara ou é inadequada para atender às necessidades da região;

- Às vezes, há uma falta de aceitabilidade, motivação e envolvimento dentre os usuários; faltam dados e informações hidrológicas para o planejamento, desenho e implementação do sistema de aproveitamento;
- Há uma frequente falta de atenção para os aspectos sociais e econômicos;
- Geralmente, o conhecimento dos usuários é inadequado ou desatualizado com a consequente não obtenção dos benefícios do sistema;
- Ausência de uma estratégia governamental de longo alcance também é uma deficiência e;
- Essa tecnologia é ilegal em certas regiões onde a legislação de águas é rigorosamente aplicada.

Domènech & Saurí (2011) relatam que, em certas áreas urbanas modernas, a água pluvial ainda tem sido considerada como um risco em vez de um recurso. Porém, a UNEP/SEI (2009) afirma que o maior desafio na utilização da água da chuva é que ela não é incluída nas políticas de água em muitos países.

De acordo com Tomaz (2003), estima-se a economia de 30% (trinta por cento) da água da rede pública quando se utiliza água de chuva.

Porém, o potencial de economia de água potável utilizando a água de chuva no Brasil já mensurável, de acordo com Ghisi (2006), varia de 48% para a região Sudeste até 100% na região Norte. Na região Sul, a economia sobre a água potável é de 82%. Porém, através de análise detalhada no estado de Santa Catarina, na região Sul, foi obtido um potencial de 69%, indicando, assim, que análises detalhadas e locais podem demonstrar resultados mais reais. (GHISI; BRESSAN & MARTINI, 2007).

Já o estudo feito por Domènech e Saurí (2011) demonstrou que o aproveitamento da água pluvial dos telhados do município de Sant Cugat Del Vallès, na Espanha, poderia potencialmente reunir 16% de toda demanda doméstica de água dessa cidade, assumindo um coeficiente de escoamento de 0.8, e que o emprego da água pluvial em mais de um uso final permite maximizar a economia de água potável e minimizar o extravasamento dessa água na cisterna.

Ghisi (2006) observou que em 62 cidades do estado de Santa Catarina houve uma boa correlação entre a média potencial para economia de água potável e a média da demanda de água. Assim, o potencial de economia de água potável em

idades localizadas no estado de Santa Catarina pode ser estimado. Este mesmo autor também afirma que, apesar de a área do telhado específica por pessoa em prédios multissetoriais ser baixa, um potencial de economia de água potável de aproximadamente 40% foi observado.

O índice pluviométrico é considerado, por Cheng e Liao (2009), o fator chave para se obter uma maior eficiência na economia de água potável, assim como o desenho relativamente fácil do sistema de captação da água da chuva.

Já segundo Basinger, Montalto e Lall (2010), a viabilidade técnica do sistema de captação da água da chuva é determinada pela relação entre o regime local de precipitação, o volume do tanque de armazenamento, a contribuição da área de captação e a magnitude e a distribuição temporal da demanda de funcionamento.

De acordo com Ghisi, Tavares e Rocha (2009), quanto maior a demanda de água potável diária, menor o potencial de economia dessa água e menor a capacidade ideal da cisterna de armazenamento da água da chuva; quanto maior a área de captação do telhado, maior o potencial de economia de água potável e maior a capacidade ideal da cisterna de armazenamento da água da chuva e; quanto maior o nível da chuva, maior o potencial de economia de água potável.

No caso de prédios com várias unidades, uma capacidade de armazenamento maior é mais apropriada para maximizar o armazenamento de água. Entretanto, para telhados de captação com áreas pequenas, o aumento do tamanho do tanque de armazenamento não aumenta o potencial de estocagem da água tanto quanto em telhados com grandes áreas de captação, pois nesse caso o tanque não preenche nem transborda com a mesma frequência que os tanques pequenos. O tamanho apropriado do tanque de armazenamento da água de chuva em prédios com várias unidades pode prover significativas economias de água mesmo em anos relativamente secos (EROKSUZ; RAHMAN, 2010).

Rahman, Dbais e Imteaz (2010) relatam que na Austrália, embora a cisterna de armazenamento da água da chuva apropriada à demanda de água da casa seja proporcionalmente significativa para moradias pequenas e a qualidade da água da cisterna não seja um problema para usos não potáveis, a viabilidade financeira do sistema de aproveitamento da água de chuva para o proprietário ainda não foi estabelecida devido ao preço da água nesse país ser subsidiado pelo governo.



Assim como na Austrália, Domènech e Saurí (2011) verificaram que no município de Sant Cugat Del Vallès, na Espanha, o tempo de retorno é, em média, 61 anos devido ao preço da água encanada também ser subsidiado pelo governo.

Através de uma análise econômica do sistema de aproveitamento de águas pluviais, Ghisi e Oliveira (2007) verificaram que um grande período de retorno foi obtido devido às baixas tarifas de água cobradas no Brasil. Outro fator importante, trata-se de uma tarifa mínima cobrada por 10 m<sup>3</sup> de água por mês mesmo que a consumação de água seja abaixo desse valor. Em vista disso, para promover a economia de água potável em casas no Brasil, a legislação deve ser revista.

Para Farreney, Gabarrell e Rieradevall (2011), o desempenho econômico do aproveitamento das águas pluviais em prédios depende primariamente da densidade urbana da região, do seu padrão pluviométrico e do preço da água de abastecimento público local para se obter resultados positivos ou não. Contudo, a decisão de rejeitar a estrutura de aproveitamento das águas pluviais não deve ser baseada apenas no critério econômico, mas deve-se levar em conta a questão ambiental com a crescente escassez dos recursos hídricos. Junto com a expectativa de aumento da demanda de água e considerando um custo razoável, não seria aceitável que políticas públicas desconsiderassem as águas pluviais.

### 1.1.2 Marcos Regulatórios no Cenário Internacional

De acordo com Furumai (2008), a implementação do uso sustentável da água requer uma combinação de políticas/regulamentações, tecnologias e participação dos cidadãos.

A Agência de Proteção Ambiental dos EUA (*Environmental Protection Agency-EPA*, 2008) afirma que, para o desenvolvimento de um guia geral ou nacional de aproveitamento de águas pluviais, diversos fatores devem ser considerados. O tratamento local e a preocupação com a saúde pública provavelmente limitarão a quantidade de água pluvial utilizada em demandas potáveis. Irrigação e usos não potáveis para descarga de bacias sanitárias são geralmente os melhores usos finais que compatibilizam com o aproveitamento da água pluvial. Uma menor quantidade de tratamento no local é necessária para esses usos que constituem uma parcela significativa da demanda residencial e comercial. O aproveitamento da água da chuva na irrigação e usos não potáveis internos

selecionados pode diminuir significativamente a demanda de água potável, permitindo um equilíbrio e nível de conforto público entre água potável e aproveitamento de águas pluviais.

O código para habitações sustentáveis do Reino Unido fornece um método de avaliação ambiental para certificar o desempenho de novas moradias, destinadas a incentivar a melhoria contínua na construção de casas sustentáveis. Para alcançar níveis mais elevados do código (níveis 5 e 6) sistemas de aproveitamento de água pluvial geralmente têm que ser instalados junto com aparelhos eficientes de água (EA, 2010).

Nos Estados Unidos da América, Tucson, no estado do Arizona (Waterfall, 2006) foi a primeira cidade a utilizar o aproveitamento de águas pluviais no uso de paisagismo. Porém, só a partir de 1 de Junho de 2010, 50% da água de irrigação de propriedade comercial deveria ser fornecida a partir da água pluvial. Além de cisternas, os regulamentos permitem bermas e taludes com contornos a serem usados para direcionar a água da chuva para árvores e áreas paisagísticas.

O Guia de Aproveitamento de Águas Pluviais de Portland, no Oregon (EUA), (2001) em seus requisitos gerais afirma que a água aproveitada da chuva só pode ser utilizada em descarga de bacias sanitárias e irrigação; a água pluvial só pode ser aproveitada de telhados; os primeiros 10 galões (aproximadamente 38 litros) de água de chuva coletada do telhado durante qualquer evento pluvial devem ser desviados da cisterna de armazenamento da água pluvial, por questões sanitárias.

Na cidade de São Francisco, na Califórnia (EUA), (2008) a Comissão de Utilidade Pública, o Departamento de Inspeção de Edificações e o Departamento de Saúde Pública assinaram um memorando de entendimento para os requisitos de licenciamento para sistemas de aproveitamento de águas pluviais localizados dentro da cidade e condado do município citado. O memorando incentiva o aproveitamento da água da chuva e seus usos não potáveis sem a necessidade de tratamento para padrões de água potável.

Segundo a Agência Ambiental do Reino Unido (*Environmental Agency - EA*) (2010), Bangalore foi a primeira cidade na Índia a implementar uma política de aproveitamento de águas pluviais. Impulsionada por uma necessidade de reduzir os custos de bombeamento e uso de energia associada com o fornecimento de água para a cidade elevada, abordagens inovadoras para aproveitamento de água de chuva estão sendo incorporadas e regulamentadas para todas as novas

construções. Isto irá utilizar a precipitação média anual local de 900-970 mm e reduzir a necessidade de bombear a água dos níveis inferiores.

Na Austrália (2007), onde há uma alta demanda para irrigação, uma nova legislação foi introduzida para aumentar o número de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Em resposta aos condomínios familiares que consomem mais de 70% do abastecimento de água em Sydney, o governo de Nova Gales do Sul introduziu o índice de sustentabilidade de edificações denominado BASIX. O programa irá garantir que casas sejam projetadas para usar menos água potável e produzir menos gases de efeito estufa. O programa BASIX define metas de redução de água para casas e afirma que sistemas de aproveitamento de águas pluviais são essenciais para concretizar esses objetivos.

De acordo com a Agência Ambiental do Reino Unido (EA, 2010), a Bélgica dispõe de legislação nacional que oferece suporte a sistemas de aproveitamento de água pluvial e exige que todas as novas construções tenham um sistema a ser usado para descarga de bacias sanitárias e usos externos da água.

O Ministério da Ecologia, da Energia, do Desenvolvimento Sustentável e do Ordenamento do Território da França criou o decreto *Arrêté du 21 août 2008, relatif à la récupération des eaux de pluie et à leur usage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments - France, 2008* (Decreto de 21 de agosto de 2008, relativo ao aproveitamento das águas pluviais e seus usos no interior e exterior das edificações), no qual restringe o uso da água pluvial captada de telhados não acessíveis nas edificações e suas dependências, assim como as condições de instalação, manutenção e cuidados com os equipamentos necessários a sua captação e utilização. O sistema é composto por equipamentos que façam coleta, tratamento, estocagem e distribuição, além de sinalização adequada. Esse decreto prevê o uso da água pluvial no exterior das edificações, como para irrigação de jardins, e no interior para descarga de sanitários e lavagem de pisos, desde que a área de captação não seja de fibrocimento ou chumbo.

Segundo Domènech e Saurí (2011), na região da Catalunha, na Espanha, mais de 40 municípios aprovaram regulamentações locais promovendo o aproveitamento da água pluvial em novas construções. Através de entrevistas, foi verificado que no município de Sant Cugat Del Vallès, duas estratégias complementares foram defendidas para estimular a instalação dos sistemas de aproveitamento de água pluvial: regulamentações locais e subsídios parciais.

Regulamentações obrigam a instalação de sistema de aproveitamento da água pluvial em novas construções enquanto os subsídios promovem a instalação desses sistemas em prédios já construídos e em construções fora do âmbito da legislação.

### 1.1.3 Marcos Regulatórios no Brasil

O Código das Águas - Decreto 24.643, de 10 de julho de 1934 (BRASIL, 1934), em seu título V - Águas Pluviais, no artigo 103, afirma que as águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas à vontade, salvo existindo direito em sentido contrário. No entanto, no parágrafo único encontra-se a seguinte frase: “Não se poderão, porém, construir nestes lugares ou terrenos, reservatórios para o aproveitamento das mesmas águas sem licença da administração”.

Porém, a ABNT NBR 15527: 2007, Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos – estabelece normas a serem cumpridas como instalação de dispositivo para remoção de detritos; o dimensionamento, limpeza e desinfecção dos reservatórios; a minimização do turbilhonamento no mesmo para dificultar a ressuspensão de sólidos e o arraste de materiais flutuantes; a retirada da água do reservatório próxima à superfície e a qualidade da água para usos mais restritivos. Esse documento afirma que um dispositivo para descarte da água de escoamento inicial pode ser utilizado. Recomenda-se que tal dispositivo seja automático, devendo ser dimensionado pelo projetista. Na falta de dados, o descarte deve ser de 2 mm da precipitação inicial.

No Estado de São Paulo, o Decreto Estadual nº 48.138, de 7 de outubro de 2003, institui medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água em órgãos públicos e de capital misto. Decreta em seu artigo 1º, parágrafo 1º, que somente é permitida a lavagem de ruas, calçadas, praças, pisos frios e áreas de lazer com água de reúso ou outras fontes como a pluvial, sendo expressamente vedada a lavagem com água potável, exceto em casos que se confirme existência de material contagioso ou outros que tragam dano à saúde.

Já a Lei do Estado de São Paulo 12.526, de 2 de janeiro de 2007, estabelece normas para contenção de enchentes e destinação de águas pluviais. Em seu artigo 1º torna obrigatória a implantação de sistema para a captação e retenção de águas

pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos, em lotes, edificados ou não, que tenham área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup> (quinhentos metros quadrados), tendo como um dos seus objetivos contribuir para a redução do consumo e o uso adequado da água potável tratada. Essa lei estabelece diretrizes para composição do sistema, como reservatório com cálculo para dimensionamento e condutores das águas. Porém essa lei não torna obrigatório o uso da água pluvial para uso não potável, apenas prevê esse uso, podendo essa água ter outras destinações. Ainda afirma que as despesas decorrentes da execução desta lei correrão à conta das dotações orçamentárias próprias.

A Lei Ordinária nº 345, de 30 de maio de 2008, do município de São Paulo, institui o programa de reutilização da água, como meio de preservação da água e do meio ambiente e dá outras providências, afirmando em seu artigo 2º que o programa tem por finalidade conscientizar a população sobre a importância da água e de seu uso racional, tal como a tecnologia de aproveitamento das águas pluviais, dentre outras. Em seu artigo 3º, a lei estabelece que a Prefeitura pode conceder desconto de 5% no IPTU (Imposto Predial e Territorial Urbano), como forma de incentivo para os municípios que fizerem uso dessa tecnologia mediante comprovação.

A Lei Municipal de Recife (PE), nº 17.081, de 12 de janeiro de 2005, cria no município do Recife o programa de conservação e uso racional da água nas edificações. Afirma no artigo 7º que deverá ser instalado um sistema que conduza toda água captada por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos ao reservatório para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada proveniente da rede pública de abastecimento, tais como: rega de jardins e hortas, lavagem de roupa, lavagem de veículos e lavagem de vidros, calçadas e pisos. Entretanto, essa lei não estabelece em quais casos deve ser instalado o sistema. Em complementação, a Lei nº 17.606, de 11 de março de 2010, dispõe sobre a obrigatoriedade de reservatórios e captadores de água da chuva nos postos de combustíveis e estabelecimentos de lavagem de veículos e dá outras providências. Afirma em seu artigo 2º que os postos de combustíveis e os lava-jatos deverão instalar sistemas de reaproveitamento da água das lavagens dos veículos e, em seu artigo 4º, que novos empreendimentos dessa natureza somente obterão o alvará de funcionamento mediante a comprovada instalação de reservatórios e captadores de água da chuva.

Lei Ordinária de Rio Branco (AC), nº 1.611, de 27 de outubro de 2006, aprova e institui o novo plano diretor do município de Rio Branco e dá outras providências. No artigo 71, parágrafo 3º, afirma que deverão ser previstos reservatórios de reaproveitamento de águas pluviais no interior dos empreendimentos de tipos específicos, a serem regulamentados por lei específica.

A Lei Municipal de Curitiba (PR), nº 10.785, de 18 de setembro de 2003, cria no município, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE, e afirma em seu artigo 7º, que a água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da rede pública de abastecimento, tais como: rega de jardins e hortas, lavagem de roupa, lavagem de veículos e lavagem de vidros, calçadas e pisos. Em complementação, o Decreto nº 293, de 22 de março de 2006, regulamenta a Lei nº 10.785/03 e dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água em edificações e dá outras providências. No artigo 2º, relata que, para o licenciamento de edificações no município, é obrigatório que, no projeto de instalações hidráulicas, seja prevista a implantação de mecanismo de captação das águas pluviais, nas coberturas das edificações, as quais deverão ser armazenadas para posterior utilização em atividades em que não exijam o uso de água tratada.

A Lei Municipal de Manaus (AM), nº 1.192, de 31 de dezembro de 2007, cria, no município de Manaus, o programa de tratamento e uso racional das águas nas edificações – Pro-Águas. Em seu artigo 16, afirma que a água das chuvas poderá ser captada nas edificações e encaminhada a um reservatório para ser utilizada, após tratamento adequado, em atividades que não requeiram o uso de água potável, tais como: rega de vegetação, inclusive hortas, lavagem de roupa, lavagem de veículos, lavagem de vidros, calçadas e pisos, descarga em vasos sanitários, combate a incêndios e recarga de lençol freático.

A Lei Complementar nº 155, de 02 de junho de 2006, do município de Goiânia (GO), introduz alterações na lei 5.062, de 25 de novembro de 1975. Afirma, no artigo 8º, parágrafo único, que nos projetos de construção populares elaborados e fornecidos pela prefeitura, deverá conter sistema de captação de águas pluviais para o seu aproveitamento, em finalidade que não exija o uso de água potável.

A Lei Ordinária de Florianópolis (SC), nº 8.080, de 09 de novembro de 2009, institui programa municipal de conservação, uso racional e reúso da água em

edificações e dá outras providências. Afirma, em seu artigo 4º, que dentre as ações de utilização de fontes alternativas compreende a captação, armazenamento e utilização de água provenientes das chuvas. O parágrafo 1º desse artigo diz que a água proveniente das chuvas será coletada na cobertura das edificações e armazenada em cisterna ou tanque para utilização em atividades que não requeiram o uso de água tratada proveniente da rede pública de abastecimento, como: irrigação paisagística e campos de cultivo, lavagem de roupas, lavagem de veículos e logradouros públicos, lavagem de vidros, calçadas e pisos, utilização na construção civil, no combate a incêndios, em processos, atividades e operações industriais e descargas de vasos sanitários. O artigo 5º diz que o combate ao desperdício quantitativo de água compreende ações voltadas à conscientização da população, através de campanhas educativas, abordagem do tema nas aulas ministradas na rede municipal de ensino, em palestras e outras formas congêneres, versando sobre o uso abusivo da água, métodos de conservação, uso racional e reúso da mesma.

A Lei Ordinária de Foz do Iguaçu (PR), nº 3.461, de 30 de junho de 2008, dispõe sobre a obrigatoriedade de reservatórios e captadores de água da chuva nos postos de combustíveis e estabelecimentos de lavagem de veículos e dá outras providências. Porém a Lei Ordinária de Foz do Iguaçu (PR), nº 3.617, de 29 de outubro de 2009, revoga a lei nº 3.461, de 30 de junho de 2008 e a lei nº 3.540, de 16 de junho de 2009, que prorroga o prazo estabelecido no art. 3º, da lei nº 3.461/08. No entanto, a Lei Ordinária de Foz do Iguaçu (PR) nº 3.623, de 12 de novembro de 2009, dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de fontes alternativas de captação de água nas escolas municipais e unidades de saúde do município, afirmando em seu artigo 1º, parágrafo único, que dentre as fontes alternativas de captação de água de que trata o caput deste artigo, todas as unidades de ensino e de saúde, de responsabilidade do município, deverão contar com cisternas ou tanques para a captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas, para uso em atividades que não requeiram a utilização de água tratada da rede pública de abastecimento, como lavagem de vidros, calçadas, pisos e rega de jardins e hortas dentre outras.

A Lei Ordinária de Porto Alegre (RS), nº 10.506, de 05 de agosto de 2008, institui o programa de conservação, uso racional e reaproveitamento das águas, afirmando, em seu artigo 8, que uma das ações de reaproveitamento das águas compreende a captação, o armazenamento e a utilização de água

proveniente das chuvas e, em seu artigo 9º, que a água das chuvas será captada na cobertura das edificações e encaminhada a uma cisterna ou tanque para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água potável proveniente do serviço de abastecimento público de água, tais como a lavagem de roupas, vidros, calçadas, pisos, veículos e a irrigação de hortas e jardins.

A Lei Ordinária de Vitória (ES), nº 7.079, de 14 de setembro de 2007, institui o programa de conservação, redução e racionalização do uso de água nas edificações públicas no município de Vitória e relata, em seu artigo 5º, que uma das ações de reaproveitamento das águas compreende a captação, o armazenamento e a utilização de água proveniente das chuvas, em seu artigo 6º, que a água das chuvas será captada na cobertura das edificações públicas e encaminhada a uma cisterna ou tanque, para ser utilizada em atividades que não requeiram o uso de água tratada, proveniente da rede pública de abastecimento, tais como: rega de jardins e hortas, lavagem de roupas, lavagem de veículos e lavagem de vidros, calçadas e pisos e, ainda, em seu artigo 8º, diz que o combate ao desperdício quantitativo de água compreende ações voltadas à conscientização da população através de campanhas educativas, abordagem do tema nas aulas ministradas nas escolas integrantes da rede pública municipal e palestras, entre outras, versando sobre o uso abusivo de água, métodos de conservação e uso racional da mesma.

Já em Belo Horizonte (MG), a Lei Ordinária nº 9.242, de 31 de julho de 2006, define a criação do grupo Movimento das Águas e dá outras providências. Relata em seu artigo 2º que o objetivo do grupo Movimento das Águas é, dentre outros, trabalhar complementarmente ao executivo e apoiar entidades da sociedade civil para realização das iniciativas de capacitação e instrumentalização dos cidadãos no sentido de poder optar pela adoção, em seus ambientes residenciais, empresariais, de trabalho ou na gestão da cidade, de soluções de captação e uso de águas de chuva, como componentes de iniciativas minimizadoras de enchentes e propícias ao controle de cheias.

Em Juiz de Fora (MG), a Lei Ordinária nº 11.657, de 5 de setembro de 2008, institui o programa municipal de conservação e uso racional da água e dá outras providências, afirmando em seu artigo 6º que uma das ações de utilização de fontes alternativas compreende a captação, armazenamento e utilização de água proveniente das chuvas. Também nesse mesmo município, a Lei Ordinária nº 12.265, 13 de abril de 2011, institui a política municipal de reutilização da água,



como meio de sua preservação e do meio ambiente e dá outras providências, relatando em seu artigo 2º que a política municipal de reutilização da água tem por finalidade conscientizar a população sobre a importância da água e de seu uso racional, bem como divulgar os meios possíveis de reutilização da água, tais como a tecnologia de membranas filtrantes (água reciclada), a recarga do aquífero (utilização do subsolo) e o aproveitamento das águas da chuva, dentre outros meios.

#### 1.1.4 Marcos Regulatórios no Estado e na Cidade do Rio de Janeiro

A Lei Estadual nº 4248, de 16 de dezembro de 2003, institui o programa de captação de águas pluviais no âmbito do Estado do Rio de Janeiro, afirmando em seu artigo 2º que: “O Programa de Captação de Águas Pluviais terá como finalidade oferecer aos habitantes das cidades do Estado do Rio de Janeiro, educação e treinamento visando à captação de águas pluviais, permitindo que as pessoas se conscientizem da importância do ciclo das águas.” Porém, como uma primeira tentativa em estabelecer conjunturas quanto ao aproveitamento de águas pluviais, essa lei não discorre sobre nenhuma diretriz a ser tomada para a conquista de seu objetivo e nem mesmo propõe indicadores para o acompanhamento de sua efetiva implementação.

O Decreto Municipal nº 23.940, de 30 de janeiro de 2004, torna obrigatória, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem. Esse, sim, estabelece algumas diretrizes como o cálculo de dimensionamento do reservatório, porém só torna obrigatória a adoção desses reservatórios nos empreendimentos que tenham área impermeabilizada superior a quinhentos metros quadrados, sendo que a água pluvial reservada pode ser despejada na rede pública de drenagem, após uma hora de chuva ou ser conduzida a outro reservatório a fim de ser utilizada para finalidades não potáveis. Já o seu artigo 3º afirma que: “No caso de novas edificações residenciais multifamiliares, industriais, comerciais ou mistas que apresentem área do pavimento de telhado superior a quinhentos metros quadrados e, no caso de residenciais multifamiliares de cinquenta ou mais unidades, será obrigatória a existência do reservatório objetivando o reúso da água pluvial para finalidades não potáveis e, pelo menos, um ponto de água destinado a esse reúso sendo a

capacidade mínima do reservatório de reúso calculada somente em relação às águas captadas do telhado.”

A Lei Estadual 4.393, de 16 de setembro de 2004, dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil de prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas pluviais e dá outras providências. Estabelece em seu artigo 2º, parágrafo único, que a utilização da água da chuva será para usos secundários como lavagem de prédios, lavagem de autos, rega de jardins, limpeza, banheiros etc., não podendo ser utilizada nas canalizações de água potável.

A Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001, de 27 de janeiro 2005, disciplina os procedimentos no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do Decreto Municipal nº 23.940 de 30 de janeiro de 2004, dando diretrizes a serem observadas como cálculo para o dimensionamento da capacidade do reservatório, condições, limpeza e desinfecção do mesmo e o padrão de qualidade das águas destinadas a fins não potáveis, a saber: materiais flutuantes virtualmente ausentes, odor e aspectos não objetáveis, óleos e graxas, toleram-se iridicências, e pH 6 a 9. Essa resolução também limita o uso da água pluvial para lavagens de automóveis, pisos e regas de jardins.

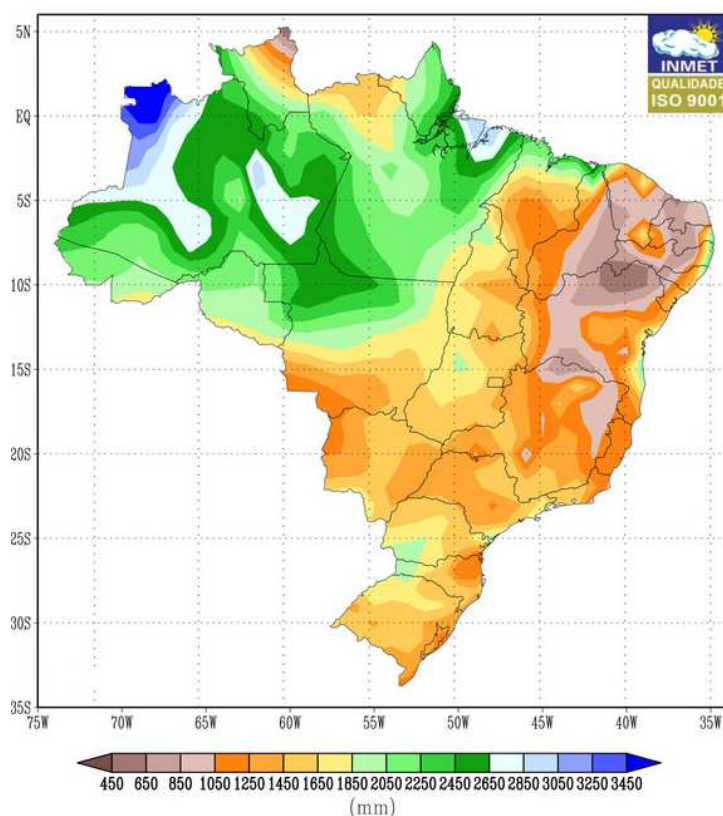
A Lei Municipal nº 3.899, de 2 de março de 2005, estabelece nova destinação para as águas de chuva e servidas dos edifícios residenciais e dá outras providências. O seu artigo 1º afirma que: “As águas de chuva e servidas de pias de lavatórios, tanques, máquinas de lavar roupa, ralos de banheiros e chuveiros, dos edifícios residenciais, serão coletadas, armazenadas e filtradas numa cisterna, para posterior uso do condomínio”.

No município de Petrópolis (RJ), a Lei 6.439, de 14 de maio de 2007, dispõe sobre a obrigatoriedade de que, nas construções de novos imóveis com mais de cinco andares, sejam projetados dispositivos de captação de águas da chuva, afirmando no artigo 1º, parágrafo 1º, que a sua utilização será de usos secundários como lavagem de outros, jardins e limpezas de banheiros e pisos, não podendo ser utilizados nas canalizações de águas potáveis.

Porém, pelo fato de existirem apenas essas leis e pela falta de políticas públicas, como incentivos fiscais, para que estas leis sejam cumpridas, é observado que não há uma ampla utilização das águas pluviais na localidade em questão.

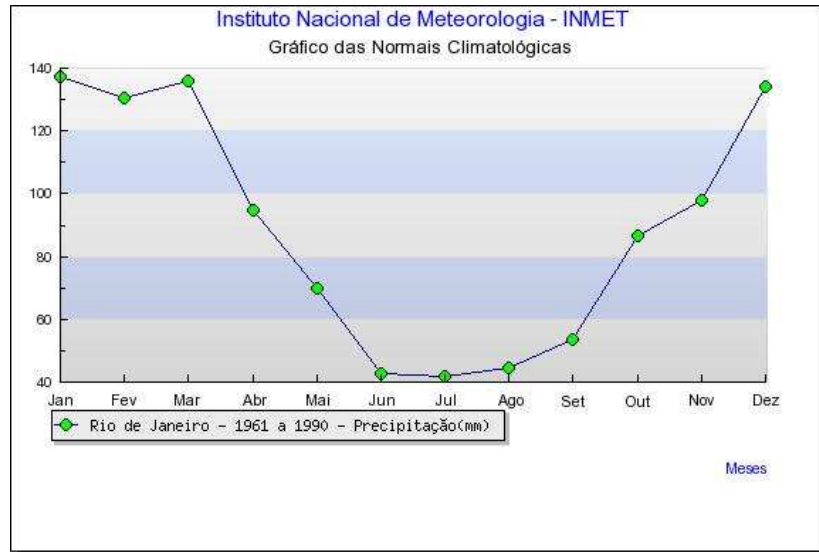
## 1.2 Índice Pluviométrico no Brasil e no Município do Rio de Janeiro

O Brasil apresenta boa distribuição e disponibilidade de chuvas por quase todo o ano, com exceção da região Nordeste, conhecida por seu clima semiárido. A região com o maior índice de pluviosidade é a região Norte, onde se localiza a floresta Amazônica (Figura 1).

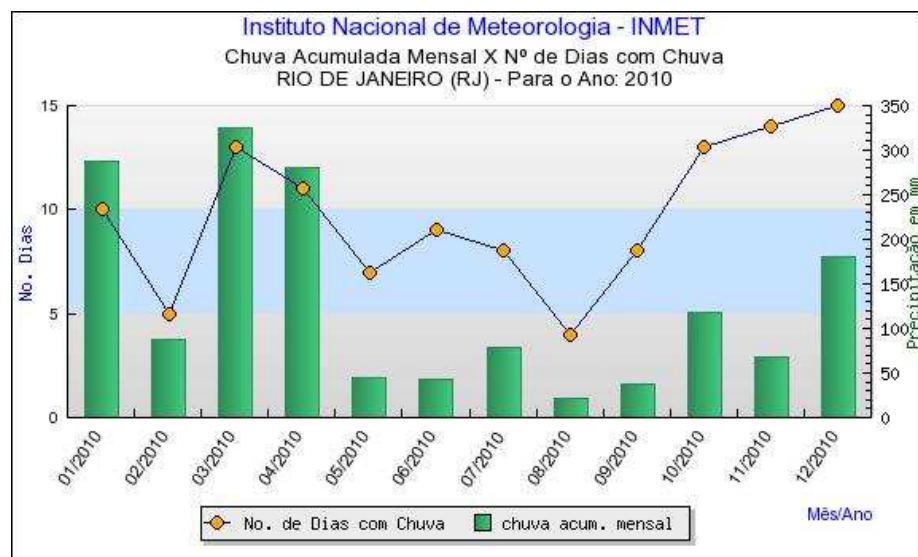


**Figura 1.** Precipitação Média Anual no Brasil de 1961 a 1990, em mm.  
(Fonte: INMET, 2011)

No município do Rio de Janeiro, situado na região Sudeste do país, chove praticamente o ano todo, com um breve período de estiagem entre junho e agosto, com precipitações mensais de 40 mm, em média. (Figuras 2 e 3). No ano de 2010 foram observados de 15 a 27 dias sem chuva, em dezembro e agosto respectivamente.



**Figura 2.** Precipitação Média Mensal no Rio de Janeiro de 1961 a 1990, em mm.(Fonte: INMET, 2011)



**Figura 3.** Precipitação Mensal no Rio de Janeiro, em mm, e número de dias de chuva em 2010.  
(Fonte: INMET, 2011)

### 1.3 Aproveitamento de Águas Pluviais em Edificações Educacionais

Furumai (2008) afirma que o uso das águas pluviais pode servir como uma forma de educação ambiental para formar cidadãos conscientes em uso sustentável urbano da água.

De acordo com Wung et. al (2006), o aproveitamento de água pluvial pode ser efetivo em escolas de ensino fundamental. Escolas com alta densidade de alunos têm uma demanda mais alta de água do que as escolas com baixa densidade de alunos. Dessa forma, o número de alunos e a área de captação de água na escola são os fatores mais importantes para aferir a demanda mensal de água.

Anand e Apul (2011) descrevem que a água utilizada, em prédios escolares, para descarga da bacia sanitária equivale a mais de 27% do total de água utilizada nesses locais. O uso de grandes volumes de água potável para remover excretas humanas por grandes distâncias não é somente um uso pobre dos recursos hídricos, mas também é ineficiente, caro e que requer um gasto intensivo de energia. No estudo de caso em Toledo, Ohio (EUA), feito por esses autores, em um grande complexo escolar com 2.200 pessoas, verificou-se que o aproveitamento da água da chuva não foi suficiente para suprir a demanda de água não potável e foi necessário utilizar a água de abastecimento público. Dessa forma, não houve uma relação custo-benefício favorável a esta prática, em comparação com o modelo padrão, com retorno de investimento acima de 50 anos.

Porém, para Cheng & Hong (2004), escolas de ensino fundamental são uma importante fundação da nação e têm grande influência no desenvolvimento da sociedade. O suprimento e utilização de água nas escolas afetam diretamente a saúde e o saneamento das crianças em aprendizagem sobre o meio ambiente. Uma grande quantidade de água usada na escola pode ser causada por uso inapropriado ou por desperdício. Entretanto, um baixo uso da água pode não ser consistente com princípios de saúde e saneamento. Um planejamento apropriado nas escolas primárias para a utilização da água pode contribuir ricamente para o orçamento da educação no país e promover a conservação do meio ambiente.

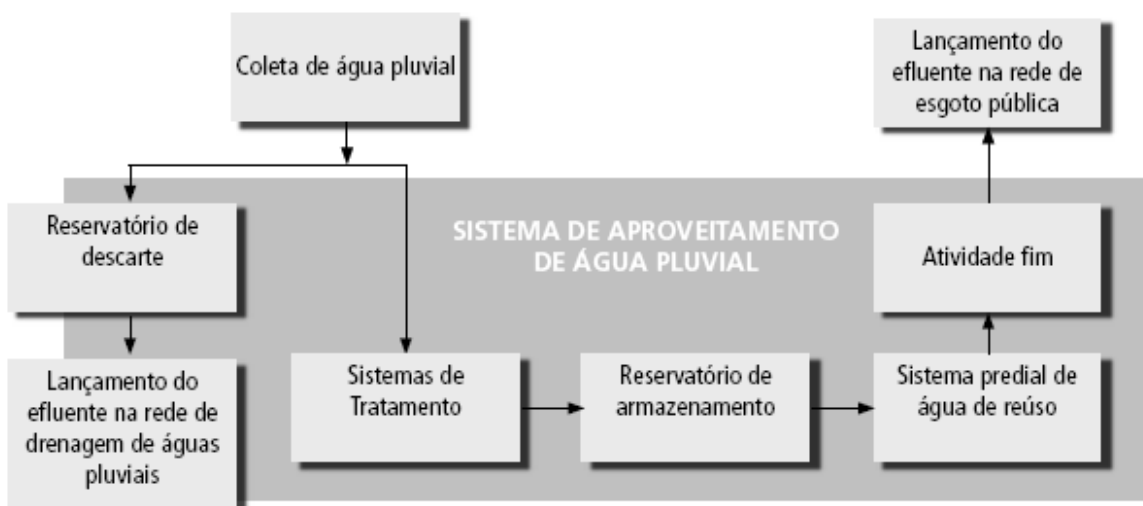
## 1.4 Metodologias para Implementação de Sistemas de Aproveitamento das Águas Pluviais

A água pluvial é coletada em áreas impermeáveis, ou seja, telhados, pátios ou áreas de estacionamento, sendo, em seguida, encaminhada a reservatórios de acumulação.

Posteriormente, a água deve passar por unidades de tratamento para atingir os níveis de qualidade correspondentes aos usos estabelecidos em cada caso.

De acordo com o manual da ANA, FIESP & SindusCon-SP (2005), a metodologia básica para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial envolve as seguintes etapas (figura 4):

- determinação da precipitação média local (mm/mês);
- determinação da área de coleta;
- determinação do coeficiente de escoamento superficial;
- caracterização da qualidade da água pluvial;
- projeto do reservatório de descarte;
- projeto do reservatório de armazenamento;
- identificação dos usos da água (demanda e qualidade);
- estabelecimento do sistema de tratamento necessário;
- projeto dos sistemas complementares (grades, filtros, tubulações etc.).



**Figura 4.** Sistema de aproveitamento de água pluvial  
(Fonte: ANA/FIESP & SindusCon-SP, 2005)

Apesar de o fluxograma acima retratar o descarte de um certo volume de água pluvial a fim de lavar a área de captação e melhorar a qualidade da água pluvial aproveitada, esse descarte pode ou não ser feito.

A precipitação média local deve ser estabelecida em função de dados mensais publicados em nível nacional, regional ou local.

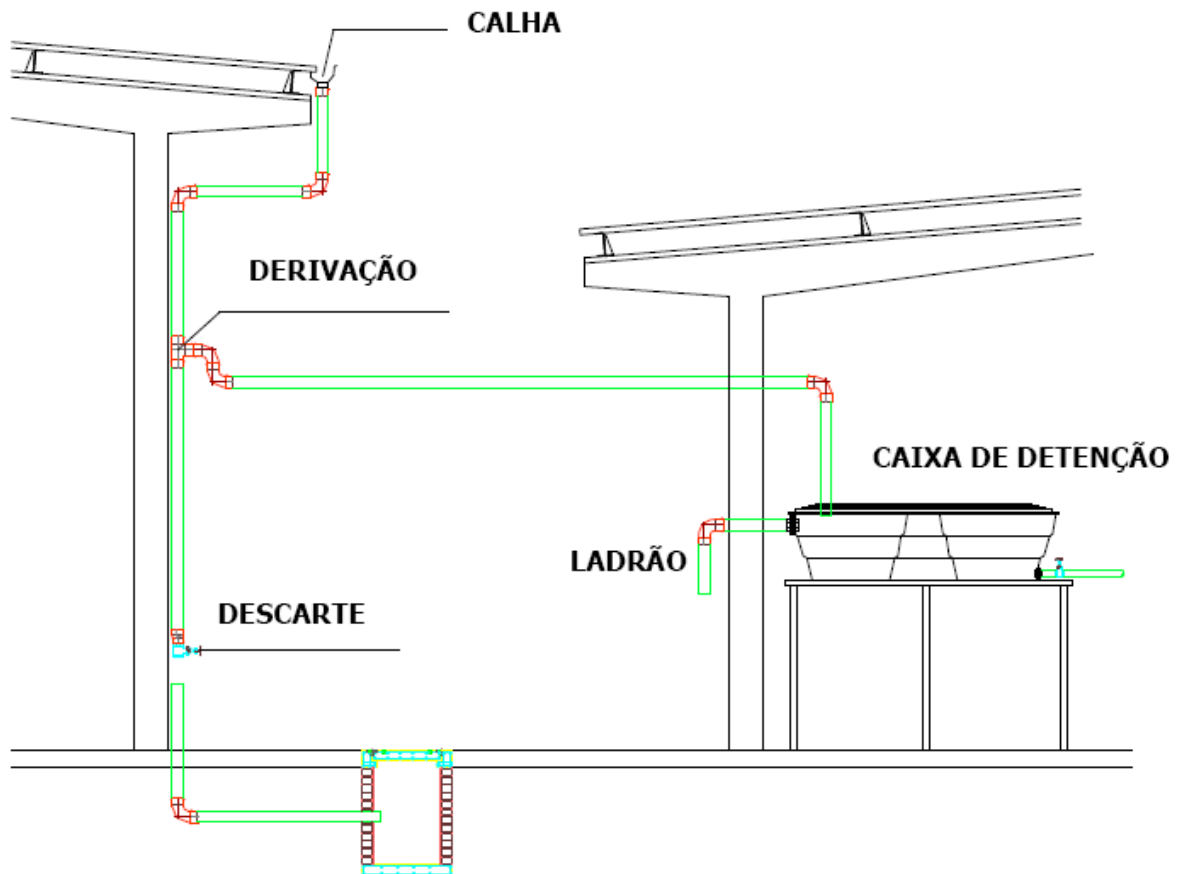
Segundo o PROSAB (2006), as áreas de coleta mais comuns são os telhados que podem ser de diferentes materiais, como de telha cerâmica, de fibrocimento, de zinco, de aço galvanizado, de plástico, de vidro, de acrílico, ou ainda de concreto armado ou manta asfáltica. Os telhados podem ser inclinados, pouco inclinados ou planos. O tipo de revestimento interfere no sistema de aproveitamento de água de chuva, devendo-se dar preferência, quando for o caso, para os de menor absorção de água, ou seja, as telhas que tenham um coeficiente de escoamento (C) maior – (o coeficiente de escoamento superficial é determinado em função do material e do acabamento da área de coleta) – para minimizar as perdas, uma vez que nem toda água precipitada é coletada. Este escoamento superficial resultante, também conhecido como “coeficiente de *runoff*”, é o quociente entre o volume que escoou superficialmente pelo total de volume precipitado. Esta perda de água de chuva a ser considerada é devida à limpeza do telhado, ao atrito, à perda por evaporação, às perdas na autolimpeza, dentre outras causas.

O reservatório de descarte destina-se à retenção temporária e posterior descarte da água coletada na fase inicial da precipitação. Os volumes são determinados em função da qualidade da água durante as fases iniciais de precipitação, que ocorrem após diferentes períodos de estiagem.

Várias técnicas são empregadas para o descarte desta água de lavagem do telhado. No estudo realizado por Dacach (1990), utilizou-se um tonel com capacidade para 50 litros que funcionava da seguinte forma: a água de chuva coletada pelo telhado passava pelas calhas e descia através de um condutor vertical chegando até o tonel, que tinha um pequeno orifício (0,5 cm) na parte inferior. Este orifício funcionava como um regulador de vazão, pois à medida que a água de chuva chegava ao tonel era descartada com uma vazão menor que a de entrada, fazendo com que o nível de água no tonel aumentasse gradativamente, chegando até a tubulação do reservatório de água de chuva.

Valle et al. (2007) utilizaram uma derivação nos condutores verticais, que encaminha a água para um reservatório (caixa de detenção) com capacidade de

1000 litros e um sistema de descarte de 20 litros da chuva inicial, como mostra a Figura 5.



**Figura 5.** Desenho esquemático do sistema de coleta de água de chuva (Fonte: Valle, 2007).

Os reservatórios de autolimpeza com torneira boia funcionam de forma que, ao chegar a um nível preestabelecido, a boia fecha o condutor encaminhando a água de chuva captada para uma cisterna e retendo a primeira água de chuva em outro reservatório. Após o término da precipitação, o registro deste reservatório deverá ser aberto para que retorne às condições iniciais de funcionamento.

Para o dimensionamento do sistema de descarte utiliza-se uma regra prática. Por exemplo, na Flórida (EUA), para cada 100 m<sup>2</sup> de área de telhado, descarta-se 40 litros, ou seja, 0,4 l/m<sup>2</sup>, entretanto, no Brasil, mais especificamente na região de Guarulhos (SP) usa-se 1,0 l/m<sup>2</sup> ou 1 mm de chuva (TOMAZ, 2003).



Na pesquisa realizada pela Universidade Federal do Espírito Santo, na cidade de Vitória, (PROSAB, 2006) estudaram-se três volumes de primeira chuva a serem descartados, sendo eles 0,5 mm, 1,0 mm e 1,5 mm de primeira chuva, caracterizando volume de descarte pequeno, médio e grande. A água da chuva, após passar por um filtro de tela autolimpante, era direcionada, primeiramente, ao reservatório de eliminação de primeira chuva (REPC), cujo nível era regulado através de uma corda amarrada a uma bola leve, capaz de flutuar. Na parte superior do REPC instalou-se uma válvula de fechamento e direcionamento de fluxo, que era acionada quando a chuva atingia o volume determinado no interior do reservatório, fazendo com que a chuva passasse a seguir para o reservatório de armazenamento final (RAF). Desta forma, através desta válvula, foi possível garantir que a primeira chuva não entrasse em contato com a chuva mais limpa a ser armazenada no RAF.

O reservatório de armazenamento destina-se à retenção das águas pluviais coletadas. Os volumes são calculados em base anual, considerando-se o regime de precipitação local e as características de demanda específica de cada edificação.

O sistema de tratamento das águas pluviais depende da qualidade da água coletada e do seu destino final. De maneira geral, considerando-se os usos mais comuns em edifícios (irrigação de áreas verdes, torres de resfriamento de sistemas de ar condicionado, lavagens de pisos, descarga em sanitários etc.) são empregados sistemas de tratamento compostos de unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou com luz ultravioleta. Eventualmente podem ser utilizados sistemas que proporcionem níveis de qualidade mais elevados, empregando-se unidades de coagulação e floculação com produtos químicos, sedimentação acelerada e filtração em camada dupla, ou, ainda, sistemas de oxidação avançada ou processos de membrana.

Os sistemas complementares são compostos de condutores horizontais (calhas) e verticais que transportam as águas pluviais coletadas até os reservatórios de armazenamento, após passagem pelos reservatórios de descarte. Podem, também, ser utilizadas grades ou filtros retentores de folhas, galhos ou quaisquer materiais grosseiros, que são colocados juntos às calhas ou nas tubulações verticais independentemente do sistema adotado para a coleta da água da chuva, evitando a entrada desse material no interior do reservatório de armazenamento final, uma vez que estes poderão se decompor, prejudicando a qualidade da água armazenada. Estão incluídos nos sistemas complementares os sistemas de distribuição de águas

pluviais tratadas, após as unidades de tratamento. Esses sistemas incluem as unidades de recalque, as respectivas linhas de distribuição de água tratada e eventuais reservatórios de distribuição complementares.

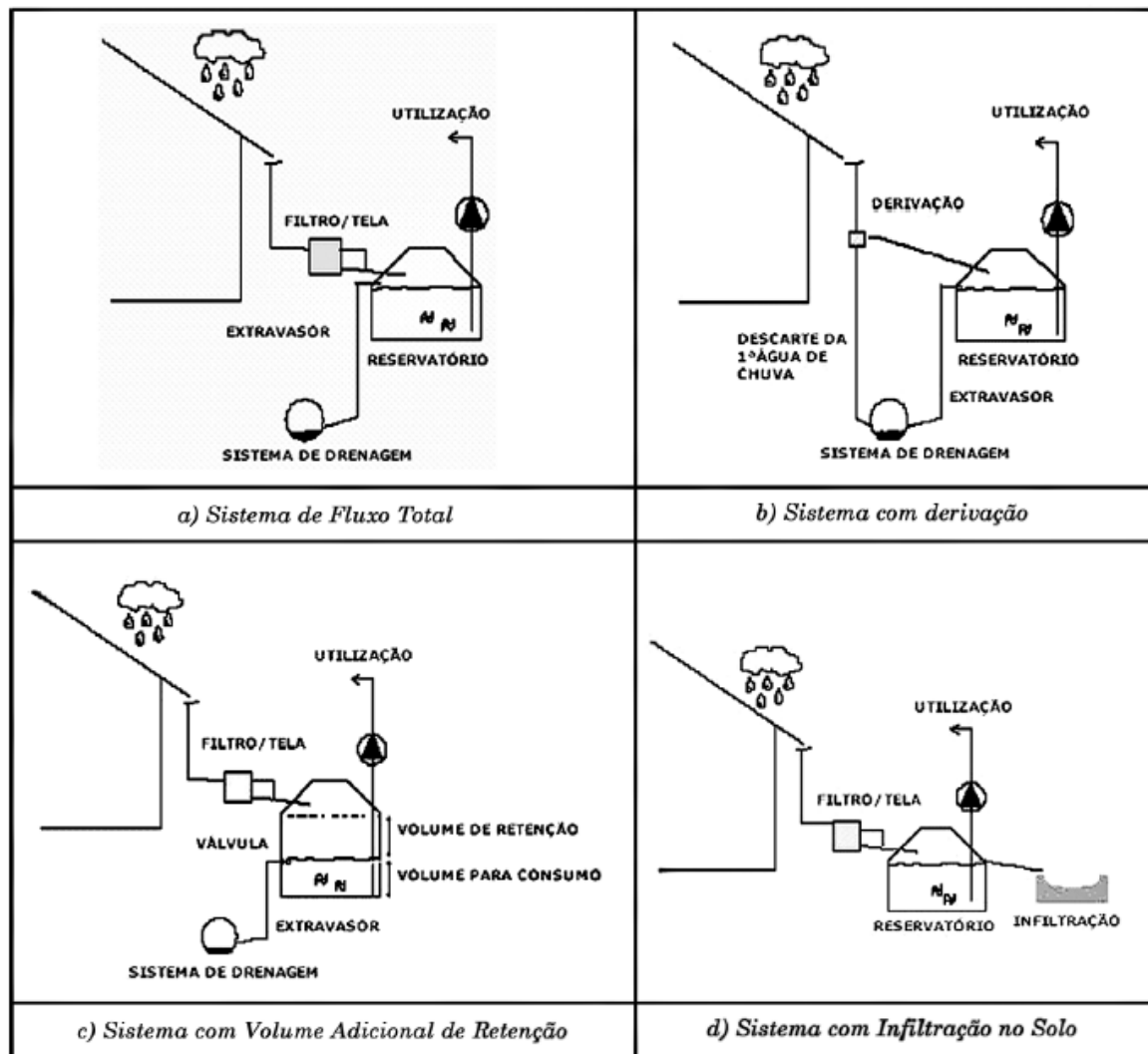
Herrmann e Schmida (1999) afirmam que existem diferentes concepções de sistemas de aproveitamento de água de chuva segundo a necessidade ou disponibilidade no mercado. Esses autores destacam quatro formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva:

(a) Sistema de fluxo total: toda a chuva coletada pela superfície de captação é dirigida ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou por uma tela. O escoamento para o sistema de drenagem ocorre quando o reservatório está cheio (Figura 6a).

(b) Sistema com derivação: neste caso, uma derivação é instalada na tubulação vertical de descida da água da chuva, com o objetivo de descartar a primeira chuva, direcionando-a ao sistema de drenagem. Este sistema é também denominado de sistema autolimpante (Figura 6b). Em muitos casos instala-se um filtro ou tela na derivação. A água que extravasa do reservatório é encaminhada ao sistema de drenagem.

(c) Sistema com volume adicional de retenção: o reservatório de armazenamento é capaz de armazenar um volume adicional, garantindo o suprimento da demanda e a retenção de água com o objetivo de evitar inundações. Neste sistema uma válvula regula a saída de água correspondente ao volume adicional de retenção para o sistema de drenagem (Figura 6c).

(d) Sistema com infiltração no solo: o volume de água que extravasa do reservatório é direcionado a um sistema de infiltração no solo (Figura 6d). A exemplo dos tipos de sistemas configurados em a e c, toda a água da chuva coletada é direcionada ao reservatório de armazenamento, passando antes por um filtro ou tela.



**Figura 6.** Formas construtivas de sistemas de aproveitamento de água de chuva.  
(Fonte: Herrmann e Schmida, 1999).

Segundo os mesmo autores, os sistemas a e c são mais eficientes quando se objetiva a retenção do pico de chuva.

### 1.5 Caracterização da Qualidade das Águas para Consumo

A Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei 9.433/97 (BRASIL, 1997), estabelece entre seus objetivos “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Em 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas, estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos

hídricos, que suporta este conceito: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior” (PROSAB, 2009b).

Na maioria das edificações a água potável é utilizada para a realização de quase todas as atividades, independentemente de uma análise prévia da qualidade da água necessária. A evolução do conceito do uso racional para a conservação de água consiste na associação da gestão, não somente da demanda, mas também da oferta de água, de forma que usos menos nobres possam ser supridos, sempre que possível, por águas de qualidade inferior (ANA/FIESP & SindusCon-SP, 2005).

O emprego de água não potável deu origem à terminologia *usos não potáveis*, que, de forma estrita, diz respeito a uma gama de usos que demandam águas que não requerem atendimento aos padrões de potabilidade. Na prática atual, no entanto, os usos não potáveis têm se referido, não a uma diversidade de qualidades de águas segundo os diversos usos, mas sim a classes de águas não potáveis, segundo grupos de usos, ou eventualmente, a um mesmo tipo de água não potável, ou seja, cuja qualidade abranja o atendimento de todos esses usos.

O consumo de águas de qualidades diferentes, que atendam aos usos potáveis e aos não potáveis, deve ser incorporado às ações de conservação. O consumo de água não potável em áreas urbanas e em edificações reduz proporcionalmente o consumo de água bruta que seria captada para efeito de potabilização. Permite assim a sua disponibilização para demandas que não seriam atendidas sem a ação conservacionista.

Ao considerar uso e qualidade requerida de forma estrita, adotam o pressuposto de que seria vantajoso, sob diversos pontos de vista, substituir o atual sistema de suprimento de água potável para todos os usos residenciais por sistemas específicos, particularizados pelo binômio uso/qualidade.

Uso eficiente das águas corresponde ao consumo da menor quantidade de água possível para determinado uso ou conjunto de usos, consideradas as qualidades das águas requeridas pelos usos em questão.

Há que se destacar, no entanto, que não existe legislação, normalização ou conhecimento consensualmente aceito no meio técnico brasileiro para descrever objetivamente, por meio de valores de parâmetros físico-químico-bacteriológicos, a qualidade das águas para cada uso não potável, ou ainda, classes de águas para grupos de usos não potáveis.

Faz-se necessário explorar as possibilidades de utilização de águas de qualidades diferenciadas, adequadas a usos específicos, o que exige uma agregação apropriada de quantidades consumidas segundo determinadas qualidades de águas.

A qualidade da água pode ser descrita ou estabelecida por lei, portarias, resoluções, normas ou por consenso tecnicamente estabelecido.

A água para ingestão, por exemplo, deve ter a qualidade estabelecida pela Portaria 2.914/2011 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011). De forma similar está estabelecida a qualidade da água usada em hemodiálise, na produção de fármacos, para a balneabilidade (contato primário Resolução Conama 274), para a utilização em caldeiras industriais segundo a tecnologia do equipamento e para a classificação de águas naturais superficiais (Resolução Conama 357/2005), entre outras.

Dessa forma, na determinação do perfil de consumo residencial é importante considerar também as duas classes de usos: potáveis e não potáveis, ou, numa condição ainda mais aprimorada, determinar a qualidade requerida para a água em cada uso considerado. Assim, no atual estágio de conhecimento e desenvolvimento tecnológico os sistemas prediais hidrossanitários residenciais que adotam práticas conservacionistas trabalham com duas qualidades de água: potável e não potável, conforme a figura 7, a partir de PROSAB (2009b).

COMPARTIMENTO (DENOMINAÇÃO)	USO (ASSOCIADO A UM APARELHO SANITÁRIO)	QUALIDADE DA ÁGUA REQUERIDA PARA O USO (a)
A Banheiro	Bacia sanitária	NPOT
A Banheiro	Lavatório	POT
A Banheiro	Chuveiro	POT
A Banheiro	Torneira de piso	NPOT
B Cozinha	Pia	POT
B Cozinha	Filtro	POT
C Área de serviço	Tanque	POT
C Área de serviço	Lavadora de roupas	POT
D Salão de festas	Bacia sanitária	NPOT
D Salão de festas	Lavatório	POT
D Salão de festas	Pia	POT
D Salão de festas	Torneira de piso	NPOT
E Térreo ( <i>hall</i> e pátio)	Torneira de piso	NPOT
F Térreo (jardins)	Torneira de jardim	NPOT

**Figura 7.** Uso da água potável (POT) e não potável (NPOT) no perfil de consumo doméstico (Fonte: PROSAB, 2009b).

A sigla POT indica que a qualidade da água atende aos padrões de potabilidade (Portaria MS 2.914/11) e NPOT indica que a qualidade da água não atende aos padrões de potabilidade, embora sua qualidade deva ser compatível com os usos a que se destinar.

O consumo de águas de qualidades diversas, que atendam cada um dos demais usos que não demandam a potabilidade, deve ser incorporado às ações de conservação. Isso se justifica porque o consumo de água não potável implica na diminuição do volume de água bruta que seria segregada ou reservada, visando tratamento para enquadramento nos padrões de potabilidade, ou ainda, porque permite disponibilizar o volume poupado de água potável para atender demandas que não estariam sendo atendidas sem a ação conservacionista. Ou, de maneira mais abrangente e genérica: independentemente de a água ser potável ou não, importa empregar a água da maneira mais eficiente possível.

Além disso, o conceito de “substituição de fontes” se mostra como a alternativa mais plausível para satisfazer a demandas menos restritivas, liberando as águas de melhor qualidade para usos mais nobres.

As águas de qualidade inferior, tais como efluentes de processos industriais, bem como de esgotos, particularmente os de origem doméstica, águas de drenagem de pátios e agrícola, e águas salobras, devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes se constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água.

É importante observar que a descrição da qualidade de águas tende a aumentar segundo usos específicos como consequência da racionalização do uso do recurso hídrico à medida que cresce a consciência sobre o valor e os papéis específicos que eles desempenham nos diferentes contextos. Entretanto, diversos usos propostos ou mesmo praticados ainda não contam com qualidade da água descrita, o que motiva estudos técnicos e ações administrativo-legais.

O estabelecimento de instrumentos legais e normativos deve ser alcançado com base em estudos, experimentos e verificações no meio técnico-científico brasileiro e em análises de valores adotados em outros países ou propostos internacionalmente. Propostas de valores e classificações têm sido apresentadas, como no caso do manual publicado pela ANA/ Fiesp & SindusCon-SP (2005).

### 1.5.1 Qualidade da Água Pluvial

Em geral, em ambientes preservados, naturais, sem impacto de ações antrópicas, a qualidade da água da chuva frequentemente supera a das águas superficiais e profundas; ela não entra em contato com solos e rochas, que dissolvem sais e minerais, e não está sujeita a tantos poluentes como as águas superficiais, as quais podem contaminar as águas subterrâneas. Entretanto a qualidade da água da chuva pode ser influenciada pela qualidade do ar do local, seja esta área industrializada ou não. O tipo de superfície de contato também vai influir na qualidade da água da chuva captada (PROSAB, 2006).

De acordo com Sazakli, Alexopoulos e Leotsinidis (2007), a qualidade da água da chuva captada e armazenada depende das características individuais de cada área, como a topografia, as condições climáticas e proximidades de fontes poluentes, o tipo de área de captação, o tipo de reservatório utilizado e cuidados e gerenciamento da água captada.

Segundo Helmreich e Horn (2009), a água da chuva geralmente tem pouca poluição, porém depende da qualidade do ar (na atmosfera). Poluentes atmosféricos, como partículas, microrganismos, metais pesados e matéria orgânica, podem se acumular nas áreas de captação por deposição seca e serem levados da atmosfera durante eventos chuvosos. Já Morrow, Dustan e Coombes (2010), afirmam que a qualidade da água da chuva varia através do sistema de captação e armazenamento dessa água e a deposição atmosférica pode não contribuir significativamente para o total grau de contaminação do telhado de captação da água da chuva.

Lee, Yang, Han e Choi (2010) relatam que primeiramente, a qualidade da água de chuva captada pode ser melhorada se o sistema de captação e condução da água for limpo regularmente e se esse sistema não for feito de materiais tóxicos. De acordo com esses mesmos autores, a água da chuva captada (que passa por uma superfície de captação) exibe valores maiores de pH do que a água da chuva pura. Por outro lado, os valores de pH e condutividade são próximos, se comparados à qualidade das águas captadas e armazenadas no reservatório. Os autores verificaram que a água da chuva pura contém menos poluentes que a água de chuva captada e a água do reservatório. Além disso, observaram que a deposição atmosférica e as condições da superfície de captação têm um significativo impacto nesses dados.

De acordo com Huston, Chan, Gardner, Shaw e Chapman (2009), a concentração de sólidos totais aumenta significativamente com o aumento da média de chuva diária no mês e essa mesma concentração diminui exponencialmente com o aumento da chuva, indicando um efeito de diluição. Há um aumento do fluxo de contaminação em áreas industrializadas e com tráfego de carros intenso comparado às outras áreas mais afastadas, implicando que o tráfego intenso de carros é o maior contribuinte de contaminação. É recomendado descartar o escoamento inicial do telhado para reduzir a contaminação por deposição seca e úmida e melhorar a qualidade da água da chuva captada.



Para Li, Boyle e Reynolds (2010), de forma geral, a água da chuva deve ser tratada para melhorar a sua qualidade. Essa água não é recomendada para consumo humano, como para beber e para preparo de alimentos. Um tratamento simples da água da chuva pode melhorar sua qualidade significativamente, porém o tratamento para tornar essa água potável é de muita sofisticação e de alto custo.

Sazakli, Alexopoulos e Leotsinidis (2007) relatam que a desinfecção pode ser aplicada na água de chuva captada para melhorar a sua qualidade microbiológica. Li, Boyle e Reynolds (2010) afirmam que a cloração é o método mais comum, é de fácil aplicação, é aplicado para a desativação da maioria dos microrganismos e é razoavelmente barato.

Embora a água da chuva não seja recomendável para beber e outros usos potáveis, em certos casos de calamidades públicas, como terremotos e tsunamis, essa alternativa pode ser útil para minimizar a falta de água potável no local onde as fontes de abastecimento público são afetadas (ANDRUKONIS; FOSTER; HENRIQUES; WILDFIRE, 2010).

Segundo Herrmann e Schmida (1999) o tratamento de limpeza mais efetivo para o aproveitamento de água pluvial de telhados é a sedimentação natural no tanque de armazenamento. Assim, para esses autores, o método mais simples de tratamento é evitar mistura por turbulência dentro do tanque para prevenir que o sedimento fique ressuspenso na coluna d'água. A desinfecção química não é necessária e só resultaria em hidrocarbonetos clorados carcinogênicos se feito por cloração. Na Alemanha, mesmo eventos chuvosos extremos de tempo de recorrência de 10 anos têm uma redução significativa no volume quando há sistemas de aproveitamento de águas pluviais em operação.

Evans, Coombes e Dustan (2006) relatam que apesar das vantagens aparentes, devido à compreensão limitada e relatos conflitantes da literatura sobre a qualidade da água pluvial, a disseminação da aplicação de tanques de águas pluviais é razoavelmente impedida por questões de qualidade da água e o risco detectado de afetar a saúde. Numerosos estudos identificaram diversos patógenos como *Salmonella*, *Vibrio*, *Clostridium*, *Legionella*, *Campylobacter*, *Cryptosporidium* e *Giardia spp.* em amostras retiradas de tanques de águas pluviais, enquanto outros reportaram que a água pluvial aproveitada de telhados e tanques de armazenamento possuía qualidade aceitável para consumo humano, como beber e cozinhar alimentos, e não apresentava elevado risco de doenças gastrointestinais

através do consumo quando comparada com a água clorada e filtrada da rede de abastecimento público.

Para Domènech e Saurí (2011), o controle da qualidade da água é um dos principais desafios que sistemas de suprimento descentralizado de água apresentam hoje e, resta, de fato, uma preocupação para as autoridades locais, pois faltam mecanismos e recursos para testar periodicamente o desempenho desses sistemas.

### 1.5.2 Parâmetros Físico- químicos e Microbiológicos para análise de qualidade da água

A temperatura é um parâmetro importante, pois influencia processos biológicos, reações químicas e bioquímicas, caracterizando outros parâmetros como a densidade, viscosidade e pressão de vapor do meio líquido. É inversamente proporcional à solubilidade de gases dissolvidos e diretamente proporcional à solubilidade de sais minerais. Varia naturalmente nas águas de acordo com a temperatura do ar. Variações súbitas de temperatura nas águas causam efeitos danosos aos ecossistemas aquáticos que se adaptam apenas a pequenas variações. Aumentos de temperatura resultam na redução do oxigênio dissolvido e no consumo de oxigênio devido à estimulação das atividades biológicas.

O Potencial de Hidrogênio iônico (pH) indica o caráter ácido ou básico das substâncias. Mede a intensidade de acidez ou alcalinidade das águas. Com a análise de pH da água é possível verificar a ocorrência de corrosividade quando o pH é baixo ou incrustações nos materiais com o pH alto. Também é uma variável importante pela influência em vários processos biológicos e químicos. A água pluvial é naturalmente ácida, com pH em torno de 5,6, devido à presença de dióxido de carbono atmosférico dissolvido, que forma ácido carbônico. Em seguida o ácido carbônico ioniza-se parcialmente liberando um íon hidrogênio, com a resultante redução no pH (BAIRD, 2002).

O Potencial de Oxirredução (ORP – *Oxidation Reduction Potential*) é a espontaneidade, ou a tendência de uma espécie química a adquirir elétrons e, desse modo, ser reduzida, ou seja, é o potencial de um anodo (positivo) sofrer oxidação e de um catodo (negativo) sofrer redução em uma célula eletroquímica. É possível verificar a ocorrência de corrosão ou incrustações de materiais. Em uma perspectiva

microbiana, uma oxidação química empurra elétrons para longe da membrana celular, deixando-a desestabilizada e permeável. A destruição da integridade da membrana celular permite a rápida morte da célula. O ORP reflete o potencial antimicrobiano da água, refletindo a qualidade da água. O valor de ORP entre 650 e 700 mV mata bactérias como *E. coli* e *Salmonella* em 30 segundos. O processo de cloração aumenta o ORP da água, causando a sua desinfecção.

A condutividade elétrica mede a capacidade que a água tem de transmitir corrente elétrica e está diretamente relacionada à concentração de espécies iônicas dissolvidas, principalmente inorgânicas. Esta medida é correlacionada com a concentração de sólidos totais dissolvidos, segundo Mendez, Klenzendorf, AfsarSimmons, Barrett, Kinney e Kiristis (2011). De acordo com o PROSAB (2009), valores superiores a 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (ou 1  $\text{mS}/\text{cm}$ ) podem indicar problemas de poluição. A condutividade média encontrada para a água pluvial pura por Mendez et al (2011) foi de 34  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no estado do Texas (EUA), condizente com o valor de 30  $\mu\text{S}/\text{cm}$  encontrado por Lee et al (2010) na Coreia do Sul.

A turbidez é caracterizada pela presença de partículas suspensas na água podendo ser de tamanhos variados. A presença dessas partículas provoca a dispersão e a absorção da luz, dando à água uma aparência nebulosa, esteticamente indesejável e potencialmente perigosa por poder esconder microorganismos. A desinfecção da água, principalmente a inativação de vírus, é tanto mais eficaz quanto menor é a turbidez da água. Também afeta os processos biológicos que ocorrem na água porque interfere no processo de transmissão da luz.

O Oxigênio Dissolvido (OD) é a quantidade de gás oxigênio dissolvido na água que provém naturalmente de processos cinéticos e fotossintéticos e varia em função da temperatura da água e pressão atmosférica. O oxigênio é fundamental para reações aeróbias e na sua ausência ocorrem as reações anaeróbias que causam odor.

Os Sólidos Totais Dissolvidos (STD) são compostos por substâncias sólidas orgânicas e ou inorgânicas. Analiticamente são considerados como sólidos dissolvidos as substâncias ou partículas com diâmetros inferiores a 1,2  $\mu\text{m}$ . Sua principal influência é na diminuição da transparência da água, impedindo a penetração da luz.

A salinidade é a concentração do sal NaCl (cloreto de sódio) na água. A presença excessiva de sais pode retardar ou inviabilizar os processos biológicos por

efeito osmótico. Em casos extremos pode inviabilizar o uso das águas por salinização.

A análise microbiológica é feita porque as águas de um modo geral estão sujeitas a contaminações por matéria fecal de diversas origens, podendo provocar doenças em seres humanos. A identificação das bactérias patogênicas constitui a prova mais direta de uma contaminação, mas tais organismos, quando presentes, encontram-se geralmente em tão escasso número que as dificuldades técnicas do seu isolamento tornam o ensaio impraticável como método de rotina. Assim, fazem-se pesquisas de microrganismos (ou grupos de microrganismos) denominados indicadores de contaminação da água por fezes humanas ou de outros animais. Os microrganismos do gênero coliforme constituem-se os melhores indicadores da possível presença nas águas de material fecal de origem humana ou de animais de sangue quente (mamíferos e aves) e, conseqüentemente, de organismos patogênicos. A presença de coliformes nas águas por si só não representa problemas à saúde, indicando apenas a possível presença de fezes e, portanto, de outros organismos presentes nas fezes, transmissores de doenças como a febre tifóide e paratifóide, disenteria bacilar, cólera, hepatite, dentre outras.

## 2 METODOLOGIA DA PESQUISA

### 2.1 Objeto de Estudo

Como área objeto de estudo, foi tomada a região da bacia da Baixada de Jacarepaguá, mais especificamente a 7ª. Coordenadoria Regional de Educação (CRE), à qual está vinculada a Escola Municipal Professor Teófilo Moreira da Costa (Figuras 8 e 9), em Vargem Grande, região periurbana da cidade do Rio de Janeiro, em crescente expansão da cidade. A Escola Teófilo já vem participando do Projeto HIDROCIDADES, no qual se inserem as investigações da dissertação de mestrado, beneficiando-se, inclusive, de convênio preestabelecido com a Secretaria Municipal de Educação.



**Figura 8.** Localização do estudo de caso.



**Figura 9.** Escola Municipal Professor Teófilo Moreira da Costa.

Segundo o Instituto Pereira Passos (IPP- <http://www.rio.rj.gov.br/web/ipp>), da prefeitura do Rio de Janeiro, a região da 7ª CRE apresentou, no censo de 2010, densidade populacional de até 49 hab/ha, com exceção da Cidade de Deus com 300 ou mais hab/ ha. De acordo com esse mesmo órgão, nessa região há mais de 300 mil habitantes, com exceção da Cidade de Deus que possui até 49 mil habitantes. Já no censo de 1970, a região da Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes, Camorim, Vargem Pequena e Vargem Grande havia até 50 mil habitantes e na região de Jacarepaguá e demais bairros havia de 200.001 a 300.000 habitantes.

## 2.2 Aspectos Gerenciais de Implementação do Sistema nas Escolas Municipais

### 2.2.1 Sétima Coordenadoria Regional de Educação

Através do convênio realizado com a Secretaria Municipal de Educação (SME), para a análise dos aspectos gerenciais de implementação do sistema nas escolas foi feita entrevista estruturada com a responsável pelas contas de água, funcionária da Gerência de Infraestrutura. O teor da entrevista é apresentado no Apêndice A.

A entrevista foi previamente estruturada, permitindo uma resposta livre do entrevistado, com caráter investigativo. Para essa estruturação foram coletadas

informações prévias, como problemas enfrentados no dia-a-dia das escolas, através de observação da região.

### 2.2.2 Escolas Municipais da 7ª CRE

A Gerência de Educação da 7ª CRE, em comum acordo com a equipe do Projeto HIDROCIDADES, selecionou nove escolas para realização de questionário com as diretoras. O objetivo principal do questionário foi o de apropriar a visão de cada escola na questão da água, sobretudo quanto à possibilidade do uso das águas pluviais para fins não potáveis (Figura 10). O questionário realizado com as diretoras das escolas é apresentado no apêndice B. Essas escolas foram visitadas e foram apropriadas de forma empírica a situação física-constructiva para captação e inserção de estruturas para captação e armazenamento de águas pluviais. Ainda, foi feito o levantamento de consumo de água através das contas da empresa de abastecimento público de água do município do Rio de Janeiro (CEDAE) de sete, das nove escolas (apêndice C).



**Figura 10.** Bairros de entrevistas com as diretoras (Fonte: Prefeitura do Rio de Janeiro, [www.rio.rj.gov.br/](http://www.rio.rj.gov.br/))

Os questionários realizados com nove diretores de escolas da região tiveram o mesmo objetivo investigativo, sobre formas de abastecimento de água na escola; o consumo de águas na escola administrada; a percepção dos diretores sobre esse consumo; o consumo de água per capita na escola; preocupação com o uso inadequado da água; grau de conhecimento sobre o assunto colocado; aceitação da ideia proposta; visualização de barreiras para implementação de tal sistema e de benefícios que o sistema geraria; e apoios necessários para a realização desse projeto. O questionário foi estruturado para investigação de forma mais objetiva através de respostas preformuladas, minimizando o tempo de realização da atividade. Porém, para cada pergunta com resposta preformulada foi aberto um espaço em branco, caso o diretor quisesse complementar a sua resposta.



### 2.3 Índice Pluviométrico

O índice pluviométrico local foi levantado através de dados observados da estação climatológica do Projeto HIDROCIDADES, localizada a 100 m da escola e da estação pluviométrica da prefeitura (Riocentro, GEO-Rio), que apresenta histórico mais longo que o do HIDROCIDADES e boa correlação com as observações da mesma. A estação do Riocentro fica localizada a 10 km da escola.

### 2.4 Sistema de Coleta para Caracterização e Análise das Águas Pluviais

O sistema de coleta de águas pluviais foi composto de calha de direcionamento da água, tela de retenção de sólidos grosseiros, tubos separadores de amostras com válvulas de retenção, torneiras para coleta das amostras e reservatório para armazenamento dos excedentes.

Para a caracterização da qualidade da água pluvial, assim como o seu volume de descarte de água de lavagem do telhado, *first flush*, foram instaladas tubulações num dos lados do telhado da unidade demonstrativa-experimental do Projeto HIDROCIDADES com área de aproximadamente 16 m<sup>2</sup>.

O aparato para separação das amostras consiste de quatro tubos de armazenamento para simulação de descarte (*first flush*) de 0.5, 1.0, 1.5 e 2.0 mm de chuva, respectivamente (Figura 11). A concepção dessa metodologia de análise foi obtida através das metodologias reportadas na literatura (Valle, 2007; Herrmann e Schmida, 1999; PROSAB, 2006). O aparato de coleta foi instalado no lado da edificação que se encontrava sombreada pela maior parte do dia a fim de minimizar alterações da qualidade da água por radiação solar e calor excessivo.



**Figura 11.** Coletores de água pluvial.

Foi colocada uma tela de retenção de sólidos grosseiros na entrada da tubulação de direcionamento da água. Para se evitar as misturas das alturas pluviométricas analisadas, foram instaladas válvulas de retenção em cada coletor. Assim quando o coletor era totalmente preenchido, a válvula era fechada automaticamente através da pressão da água dentro do mesmo.

As válvulas de retenção permitiam a entrada de água na tubulação até o seu preenchimento total. Após esse preenchimento, a válvula não permitia a entrada de água nessa tubulação, assim a água passava para a tubulação seguinte. Essas válvulas foram instaladas com o objetivo de não ocorrer misturas entre as alturas pluviométricas estudadas. Porém, observou-se que os coletores não enchiam de água por completo devido às obstruções nos respiros dessas válvulas.

## 2.5 Qualidade das Águas Pluviais Coletadas

As coletas foram realizadas nos meses de março, abril e maio, sendo final do verão e início do outono no Brasil. No total, foram nove datas de coletas.

Em cada data foram coletadas oito amostras representativas de 0.5, 1.0, 1.5 e 2.0 mm de chuva. Duas amostras de cada coletor correspondente sendo uma para análise físico-química e outra para análise microbiológica. O restante da água era descartado.

Tentou-se realizar as coletas entre 8h e 9h da manhã para evitar a influência do calor nas amostras. Porém, isso nem sempre foi possível devido à falta de logística adequada.

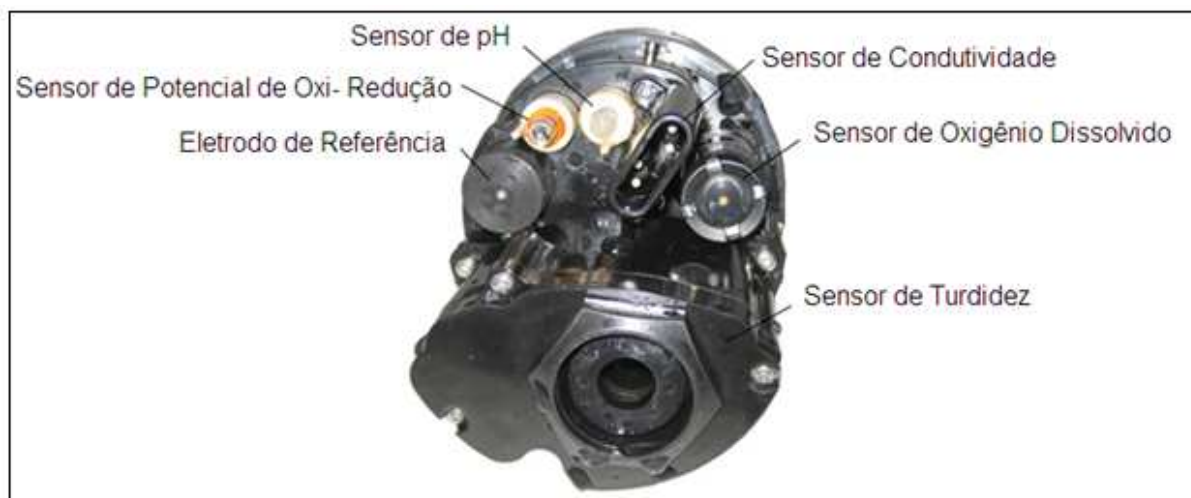
Eram realizadas limpezas da tubulação e do telhado experimental sem periodicidade definida na tentativa de melhoria da qualidade da água, principalmente para o parâmetro microbiológico (coliformes termotolerantes).

### 2.5.1 Sonda Multiparâmetros

Através da sonda Multiparâmetros Horiba U-52 (Figuras 12 e 13) foram feitas as análises físico-químicas das águas no local. Os valores observados foram armazenados no próprio coletor de dados. Eram coletados 300 ml de cada amostra separadamente e analisados oito parâmetros: temperatura, potencial de hidrogênio iônico (pH), turbidez, potencial de oxirredução, oxigênio dissolvido, condutividade, sólidos totais dissolvidos e salinidade.



**Figura 12.** Sonda multiparâmetros Horiba U- 52.



**Figura 13.** Detalhe para os sensores da sonda multiparâmetros Horiba U- 52.

A figura 12 apresenta a visão geral da sonda utilizada com um visor digital para leitura imediata dos parâmetros. Nessa figura, a sonda encontra-se com a capa de proteção dos sensores. A figura 13 apresenta os sensores da sonda vistos de frente sem a capa protetora. Esses sensores foram mergulhados na água em um *becker* de plástico preto previamente limpo com água deionizada para a leitura dos parâmetros aguardando-se alguns minutos até a estabilização dos parâmetros

observados no visor digital. Todas as leituras de águas foram realizadas no *becker* citado e esse, assim como os sensores, eram lavados antes e após as leituras com água deionizada em abundância.

Em cada data de coletas, antes dessas, era realizada a calibragem da sonda com uma substância de pH 4.

### 2.5.2 Análise Microbiológica

O grupo avaliado foi o de microrganismos denominados coliformes termotolerantes. São utilizados como indicadores do potencial de contaminação por organismos patogênicos. Representam uma grande quantidade de organismos que habitam o intestino dos animais homeotérmicos. A presença de coliformes termotolerantes não indica, necessariamente, a presença de organismos patogênicos, porém indica que a água foi contaminada por material de origem fecal.

Para as análises de coliformes termotolerantes foram coletados 300 ml de cada amostra separadamente e armazenados em recipientes estéreis de plástico. As amostras foram identificadas e encaminhadas para o laboratório em uma bolsa térmica com gelo. A análise laboratorial foi de acordo com o protocolo do *Standard Methods* pelo método de tubos múltiplos (APHA; AWWA; WEF, 1998).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Consumo de Água nas Escolas Municipais

Para a quantificação do consumo de água em escolas foi feito um levantamento a partir dos valores declarados nas contas de água das mesmas junto a CEDAE entre janeiro de 2008 e dezembro de 2010. Foi considerado o consumo em m<sup>3</sup> e em moeda corrente (R\$). Foram consideradas como objeto de estudo, sete escolas municipais da 7<sup>a</sup> CRE (Coordenadoria Regional de Educação), sendo elas: Professor Teófilo Moreira da Costa, Pérola Byington, Comunidade Vargem Grande, Finlândia, Silveira Sampaio, Jornalista Campos Ribeiro e Professora Helena Lopes Abranches. As tabelas detalhadas de consumo de água de cada escola encontram-se no apêndice C. A tabela 1 apresenta uma comparação do consumo de água médio anual das escolas e a média de consumo anual per capita. O consumo médio per capita foi estimado em 8,66 m<sup>3</sup>.

**Tabela 1.** Comparação de Consumo Médio Anual entre as Escolas.

Escola Municipal	Consumo Médio Anual de Água (m <sup>3</sup> )	Conta de Água Média Anual (R\$)	Número de Pessoas	Média de Consumo Anual Per Capita (m <sup>3</sup> )
Prof. Teófilo Moreira da Costa	7058,8	69361,39	1100	6,42
Pérola Byington	6377,43	62570,85	750	8,50
Comunidade Vargem Grande	2141,00	22320,06	800	2,68
Finlândia	22788,90	115922,70	1000	22,79
Jornalista Campos Ribeiro	7555,90	34072,45	1000	7,56
Silveira Sampaio	17739,93	176557,40	3000	5,91
Prof. Helena Lopes Abranches	13546,97	123602,48	2000	6,77
Média	11029,85	86343,90		8,66

(Fonte: Contas de Água da CEDAE)

De acordo com Francato e Amorim (2009), o consumo varia em função do clima, das regiões, dos hábitos de higiene, da taxa de ocupação do local e também da evolução tecnológica. Observa-se variação no consumo per capita entre as escolas. Sobretudo, para menos, na Escola Comunidade Vargem Grande e, para mais, na Escola Finlândia. Não foi possível esclarecer as razões para essas variações de consumo. Os projetos de abastecimento para residências adotam a previsão de consumo de 200 L/hab/dia, ou seja, 73.000 L/hab/ano, ou 73,0

m<sup>3</sup>/hab/ano. Todos os valores encontrados foram bem abaixo dos valores adotados em projetos de abastecimento de água.

Cheng e Hong (2004) relataram os valores médios de consumo anual per capita de 15,27 m<sup>3</sup> em escolas primárias de Taiwan. Porém, como descrito por Cheng e Hong (2004), as escolas primárias de Taiwan obtiveram valores de consumo de água anual per capita entre 1,71 e 77,88 m<sup>3</sup>, mostrando uma grande variação entre as diferentes escolas. Cheng e Hong (2004) verificaram que vazamentos representam um grande problema em escolas primárias de Taiwan e que acabam por desperdiçar muita água, pois quando os vazamentos foram detectados e reparados, o consumo de água diminuía consideravelmente, algumas vezes pela metade.

### **3.2 Entrevista com Responsável pelas Contas de Água da 7ª CRE**

Com o propósito de investigar a percepção dos atores envolvidos na tomada de decisão da adoção de captação de águas pluviais para fins não potáveis nas escolas municipais, foi realizada entrevista com a responsável pelas contas de água da gerência de infraestrutura da 7ª CRE. A transcrição da entrevista encontra-se no apêndice A. Foi verificado que não é frequente a falta de água nas escolas da 7ª CRE. A falta ocorre devido a enchentes, que alteram a qualidade da água por carrear lixo e matéria orgânica, ou a obras próximas às escolas. Quando isso ocorre, evita-se ao máximo que os alunos percam aula, solicitando carro-pipa à companhia pública de água e a solução do problema. Porém o prazo é de 24 a 72 horas, estipulado pela própria companhia pública de abastecimento de água. Há ainda poucas escolas nessa região que não são abastecidas pela rede pública.

De acordo com a entrevistada, nem sempre os diretores são informados sobre o consumo de água na escola em que atuam. No ano de 2010, foi feito um trabalho de conscientização para a economia de água, que consistiu em reuniões com os diretores, orientando-os a verificar as descargas dos sanitários e torneiras, a evitar o desperdício, a contatar a companhia pública de água quando observado algum vazamento detectado pela leitura do hidrômetro para, assim, diminuir o consumo de água. Esse trabalho obteve resultado positivo verificado nas próprias contas de água, (conforme pode ser observado no apêndice C), que são

direcionadas para a gerência de infraestrutura, no caso, da 7ª CRE. Os diretores das escolas recebem uma notificação da companhia pública de água informando a visita de um técnico e o valor da leitura do hidrômetro, mas não apresentam o valor em espécie. Esse tipo de comunicação estaria sendo feita mensalmente a partir de 2010. Na maioria dos casos é o próprio município que paga as contas de água, mas quando o Estado usa as dependências de uma escola municipal para suas atividades, as contas de água são encaminhadas para esse último.

A entrevistada tomou ciência do aproveitamento das águas pluviais para usos não potáveis, através de televisão e jornal, no contexto de regiões do Brasil com grande escassez de água, mas não tinha conhecimento dessa prática no município do Rio de Janeiro. A entrevistada afirmou que essa prática nas escolas seria excelente, pois reduziria significativamente o valor das contas de água, que só na 7ª CRE somam aproximadamente R\$ 533 mil para as 117 escolas nela inseridas. Apontou a burocracia como o maior obstáculo a ser transposto e alegou que esse sistema poderia ajudar nas aulas de ciências e educação ambiental como forma de conscientização para a economia de água.

A receptividade da responsável pelas contas de água da 7ª CRE pode ser considerada como positiva. Ou seja, demonstrou interesse no sistema de aproveitamento de água pluvial por razões financeiras e pela questão ambiental. Percebeu-se sua sensibilidade à conscientização ambiental e à economia de água ao falar da promoção de campanhas na 7ª CRE para tal.

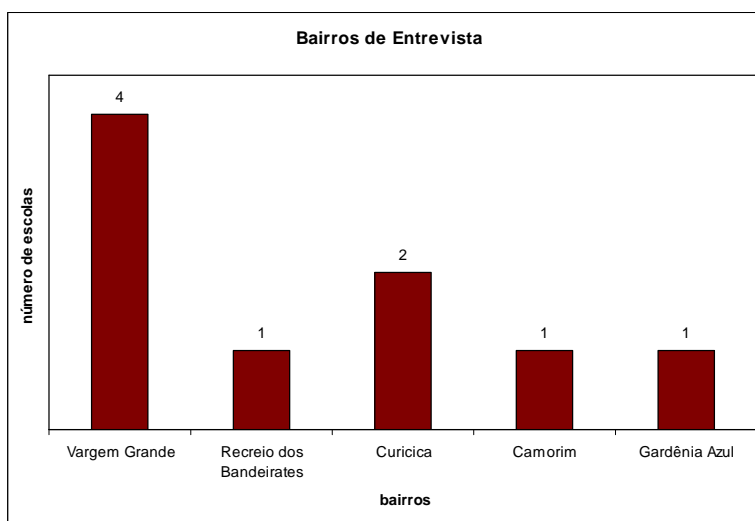
### **3.3 Questionário com Diretores de Escolas da 7ª CRE**

A 7ª CRE é composta de 117 escolas municipais distribuídas por 18 bairros, sendo eles Anil, Barra da Tijuca, Camorim, Cidade de Deus, Curicica, Freguesia, Gardênia Azul, Itanhangá, Jacarepaguá, Pechincha, Praça Seca, Recreio dos Bandeirantes, Rio das Pedras, Tanque, Taquara, Vargem Pequena, Vargem Grande e Vila Valqueire.

Foi estabelecida uma amostra representativa da região periurbana do município do Rio de Janeiro, localizada junto à Gerência de Educação da 7ª CRE, composta de 9 escolas para a realização de questionários com os respectivos diretores para investigação do interesse deles no aproveitamento das águas pluviais



para fins não potáveis. As escolas foram distribuídas em 5 bairros do município do Rio de Janeiro, conforme ilustrado na figura 14.

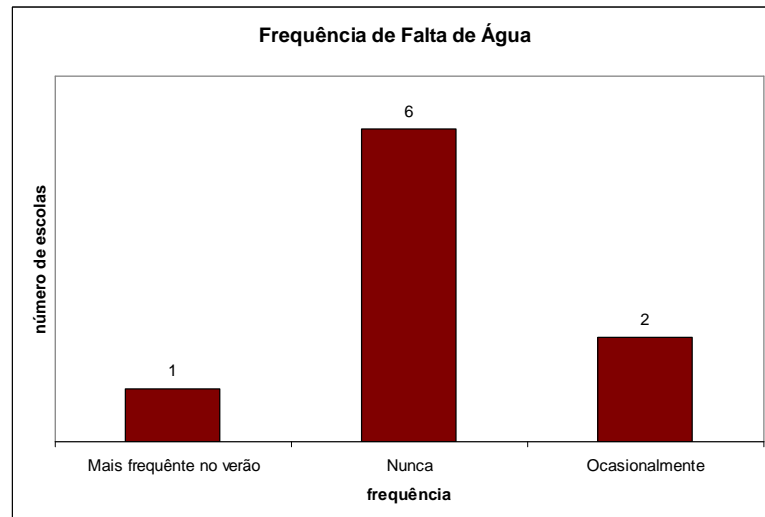


**Figura 14.** Distribuição dos bairros de entrevistas nas escolas.  
(Fonte: Próprio autor)

Foi observado um público que utiliza as escolas, por dia, entre 700 e 3000 pessoas, funcionando em um (manhã), dois (manhã/tarde) ou três turnos (manhã/tarde/noite) diários.

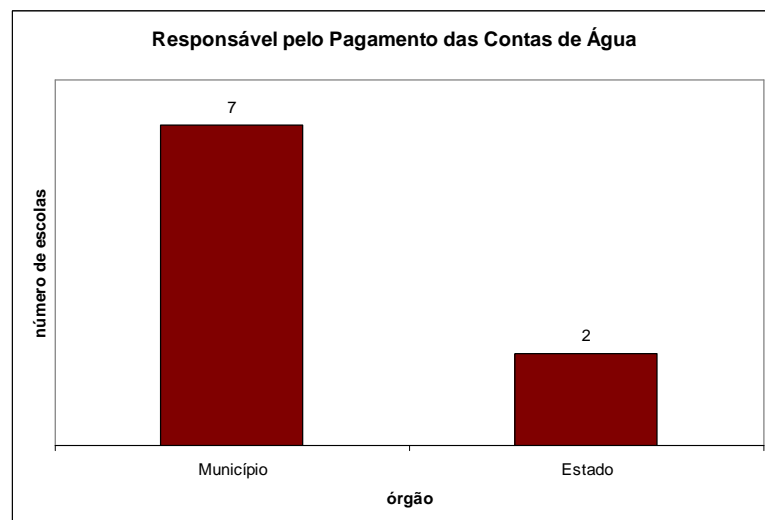
A principal forma de abastecimento de água das escolas é através da rede pública, porém observou-se que uma das escolas é abastecida por “carro-pipa”.

A maioria dos diretores de escolas alegou que nunca falta água em suas escolas, mas em algumas escolas falta água ocasionalmente, segundo seus diretores, sobretudo nos meses de verão (Figura 15).



**Figura 15.** Frequência de falta de água nas escolas.  
(Fonte: Próprio autor)

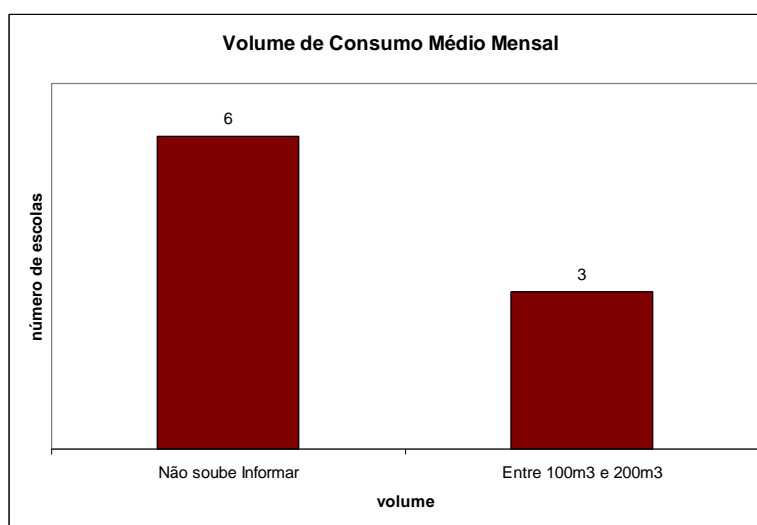
Como esperado, na maioria das escolas a conta de água é paga pelo município, porém nas escolas que têm convênio com o Estado, é este que arca com a despesa (Figura 16).



**Figura 16.** Responsável pelo pagamento das contas de água das escolas.  
(Fonte: Próprio autor)

Quando os diretores foram perguntados sobre o volume médio mensal de consumo das escolas, poucos possuíam a informação (Figura 17). A maioria alegou que até o ano anterior havia uma notificação do consumo de água, mas no ano em curso isso ainda não tinha ocorrido. O volume de consumo médio mensal atribuído

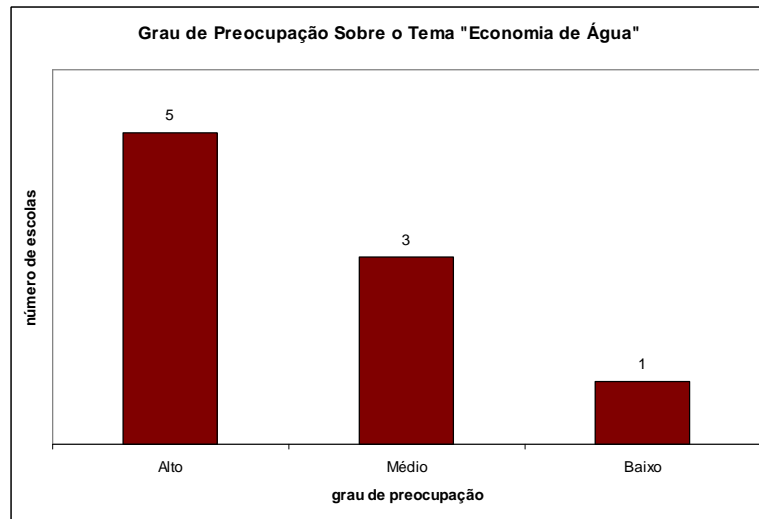
pelos diretores que possuíam a informação foi entre 100 m<sup>3</sup> e 200m<sup>3</sup>, o equivalente a 100.000 L e 200.000 L, respectivamente. Porém, essa informação não foi confirmada com o observado nas contas de águas das escolas. Nessas informações apresentadas no apêndice C, observou-se um consumo médio mensal de aproximadamente 885 m<sup>3</sup>, equivalente a 885.000 L, valor muito maior do que o reportado pelos diretores.



**Figura 17.** Volume de consumo médio mensal das escolas.  
(Fonte: Próprio autor)

De acordo com o questionário feito com nove diretores de escolas da 7<sup>a</sup> CRE, grande parte dos diretores não possui informações atualizadas sobre o consumo de água nas escolas em que atuam, divergindo do que foi dito pela responsável pelas contas de água da 7<sup>a</sup> CRE. Muitos alegaram que, até o ano anterior, essa informação era passada para eles através de uma notificação da companhia pública de abastecimento de água, que continha apenas a informação do consumo em volume (em m<sup>3</sup>), o que causa menos sensibilidade do que o valor de consumo em moeda corrente, assim como dos impactos desses custos.

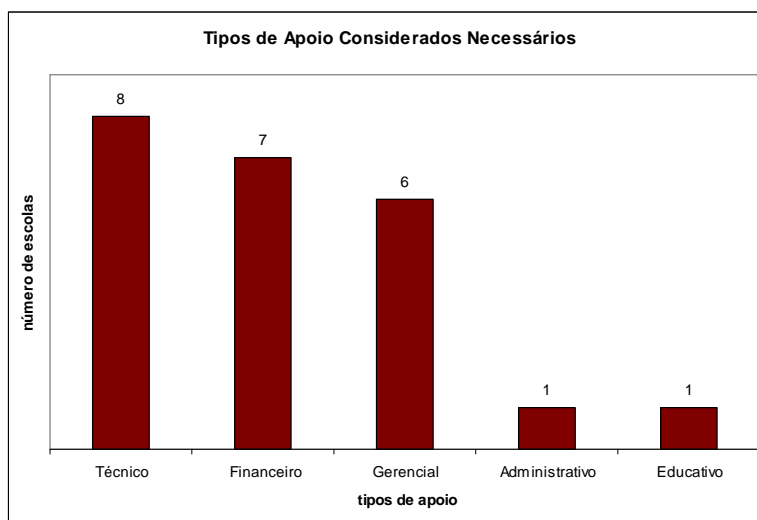
Oito dos nove diretores afirmaram fazer em sua escola campanhas de economia de água com os alunos em sala de aula, classificando o assunto "economia de água" como muito importante, porém apenas 5 diretores classificaram como alto o grau de preocupação sobre o tema "economia de água" dentro da escola (figura 18).



**Figura 18.** Grau de preocupação sobre o tema “economia de água”.  
(Fonte: Próprio autor)

Sete dos nove diretores já tinham ouvido falar em aproveitamento da água pluvial em diferentes construções como residências, prédios públicos, indústrias e escolas através de diversos meios de comunicação como internet, televisão, revistas e jornais.

Quando questionados se gostariam que a escola tivesse esse tipo de projeto, apenas um diretor disse não. O tipo de apoio mais citado como necessário para a implementação do sistema foi o técnico, seguido do financeiro e do gerencial (Figura 19). Sete dos nove diretores alegaram identificar dificuldades para o projeto. Dos dois diretores que alegaram não identificar dificuldades, um afirmou não fazer essa identificação por falta de conhecimento do sistema. As dificuldades apontadas foram cultural; burocracia no nível central da SME (Secretaria Municipal de Educação); preocupação com as crianças e com a dengue; financeira; falta de conhecimento do assunto; falta de pessoas para gerenciar tal projeto na escola; falta de espaço físico na escola e falta de políticas voltadas para a educação ambiental.



**Figura 19.** Tipos de apoio considerados necessários para o aproveitamento das águas pluviais nas escolas.  
(Fonte: Próprio autor)

Todos os diretores alegaram que esse sistema na escola poderia servir como auxílio nas aulas de ciências e educação ambiental. Os motivos citados foram o tema a ser abordado em sala de aula, a incorporação na vida prática dos alunos de um conteúdo teórico, a conscientização dos problemas de escassez de água em várias partes do mundo, o enriquecimento nas práticas dos PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais), o desenvolvimento da qualidade de vida, o fato de o sistema ser um instrumento de trabalho e a geração de um resultado imediato com educação para o futuro próximo.

A aceitabilidade dos diretores diante da hipótese de se ter um sistema de aproveitamento de águas pluviais na escola onde atuam foi grande, apesar das dificuldades apontadas, mas com necessidade de apoios técnico, financeiro, gerencial, dentre outros.

Em um estudo de percepção sobre o sistema de aproveitamento da água pluvial em prédios uni e multifamiliares na cidade de Sant Cugat Del Vallès, na Espanha, Domènech e Saurí (2011) sugeriram que maior controle e conhecimento do sistema não implicam necessariamente num nível maior de confiança no mesmo e, que nas residências unifamiliares o sistema de aproveitamento da água da chuva pode servir como ferramenta educacional, já que os usuários controlam o volume de água captada e aproveitada.

Pode-se perceber através da entrevista e questionários com os atores que estes em sua grande maioria demonstraram entusiasmo na ideia de aproveitamento de águas pluviais para usos não potáveis, porém apresentaram, ao mesmo tempo, preocupação quanto ao gerenciamento e à manutenção do sistema.

Além da percepção dos atores envolvidos, para o sucesso do possível aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em construções de natureza pública preexistentes, precisam ser considerados aspectos físicos construtivos, a disponibilidade pluvial, assim como, promover a caracterização de aspectos qualitativos dessas águas.

Reitera-se aqui que a água pluvial não deve ser utilizada para consumo humano nobre, como para beber e cozinhar alimentos, devido aos inúmeros organismos e substâncias presentes na atmosfera e na área de captação dessa água, que podem contaminá-la.

### **3.4 Aspectos físicos e de disponibilidade hídrica para o aproveitamento das águas pluviais: estudo da Escola Teófilo**

A visitação das escolas municipais da 7ª CRE já citadas permitiu perceber que em sua maioria são escolas com grandes áreas de construção, com amplas áreas para possível captação e aproveitamento da água da chuva.

Para o estudo dos aspectos físicos e quantitativos do objeto de estudo experimental, a Escola Municipal Professor Teófilo Moreira da Costa, levou-se em consideração as áreas de telhado para captação das águas pluviais e totais mensais médios precipitados na região da escola, tomada como caso de estudo.

Verificou-se inicialmente, a partir das plantas baixas fornecidas pela direção da Escola, que, sem considerar a área do telhado da quadra de esportes, a área total de telhado disponível para a captação de águas pluviais é de 1.151,25 m<sup>2</sup>.

A estação climatológica do Projeto HIDROCIDADES, localizada no Parque de Águas Rio – *Water Planet*, a cerca de 100 metros da Escola Teófilo, e o posto pluviométrico mantido pela Prefeitura Municipal da Cidade, no Riocentro, foram utilizados para obtenção de dados climatológicos. O posto pluviométrico da prefeitura do Rio foi utilizado por possuir uma série de dados maior do que a estação do projeto HIDROCIDADES (período de entre 1997 a 2011) e apresentar boa correlação com a mesma. A estação climatológica do projeto HIDROCIDADES

possui dados para o período entre 2007 e 2011. Assim, para as estimativas iniciais da pluviosidade e viabilidade da constituição de reservatório de acumulação pluvial, foram adotados os dados do posto Riocentro no período entre 1997 e 2010, disponíveis no *website* da Geo Rio, empresa da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro (GEORIO, 2011).

Os dados pluviométricos mensais da estação Riocentro dos anos de 1997 a 2010 encontram-se na tabela 2. A média anual da região, nesse período, foi de 1.321,58 mm de chuva. Pode-se observar que o período de estiagem ocorre nos meses de junho a agosto.

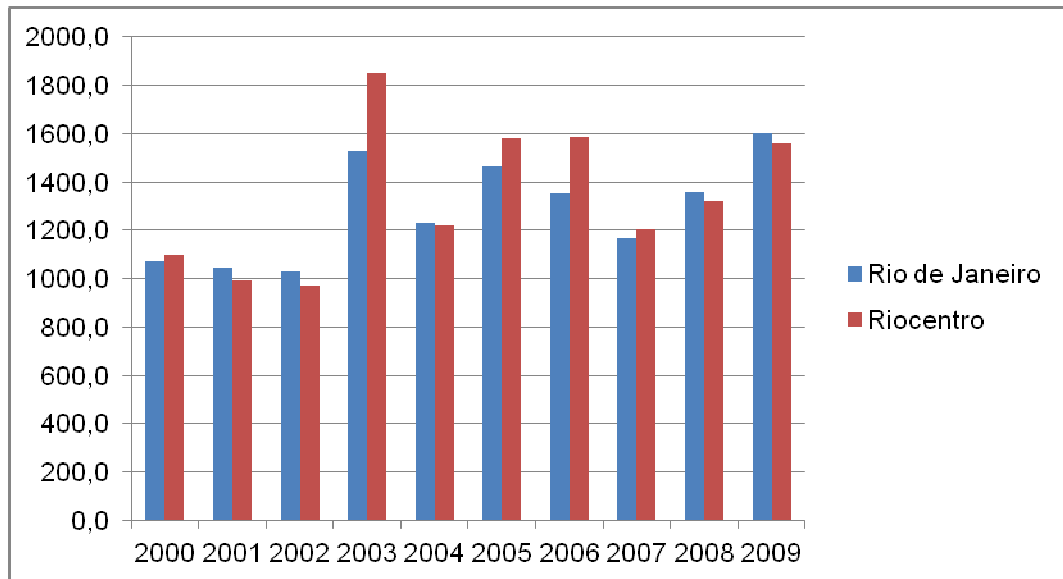
**Tabela 2.** Dados pluviométricos, em mm, da estação Riocentro de 1997 a 2010

Ano/Mês	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1997	225,3	68,0	59,0	58,7	64,8	24,5	11,9	53,9	79,4	68,2	135,2	101,0	<b>949,9</b>
1998	345,1	163,5	72,7	42,0	98,1	84,5	61,3	64,8	92,9	237,0	104,4	217,4	<b>1583,7</b>
1999	126,1	124,3	121,8	39,5	38,9	60,8	35,3	30,6	42,5	34,3	92,8	81,1	<b>828,0</b>
2000	115,0	200,4	46,6	11,4	46,3	13,6	63,5	84,1	164,6	54,6	167,6	128,8	<b>1096,5</b>
2001	33,0	49,8	90,6	41,0	135,6	53,4	128,8	12,8	36,4	78,6	96,2	235,4	<b>991,6</b>
2002	58,8	182,2	58,2	23,4	116,2	83,8	33,6	33,6	130,8	40,4	122,2	89,6	<b>972,8</b>
2003	471,8	1,0	308,0	132,2	64,6	27,2	33,8	249,6	116,4	171,0	191,6	85,6	<b>1852,8</b>
2004	157,8	185,4	65,0	104,2	89,6	51,8	168,2	19,6	19,8	91,4	175,8	90,0	<b>1218,6</b>
2005	167,4	77,6	238,4	54,6	ND	41,6	172,0	23,0	301,4	204,4	149,6	153,4	<b>1583,4</b>
2006	271,6	153,4	113,0	80,8	158,4	220,2	47,8	54,6	133,2	84,6	156,4	110,4	<b>1584,4</b>
2007	96,2	115,2	14,4	98,4	148,4	53,6	118,4	27,2	17,6	120,2	151,4	246,2	<b>1207,2</b>
2008	160,2	107,4	196,8	145,4	82,4	68,2	23,6	119,2	104,0	71,4	128,4	115,8	<b>1322,8</b>
2009	186,0	86,8	96,4	87,4	92,4	81,6	100,2	52,2	91,8	188,0	79,6	418,4	<b>1560,8</b>
2010	120,6	126,2	388,6	403,4	63,8	68,0	89,2	47,8	68,2	117,0	77,6	179,2	<b>1749,6</b>
<b>MÉDIA</b>	<b>181,1</b>	<b>117,2</b>	<b>133,5</b>	<b>94,5</b>	<b>92,3</b>	<b>66,6</b>	<b>77,7</b>	<b>62,4</b>	<b>99,9</b>	<b>111,5</b>	<b>130,6</b>	<b>160,9</b>	<b>1321,6</b>

ND: NãoDisponível

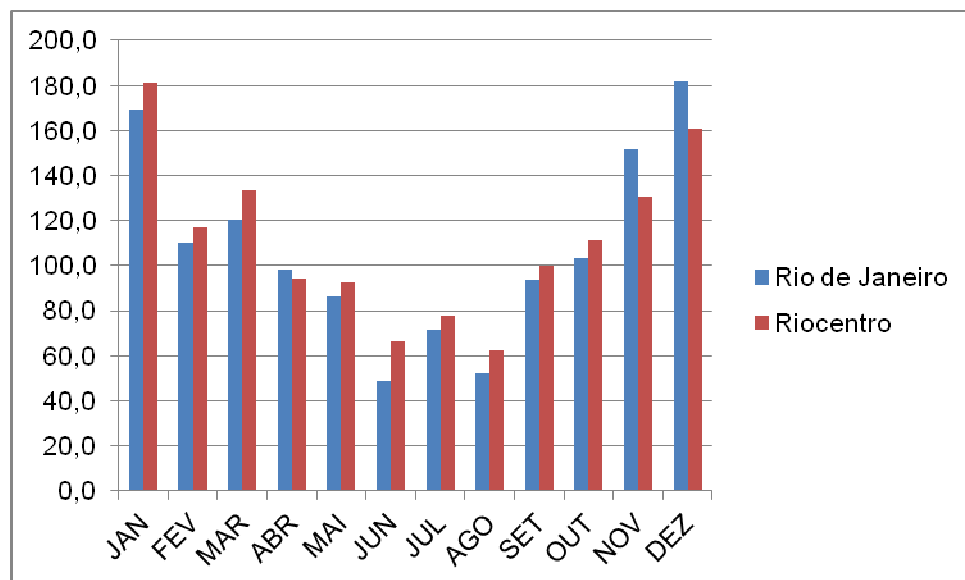
(Fonte: Geo- Rio)

A partir dos dados pluviométricos da prefeitura do Rio de Janeiro (Geo-Rio) pode-se verificar o alto índice de pluviosidade na região estudada, muitas vezes acima da média pluviométrica do município (Figura 20).



**Figura 20.** Comparação entre as médias de chuva anuais do município do Rio de Janeiro e as alturas pluviométricas anuais da estação Riocentro.  
(Fonte: Próprio autor)

A figura 21 apresenta a comparação entre as médias mensais do município do Rio de Janeiro e da estação pluviométrica Riocentro, confirmando a período de estiagem dessa região nos meses de junho a agosto.



**Figura 21.** Comparação entre as médias mensais pluviométricas do município do Rio de Janeiro e da estação pluviométrica Riocentro.  
(Fonte: Próprio autor)



Para exemplificar, com a precipitação média anual, de janeiro de 2008 a dezembro de 2010, de 1.544,40 mm, pode-se estimar, com o aproveitamento da água da chuva, uma economia de até 1.422,39 m<sup>3</sup> de água ao ano, considerando um telhado de captação de 1.151,25 m<sup>2</sup> (área de telhado da Escola Teófilo) e coeficiente de *runoff* de 0,8. Esse volume equivale a aproximadamente 20% do consumo médio anual da Escola Teófilo.

### 3.5 Qualidade das águas pluviais e características climatológicas

Na Tabela 3 são apresentados os totais pluviométricos acumulados observados entre coletas de amostras de águas pluviais na Escola Teófilo. Não foi observada tendência ou padrão óbvios no comportamento dos parâmetros de qualidade da água com relação às alturas pluviométricas totais observadas.

**Tabela 3.** Tabela associativa da data de coleta e mm de chuva precipitado antes da coleta.

Data da Coleta	mm de Chuva
17/03/2011	8,2
22/03/2011	9,0
23/03/2011	8,2
30/03/2011	5,0
31/03/2011	28,8
25/04/2011	44,0
26/04/2011	98,6
17/05/2011	9,2
18/05/2011	19,2

(Fonte: Estação climatológica do HIDROCIDADES)

Foram também apropriadas outras características climatológicas nos dias de coleta na estação automática da prefeitura do Rio de Janeiro localizada no Riocentro: temperatura, umidade relativa, velocidade do vento, radiação, número de dias sem chuva, anteriores ao dia da coleta (Tabela 4).

**Tabela 4.** Dados climatológicos precedentes às coletas.

Data	Hora	Temperatura (°C)			Umidade (%)			Vento (m/s)			Radiação (kJ/m <sup>2</sup> )	Dias sem chuva n°
		Inst.	Máx.	Mín.	Inst.	Máx.	Mín.	Vel.	Dir.	Raj.		
17/3/2011	11	24,8	24,9	23,9	77	85	77	0,7	17°	3,6	656,30	0
22/3/2011	8	23,0	23,0	22,8	90	90	90	0,0	46°	0,0	-3,46	3
23/3/2011	11	24,9	24,9	24,0	77	80	75	1,8	336°	3,9	425,20	0
30/3/2011	10	25,2	25,2	24,4	86	87	86	0,0	346°	0,7	111,20	6
31/3/2011	10	23,5	23,6	23,3	90	90	90	3,2	203°	5,3	39,71	0
25/4/2011	7	22,1	22,1	21,8	90	90	89	1,0	57°	2,6	-3,53	3
26/4/2011	11	21,8	22,2	21,5	89	91	88	1,1	352°	2,3	174,50	0
17/5/2011	7	17,7	17,8	17,6	87	89	87	2,8	14°	5,1	-1,52	0
18/5/2011	8	17,1	17,3	17,0	92	92	91	2,1	9°	3,5	-2,56	0

(Fonte: Estação climatológica da Prefeitura do Rio de Janeiro)

A temperatura indica o grau de aquecimento do ar da atmosfera. A temperatura do ar atua no processo de evapotranspiração, devido ao fato de que a radiação solar absorvida pela atmosfera e o calor emitido pela superfície, elevam a temperatura do ar. A umidade é a quantidade de vapor de água presente na atmosfera. O vento é o fluxo de gases em larga escala, ou seja, é o deslocamento de ar que migra de regiões de alta pressão atmosférica para os pontos onde essa pressão é inferior. Radiação solar é a designação dada à energia radiante emitida pelo sol, em particular aquela que é transmitida sob a forma de radiação eletromagnética. Número de dias sem chuva representa o número de dias sem precipitação atmosférica.

Observa-se que os valores apropriados para temperaturas são coerentes se comparados com as características climatológicas observadas.

Os valores maiores de turbidez foram encontrados na coleta do dia 25/04/2011. Esses valores condizem com o fato de não ter ocorrido precipitação nos seis dias antecedentes a essa coleta. Também nessa coleta foram observados os menores valores de oxigênio dissolvido, sugerindo acúmulo de matéria orgânica no telhado nos dias anteriores sem chuva.

De forma geral, não foi possível observar tendência ou padrão da qualidade das águas pluviais com as variáveis climatológicas provavelmente devido às demais variáveis, como a ecológica.

### 3.6 Caracterização da Qualidade das Águas Pluviais

Foram realizadas nove coletas de águas pluviais na Escola Teófilo entre os meses de março e maio de 2011. Cada coleta está associada a 4 amostras diferentes, caracterizando volumes equivalentes de 0,5 mm, 1,0 mm, 1,5 mm e 2,0 mm de chuva respectivamente. Os parâmetros analisados para cada amostra foram temperatura, pH, potencial de oxirredução, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos e salinidade, através da sonda multiparâmetros Horiba e coliformes termotolerantes, através de análises laboratoriais. As Tabelas 5 a 8 apresentam os valores encontrados para cada altura pluviométrica nas diferentes datas de coleta.

**Tabela 5.** Dados observados para as amostras de 0,5 mm de chuva.

Total Precipitado		8,2 mm	9,0 mm	8,2 mm	5,0 mm	25,8 mm	43,999 mm	98,595 mm	9,2 mm	19,2 mm
		0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm	0,5 mm
Parâmetro	Unidade	17/3/2011	22/3/2011	23/3/2011	30/3/2011	31/3/2011	25/4/2011	26/4/2011	17/5/2011	18/5/2011
Temperatura	°C	24,54	24,02	25,2	25,92	26,24	22,58	22,59	18,37	18,56
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		7,4	4,42	5,27	4,72	4,62	3,94	4,61	4,19	3,95
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	284	293	299	274	306	261	260	285	325
Condutividade	mS/cm	0,358	0,149	0,103	0,18	0,173	0,249	0,189	0,142	0,058
Turbidez	NTU	12,3	18,3	68	42,6	57,1	235	123	6,5	5,2
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	8,15	9,9	8,92	7,36	7,89	3,11	7,14	6,51	9,39
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,232	0,096	0,064	0,116	0,107	0,162	0,123	0,092	0,038
Salinidade	ppt	0,2	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2700	1500	110000	21000	21000	28000	110000	4300	4300

(Fonte: Próprio autor)

**Tabela 6.** Dados observados para as amostras de 1,0 mm de chuva.

Total Precipitado		8,2 mm	9,0 mm	8,2 mm	5,0 mm	25,8 mm	43,999 mm	98,595 mm	9,2 mm	19,2 mm
		1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm	1,0 mm
Parâmetro	Unidade	17/3/2011	22/3/2011	23/3/2011	30/3/2011	31/3/2011	25/4/2011	26/4/2011	17/5/2011	18/5/2011
Temperatura	°C	25,23	24,13	25,15	27,61	24,92	22,13	22,72	17,93	18,19
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		7,24	4,91	5,47	4,98	4,46	4,22	5,08	4,3	4,44
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	220	222	229	196	227	220	194	295	274
Condutividade	mS/cm	0,269	0,135	0,089	0,183	0,215	0,207	0,065	0,116	0,051
Turbidez	NTU	28,6	18	69,5	42,3	19,3	471	263	76,7	46,9
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	7,66	8,53	8,63	6,92	4,66	6,72	8,29	8,17	9,2
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,168	0,086	0,055	0,117	0,14	0,134	0,04	0,076	0,033
Salinidade	ppt	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	46000	740	2800	110000	110000	110000	110000	15000	9300

(Fonte: Próprio autor)

**Tabela 7.** Dados observados para as amostras de 1,5 mm de chuva.

Total Precipitado	Unidade	8,2 mm	9,0 mm	8,2 mm	5,0 mm	25,8 mm	43,999 mm	98,595 mm	9,2 mm	19,2 mm
		1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm	1,5 mm
Parâmetro	Unidade	17/3/2011	22/3/2011	23/3/2011	30/3/2011	31/3/2011	25/4/2011	26/4/2011	17/5/2011	18/5/2011
Temperatura	°C	24,98	23,94	24,45	26,26	24,51	22,27	22,7	17,99	18,3
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		7,11	4,61	5,53	4,99	4,68	3,92	4,77	4,52	4,6
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	211	204	199	140	203	211	234	290	271
Condutividade	mS/cm	0,235	0,119	0,107	0,215	0,185	0,144	0,088	0,14	0,053
Turbidez	NTU	23,5	31,5	32,4	41,3	25,6	182	129	15,5	5
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	7,84	8,46	8,8	3,31	8,18	4,03	7,9	8,06	9,35
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,145	0,075	0,068	0,139	0,117	0,094	0,055	0,091	0,035
Salinidade	ppt	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	7500	1100	2100	9300	9300	46000	240000	24000	24000

(Fonte: Próprio autor)

**Tabela 8.** Dados observados para as amostras de 2,0 mm de chuva.

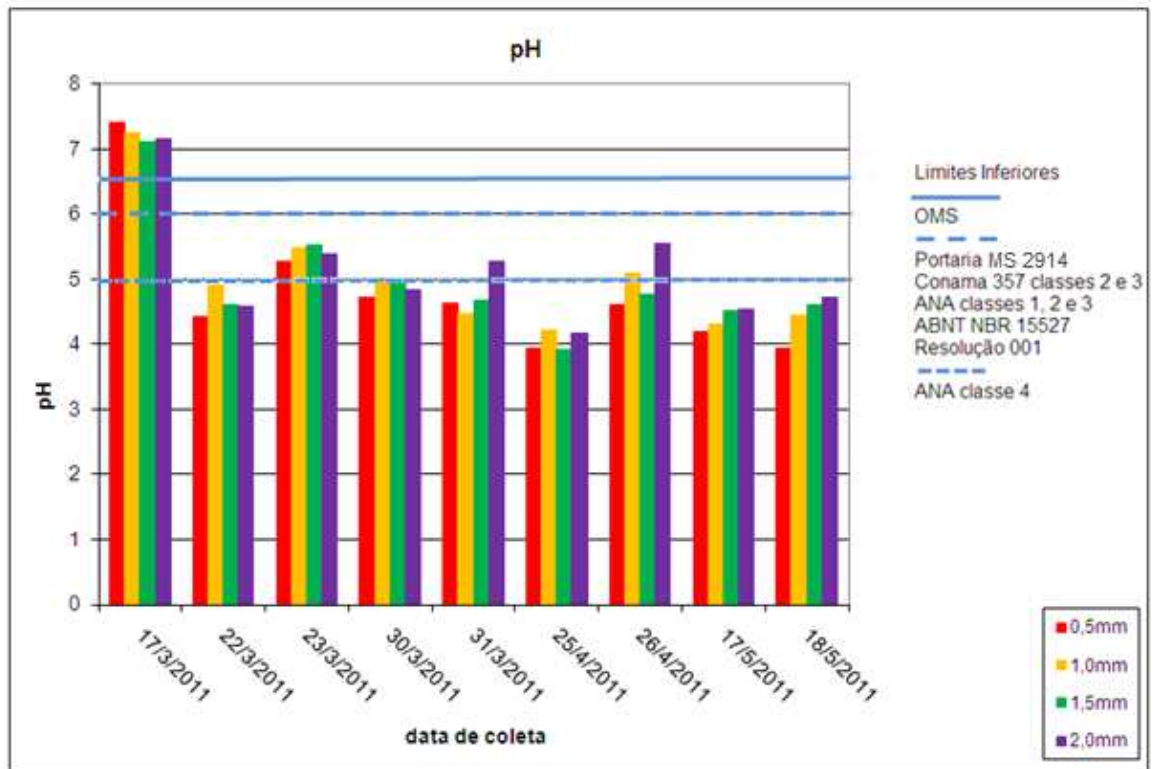
Total Precipitado	Unidade	8,2 mm	9,0 mm	8,2 mm	5,0 mm	25,8 mm	43,999 mm	98,595 mm	9,2 mm	19,2 mm
		2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm	2,0 mm
Parâmetro	Unidade	17/3/2011	22/3/2011	23/3/2011	30/3/2011	31/3/2011	25/4/2011	26/4/2011	17/5/2011	18/5/2011
Temperatura	°C	25,18	24,04	24,26	26,07	24,57	22,12	22,39	17,96	18,38
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		7,15	4,58	5,38	4,83	5,28	4,16	5,55	4,54	4,72
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	203	174	215	133	197	213	201	262	255
Condutividade	mS/cm	0,19	0,105	0,111	0,171	0,153	0,119	0,149	0,127	0,053
Turbidez	NTU	51,1	42,5	27,7	256	37,5	277	76,5	39,4	56
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	7,94	8,59	9,32	7,27	8,33	8,75	7,29	8,56	9,65
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,116	0,065	0,072	0,105	0,095	0,075	0,097	0,083	0,034
Salinidade	ppt	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	4300	4600	15000	2800	9300	110000	240000	46000	110000

(Fonte: Próprio autor)

No contexto de marcos legais, observou-se que ainda há lacunas com relação à questão de padrões para a qualidade de águas pluviais. São poucas as legislações que fazem referência à qualidade dessas águas. Portanto ainda não há um padrão definido/exigido para qualidade de águas pluviais e seu aproveitamento. Existem apenas recomendações. Por isso, os valores encontrados para as águas pluviais no caso em estudo foram primeiramente comparados com padrões de potabilidade da Organização Mundial da Saúde (OMS) e da portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS), resolução CONAMA 357/2005 (que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento), com o manual de conservação e reúso da água em edificações da ANA, com a NBR-ABNT 15.527:2007 (Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos) e a resolução conjunta SMG/SMO/SMU 001/2005 do município do Rio de Janeiro, que disciplina os procedimentos a serem observados no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do Decreto 23940/2004, que, apesar de tornar obrigatório apenas o retardo das águas pluviais, prevê a utilização dessas em usos não potáveis.

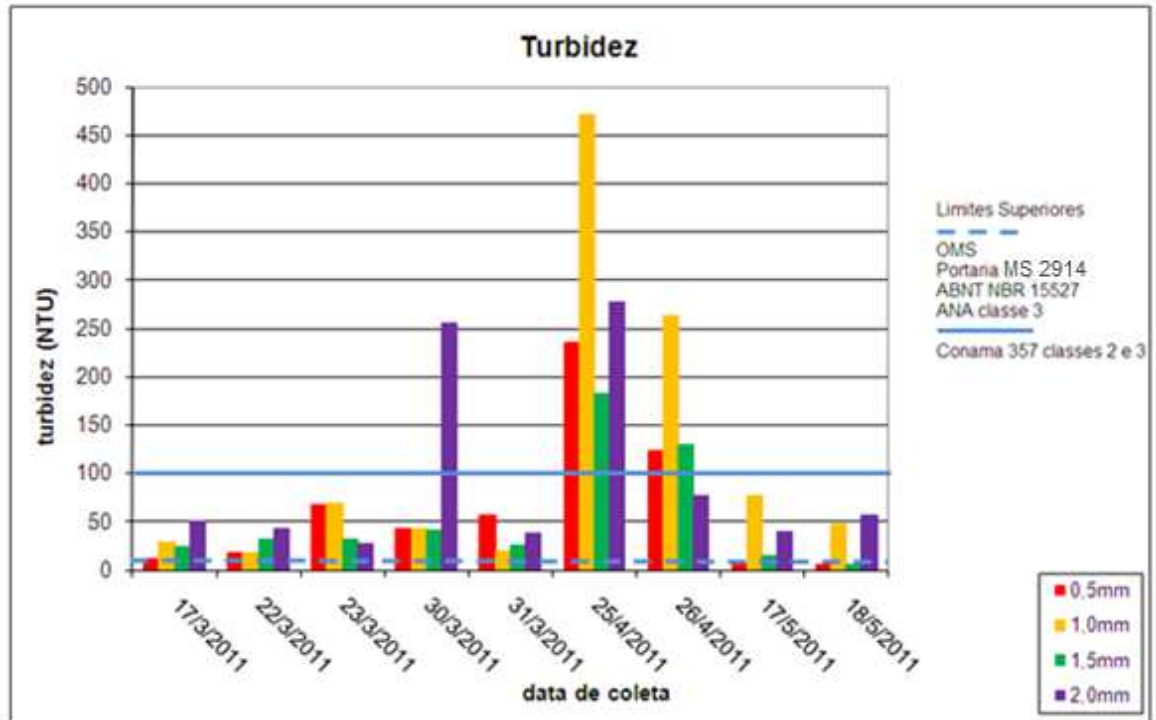
Para os padrões de potabilidade da OMS, o pH deve estar na faixa de 6,5 a 8,5, porém para o MS, portaria 2914, o pH da água potável deve estar entre 6,0 e 9,0. A resolução CONAMA 357/2005 em sua classe 2 de águas doces (águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e à aquicultura e à atividade de pesca) e em sua classe 3 de águas doces (águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais), assim como o Manual da ANA em sua classe 1 (usos preponderantes basicamente em descarga de bacias sanitárias, lavagem de pisos, fins ornamentais, lavagem de roupas e de veículos), classe 2 (usos preponderantes associados à fase de construção da edificação: lavagem de agregado, preparação de concreto, compactação do solo e controle de poeira) e classe 3 (uso preponderante na irrigação de áreas verdes e rega de jardins), a ABNT-NBR 15.527 e a Resolução 001/2005, regulamentam o pH na faixa entre 6 e 9. No manual da ANA, em sua classe 4 (uso preponderante no resfriamento de equipamentos de ar condicionado), o pH deve ser entre 5 e 8,3.

Na figura 22, apresentam-se os valores de pH obtidos nas amostras e os regulamentados descritos acima. Pode-se observar que a maioria dos valores de pH encontrados não se enquadram em nenhuma dessas regulamentações.



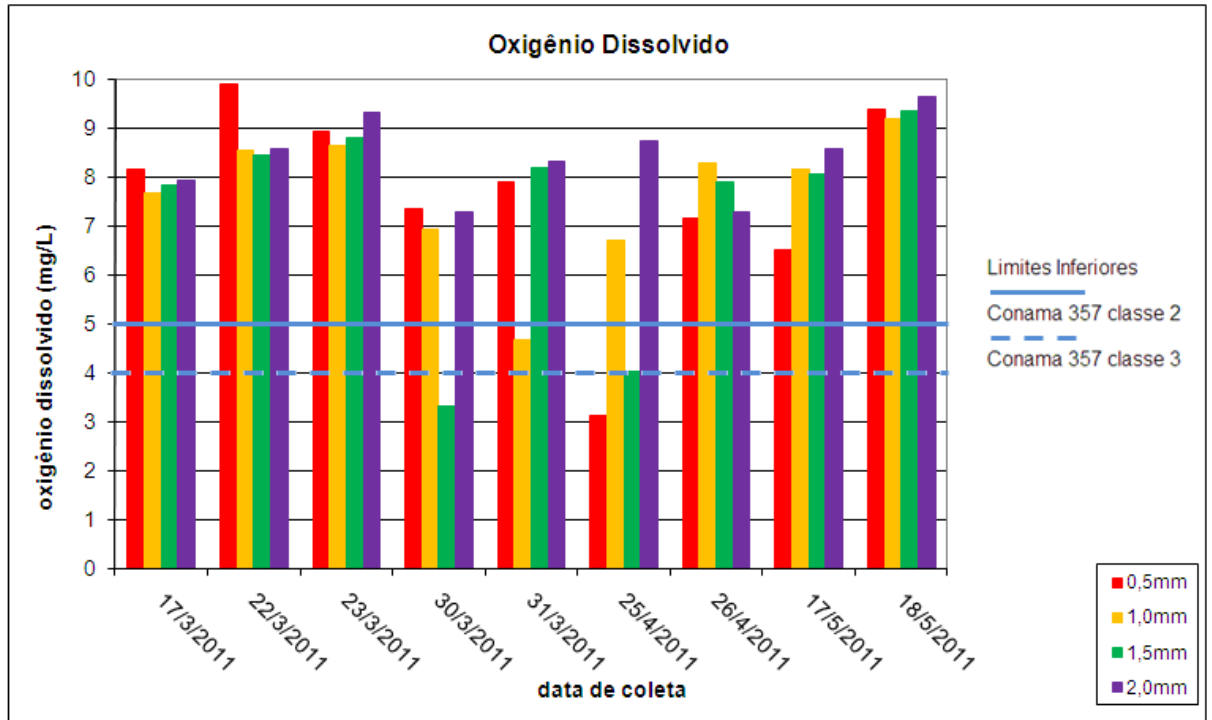
**Figura 22.** Comparação entre os valores de pH encontrados e os regulamentados.

Para o parâmetro turbidez, a portaria 2.914 do MS e da OMS estabelece o máximo de 5 NTU, mesmo limite proposto pela ABNT-NBR 15.527 e o manual da ANA em sua classe 3. Essa mesma regulamentação estabelece 2 NTU em sua classe 1. O CONAMA 357, classes 2 e 3 de água doce, estabelece um limite máximo de 100 NTU. A figura 23 apresenta os valores de turbidez observados nas amostras e os regulamentados. Observa-se, nessa figura, que para nenhum dos valores observados, as amostras analisadas poderiam ser classificadas como potáveis, porém a maioria dos valores encontrados estão dentro dos padrões CONAMA classes 2 e 3.



**Figura 23.** Comparação entre os valores de turbidez encontrados e os regulamentados.

O CONAMA 357, em sua classe 2 de água doce, estabelece o mínimo de 5 mg/L para oxigênio dissolvido, enquanto em sua classe 3 de água doce estabelece o mínimo de 4 mg/L. Já o manual da ANA regulamenta esse parâmetro apenas para classe 4. Esse parâmetro não é mencionado pelos padrões de potabilidade da portaria 2.914 do MS e da OMS. A figura 24 apresenta os valores de oxigênio dissolvido observados e os regulamentados. Através dessa figura pode-se notar que a maioria dos valores observados atende os padrões CONAMA para classes 2 e 3.



**Figura 24.** Oxigênio dissolvido observados e valores de referência regulamentados.

A portaria 2.914 do MS estabelece o limite máximo de 1000 mg/L de sólidos totais dissolvidos. Já o manual da ANA, em sua classe 1 estabelece o valor máximo de 500 mg/L, em sua classe 3 de 450 a 1.500 mg/L e em sua classe 4 de 1.000 mg/L. Como o maior valor encontrado na água pluvial nesse estudo foi de 232 mg/L, muito abaixo do valor máximo permitido, essa água está dentro do padrão para esse parâmetro.

Para os padrões de potabilidade da OMS e da portaria 2.914 do MS, os coliformes termotolerantes devem ser ausentes em 100 mL, mesmo limite regulamentado pela ABNT NBR 15527 e para o manual da ANA em sua classe 1. O CONAMA 357, classe 2 de água doce, estabelece um limite de 1000 em 100 mL para contato primário, assim como o manual da ANA em sua classe 2, e 2000 em 100 mL para os outros usos dessa classe. A classe 3 de água doce do CONAMA 357 estabelece um limite de 2500 em 100 mL. A classe 3 do manual de ANA estabelece um valor máximo de 200 NMP/100 mL. Os valores observados para coliformes termotolerantes na água pluvial variaram entre 740 NMP em 100 mL e 240.000 NMP em 100 mL, valores não condizentes com o padrão de potabilidade. A



maioria dos valores encontrados também não atende aos outros padrões analisados.

Os parâmetros temperatura, potencial de oxirredução, condutividade e salinidade não são regulamentados pelas diretrizes comparadas.

Através dessas análises, observa-se que as águas pluviais deste estudo não podem ser usadas para beber ou cozinhar por não estarem dentro dos padrões de potabilidade aqui discutidos.

Com relação aos outros padrões para águas não potáveis, apesar de as águas pluviais estudadas muitas vezes não alcançarem a qualidade desejável, deve, no entanto, ser considerado que, no estudo realizado por Oliveira (2007) no município do Rio de Janeiro, observou-se que os parâmetros de qualidade da água pluvial após armazenamento de 7 dias sofreram algum tipo de redução em relação aos valores encontrados no dia 0, exceto para o parâmetro pH.

A tabela 9 apresenta os valores médios observados e desvio padrão encontrados nesse estudo e valores de padrões de qualidade das águas pluviais reportados na literatura.

**Tabela 9.** Comparação entre os dados observados e os reportados na literatura.

Local	pH	Turbidez (NTU)	Colif. Termotolerantes (NMP/100mL)	SDT (mg/L)	Condutividade (mS/cm)	OD (mg/L)	Referência
Estudo de Caso	4,98 ± 0,92	82,02 ± 101,42	47831,67 ± 63191,99	96,0 ± 43,0	0,150 ± 0,067	7,74 ± 1,65	
Rio de Janeiro, RJ	6,7	22	220000				Oliveira, 2007
São Paulo, SP	5,8	3,6	Presença	112	0,0886	16,7	May, 2004
Vitória, ES	6,8	10,4	10	157,9			PROSAB, 2006
Blumenau, SC	5,6	4,38	3474,02				Valle et al. 2007
Itanduba, AM	6,35	0,93	Presença				Andrade, 2009
Maceió, Al	7,62	3,69	277	66,77		3,96	Souza et al., 2009
Texas, EUA	5,4 - 6,3	5,0 - 35,0	37 - 127		0,018 - 0,060		Mendez et al., 2011
Berlim, Alemanha			10,6		0,111		Nolde, 2007
Kefalonia Island, Grécia	8,31		250		0,103		Sazakli et al., 2007
Gangneung, Coréia do Sul	7,3		10	88	0,17		Lee et al., 2010
Barcelona, Espanha	7,16		52		0,0656	5,1	Domènech et al., 2011
Sylhet, Bangladesh	7,6	0,56	0	80			Alam et al., 2011

Observa-se na tabela 9 que a média dos valores de pH desse estudo foi mais ácido do que os demais. Podendo ser explicado pela composição de fibrocimento do telhado estudado e a grande quantidade de material depositado diariamente no telhado por vento, árvores e pequenos animais.

A média dos valores de turbidez também foi maior se comparada aos demais valores encontrados na literatura. A presença de folhas e pequenos animais também poderiam explicar esses valores.

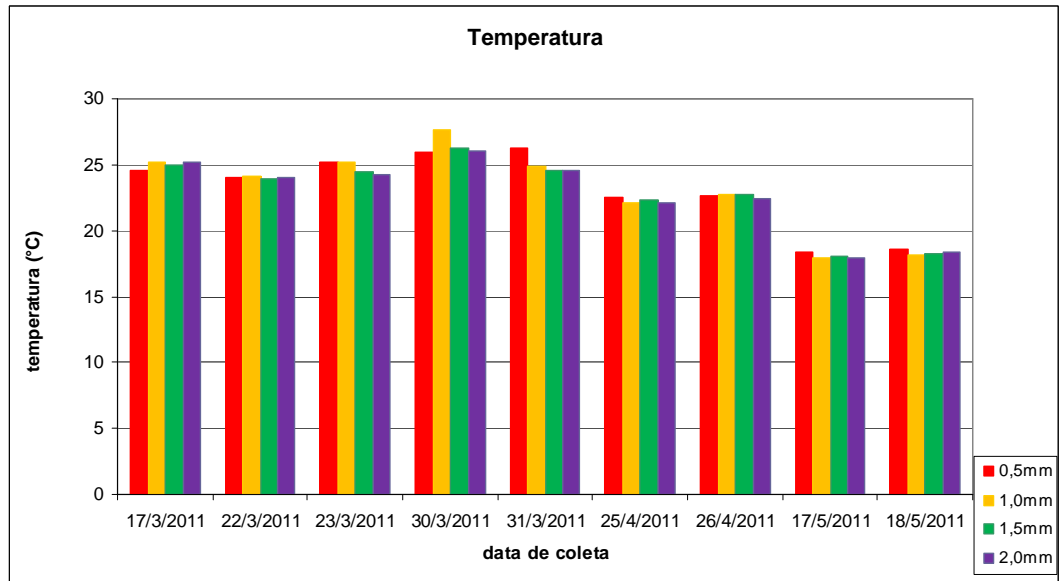
Já a média dos valores de coliformes termotolerantes ficou próxima ao reportado em outro estudo no Rio de Janeiro, porém esse parâmetro obteve valor bem acima dos demais. Dejetos de pássaros e outros animais poderiam justificar o número. Ressalta-se a característica periurbana da região em estudo. Destaca-se ainda a variabilidade entre os valores de coliformes observados por outros autores.

O valor médio para sólidos totais dissolvidos foi condizente com os demais, assim como o valor médio encontrado de condutividade. Já o valor médio de oxigênio dissolvido ficou entre os demais valores verificados na literatura.

### **3.7 Análise de primeiro descarte dos primeiros 0,5 mm; 1,0 mm; 1,5 mm e; 2,0 mm (*first flush*)**

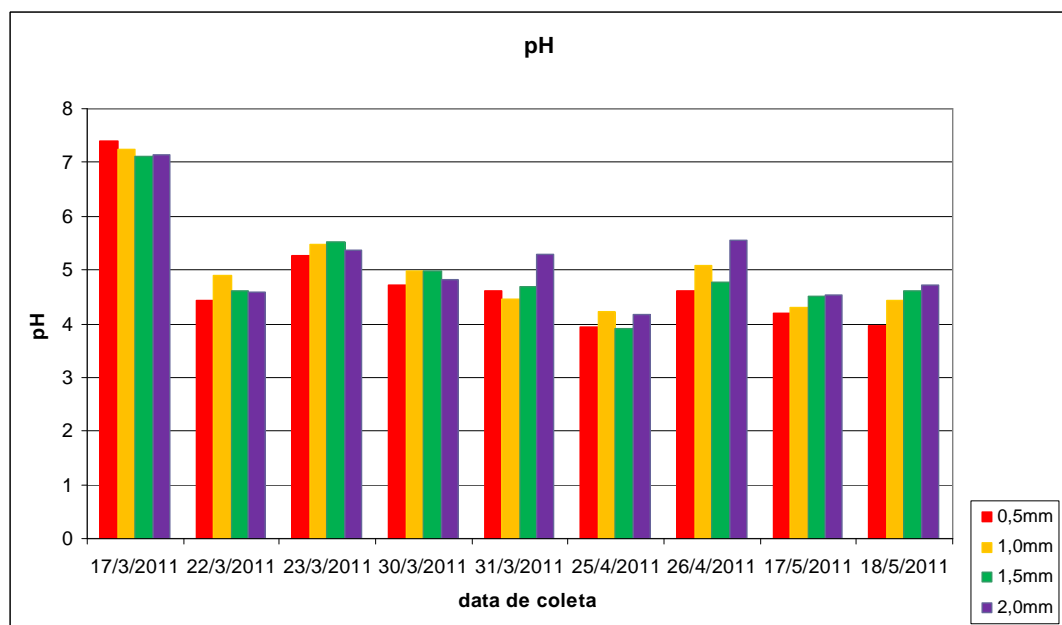
Foram observados os padrões de qualidade dos diferentes volumes de coleta. Buscava-se identificar se o primeiro volume de coleta (=0,5 mm) era pior do que o segundo volume de coleta (=1,0 mm); e, assim por diante. Entre outros, essa análise teria impacto direto na definição dos possíveis volumes a serem descartados (o chamado *first flush*)

As figuras 25 a 33 representam graficamente cada parâmetro de qualidade observado (temperatura, pH, potencial de oxirredução, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos, salinidade e coliformes termotolerantes), nas diferentes datas de coleta, os valores observados para os primeiros 0,5 mm; 1,0 mm; 1,5 mm e 2,0 mm. Os parâmetros temperatura, pH, potencial de oxirredução, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais dissolvidos e salinidade foram observados através da sonda multiparâmetros Horiba, enquanto os coliformes termotolerantes foram analisados em laboratório.



**Figura 25.** Valores de temperatura observados nas amostras por coletor.

O parâmetro temperatura da água variou de acordo com a temperatura do ar e a radiação.

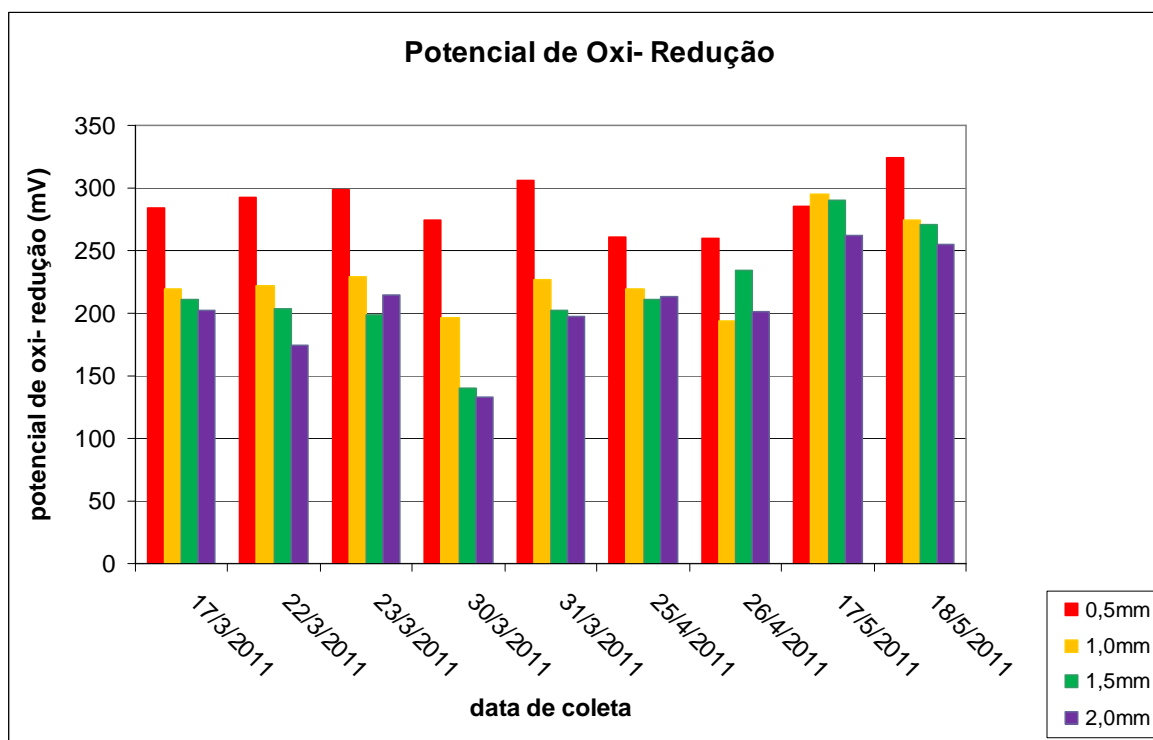


**Figura 26.** Valores de pH observados nas amostras por coletor.

Já para o parâmetro pH observa-se que o primeiro 0,5 mm de chuva é mais ácido na maioria das amostras e as amostras de 2,0 mm de chuva tendem a ser

mais básicas. Isso ocorre devido à diferença de temperatura do telhado no decorrer do evento pluviométrico e pelo contato com substâncias reagentes, que reduzem a acidez, presentes no telhado. A diferença do pH nas diferentes datas de coleta pode estar correlacionada com a temperatura do ar e radiação de cada data, alterando a temperatura da água e, por fim, o pH. Segundo Rebello, Alves e Zanella (2005), os valores de pH tendem a aumentar em contato com as impurezas da área de captação, como por exemplo carbonatos e hidróxidos ou nitrogênio amoniacal presente na matéria orgânica oriunda de fezes de animais e folhas em decomposição.

No estudo feito por Lee, Yang, Han e Choi (2010), foi observado que o pH da água pluvial captada exibia valores maiores que o da água pluvial pura (sem passar por superfície de captação, porém a primeira apresentou valores similares à água pluvial armazenada (que passou por uma superfície de captação e ficou armazenada por algum tempo determinado).

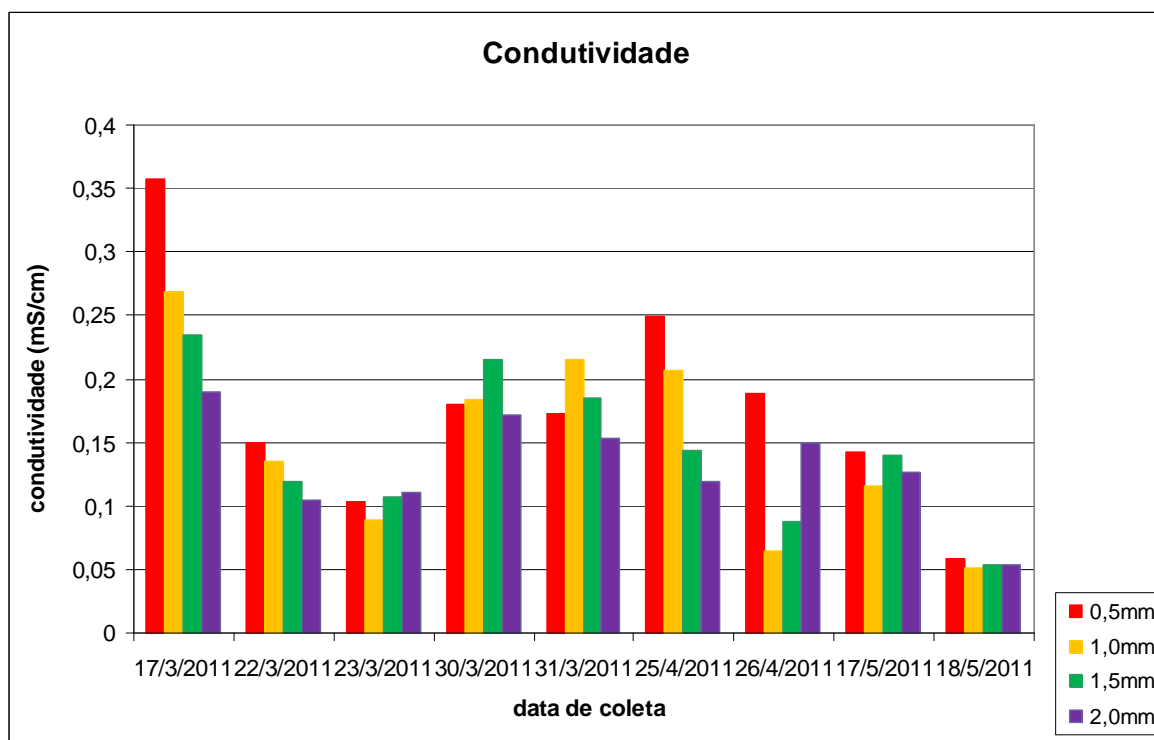


**Figura 27.** Valores de potencial de oxirredução (ORP) observados nas amostras por coletor.

Para o parâmetro potencial de oxirredução, na maior parte das coletas, as amostras de 0,5 mm de chuva apresentaram o maior valor, enquanto as amostras

de 2,0 mm de chuva apresentaram o menor valor. Provavelmente, por conta da quantidade de material acumulado no telhado, entre folhas e dejetos de animais, e a lavagem gradativa do telhado no decorrer da chuva.

O maior valor de ORP encontrado foi de 325 mV, portanto abaixo do recomendado pela Universidade da Califórnia (<http://anrcatalog.ucdavis.edu>). Isso reafirma a necessidade de desinfecção das águas pluviais antes do consumo, ainda que seja para fins não potáveis.

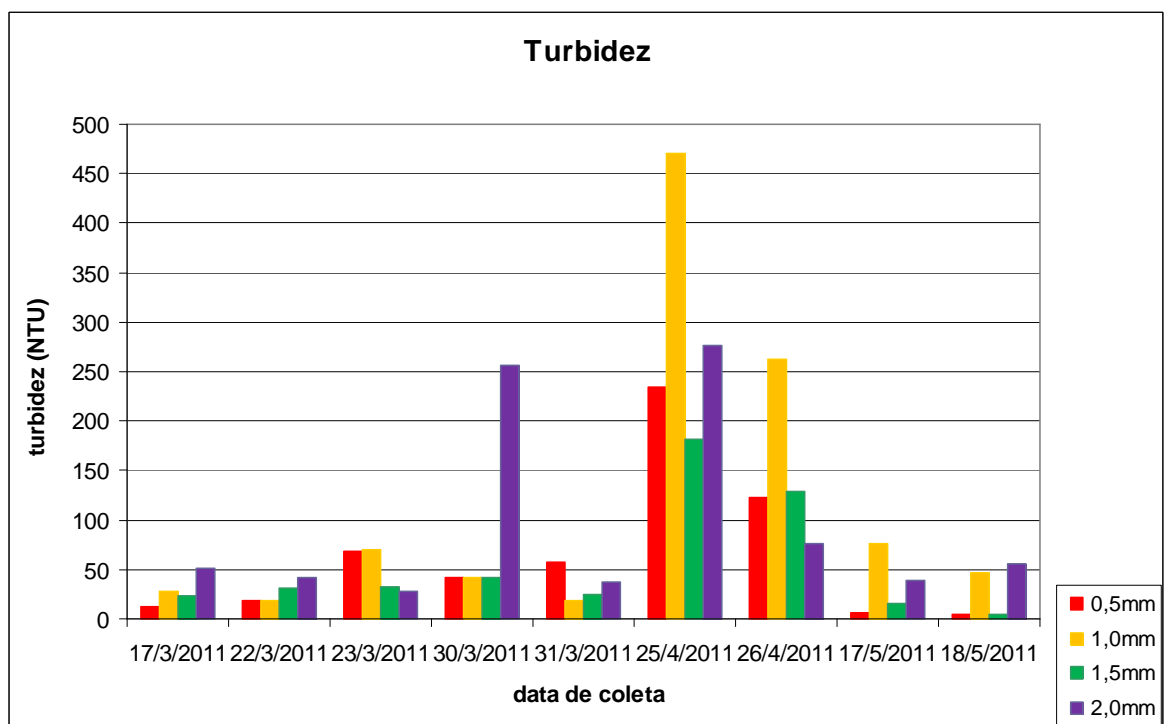


**Figura 28.** Valores de condutividade observados nas amostras por coletor.

Os valores de condutividade encontrados foram baixos, entre 0,051 mS/cm e 0,358 mS/cm (Lee et al., 2010; Sazakli et al., 2007; Nolde, 2007), em conformidade com os baixos valores encontrados para os sólidos totais dissolvidos e para a salinidade, apresentados a seguir. Esses três parâmetros podem ser relacionados aos materiais presentes no telhado, com suas características de solubilidade e ionização, e, também correlacionáveis com a velocidade dos ventos. Dessa forma, pode-se perceber que, na grande maioria, as amostras de 0,5 mm de chuva apresentaram os maiores valores de condutividade e as amostras de 2,0 mm de chuva apresentam os menores.

No estudo feito por Mendez et al (2011), observou-se que a condutividade da água de lavagem (*first flush*) era significativamente maior do que a água pluvial aproveitada após descarte de 38 L para cada 93 m<sup>2</sup> de área de captação, ou seja, descarte 2,5 mm de chuva.

Como para o parâmetro pH, no estudo feito por Lee et al (2010), foi observado que a condutividade das águas pluviais captadas exibiam valores maiores que o da água pluvial pura, porém a primeira apresentou valores similares à água pluvial armazenada. Isso também foi observado por Mendez et al (2011). Assim, esses autores observaram que a água pluvial que não passa pela superfície de captação apresenta uma qualidade melhor, porém a água pluvial que passa por essa superfície não sofre alterações consideráveis nesse parâmetro durante o tempo de armazenamento.

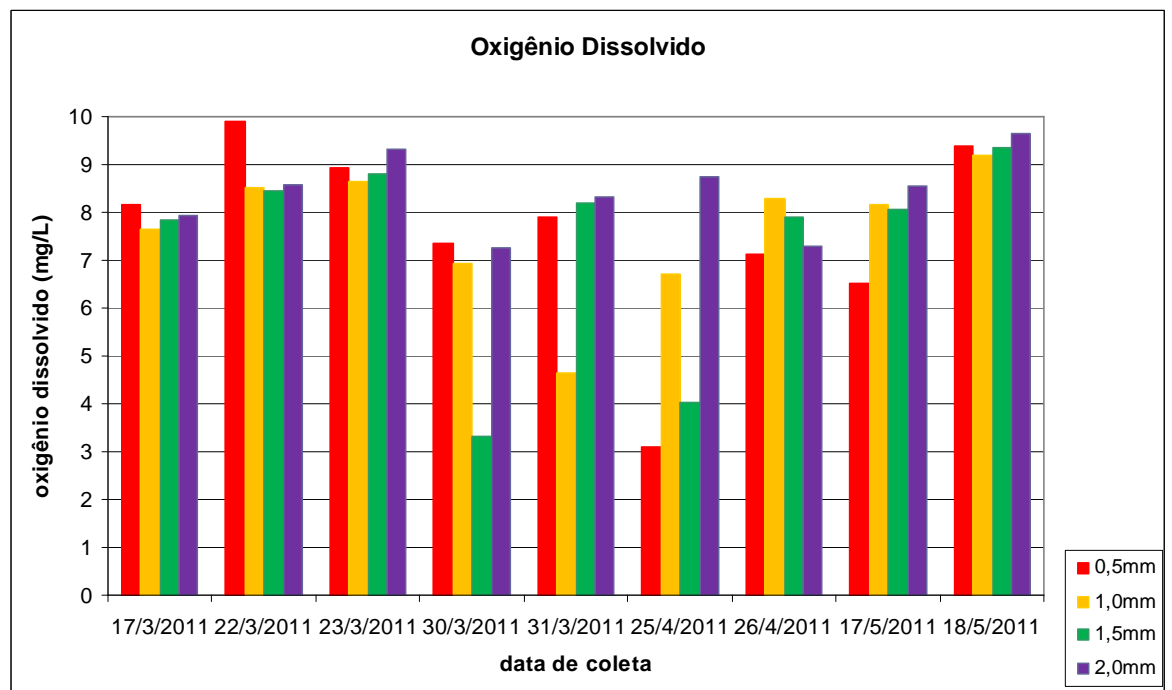


**Figura 29.** Valores de turbidez observados nas amostras por coletor.

Observou-se grande variabilidade nos valores obtidos para turbidez. Todos foram maiores do que 5 NTU (Alam et al., 2011; May, 2004; Souza et al., 2009). Chama-se atenção para o impacto dos materiais depositados no telhado antes e durante a chuva, além da variação da intensidade da chuva e velocidade do vento,

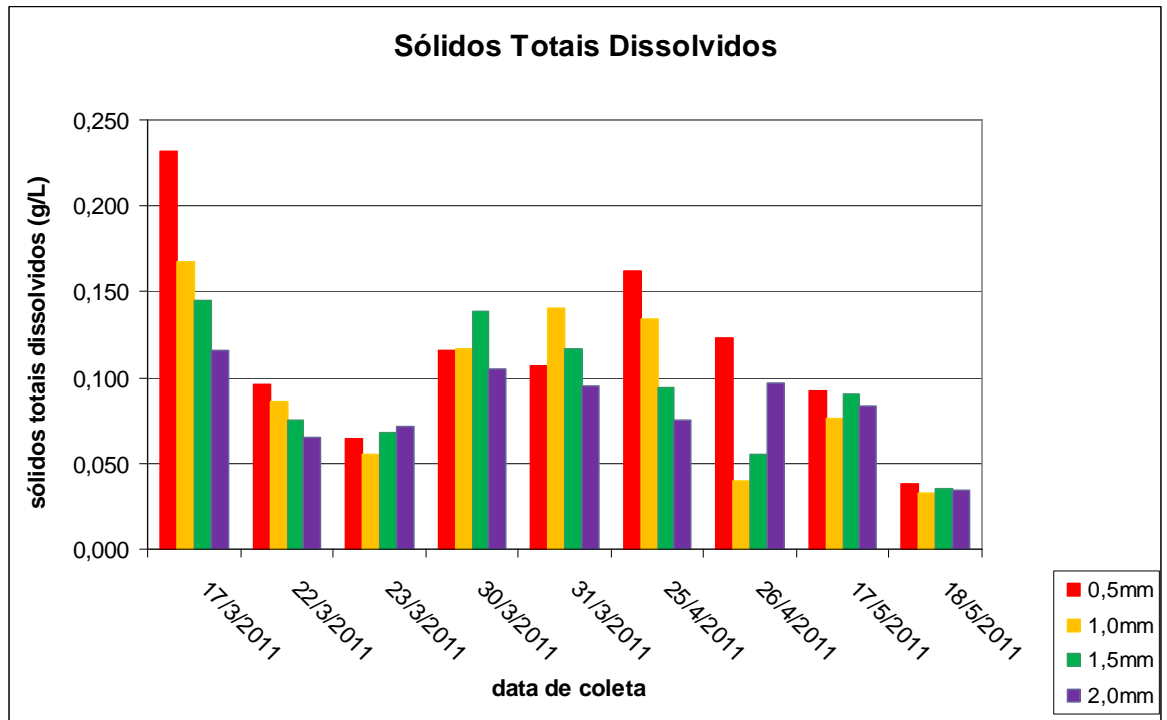
conforme apresentado a seguir no texto. Isso poderia justificar a grande variabilidade dos valores de turbidez encontrados nas diferentes amostragens.

Assim como observado para a condutividade, no estudo feito por Mendez et al (2011), também observou-se que a turbidez da água de lavagem (*first flush*) era significativamente maior do que a água pluvial aproveitada após o descarte da água de lavagem.



**Figura 30.** Valores de oxigênio dissolvido (OD) observados nas amostras por coletor.

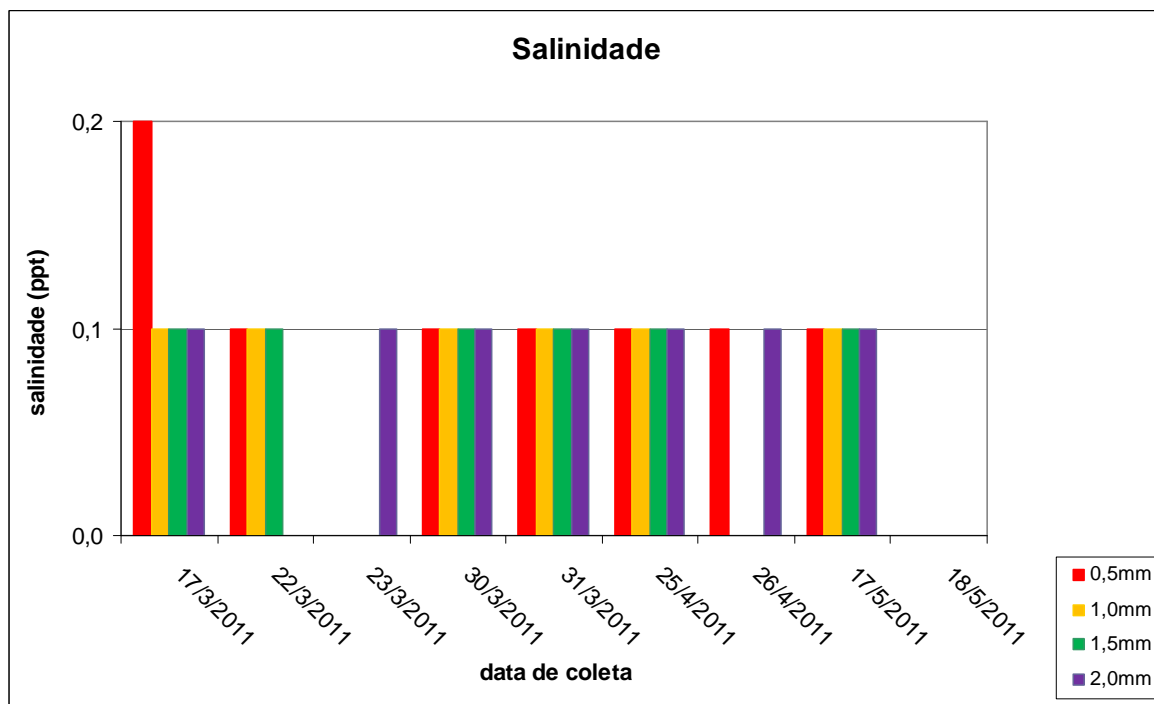
A água pluvial possui naturalmente uma grande quantidade de oxigênio dissolvido devido à agregação das moléculas de oxigênio às gotas de água durante a passagem pela atmosfera. Os baixos valores de OD observados nos dias 30/03, 31/03 e 25/04 podem estar relacionados com as reações de decomposição de material nessas águas. Os demais valores encontram-se melhores do que os valores observados na literatura (DOMÈNECH et al., 2011; SOUZA et al., 2009).



**Figura 31.** Valores de sólidos totais dissolvidos observados nas amostras por coletor.

O parâmetro sólidos totais dissolvidos está relacionado ao material solúvel depositado no telhado, assim como a velocidade do vento. Dessa forma, as amostras de 0,5 mm de chuva tendem a apresentar os maiores valores enquanto as amostras de 2,0 mm de chuva tendem a apresentar os menores.

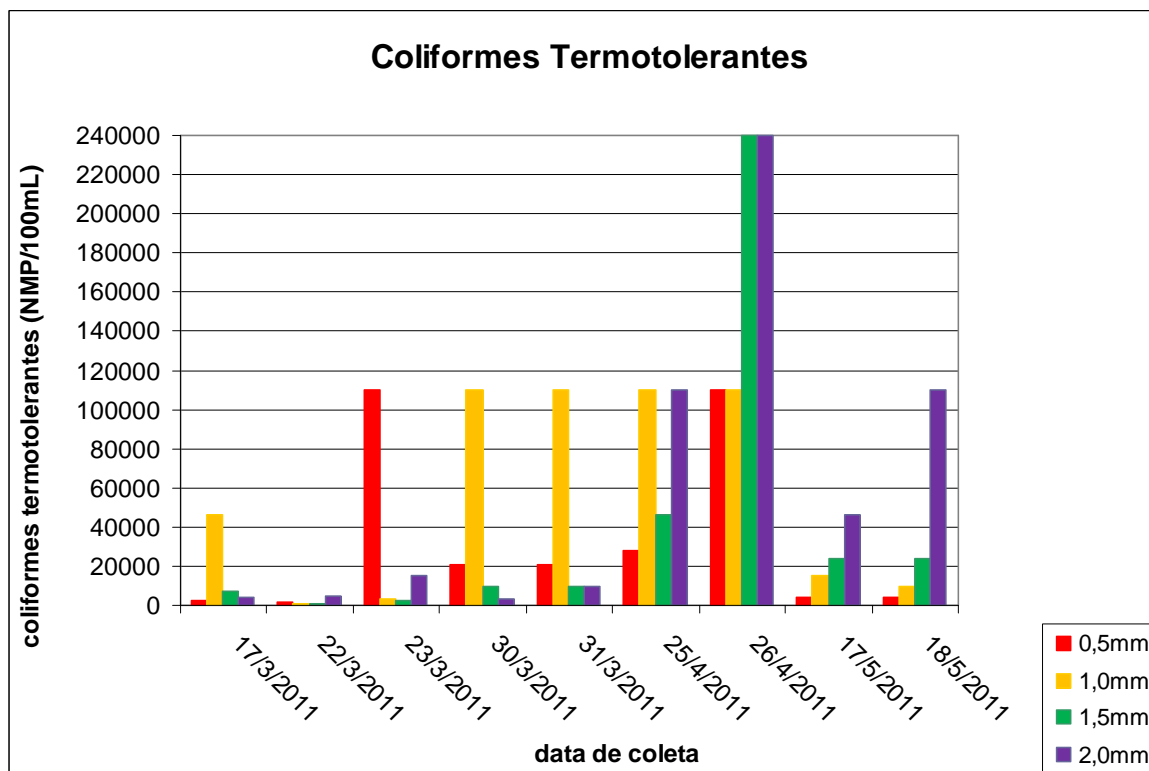




**Figura 32.** Comparação entre os valores de salinidade observados.

Segundo o CONAMA 357, as águas doces são definidas como águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰ (por mil). Como o maior valor observado foi de 0,2 ppt (*parts per thousand* - partes por mil), conforme esperado as águas pluviais foram classificáveis como água doce, assim é possível afirmar que no local do experimento, embora fisicamente próximo à região costeira, não há a influência da salinidade presente nas águas e ar marítimos. A variação dos valores da salinidade (entre 0 e 0,2 ppt) pode estar relacionada com a velocidade e direção do vento.

O estudo feito por Evans, Coombes e Dunstan (2006), com exames de variações dentro da chuva para cada evento pluviométrico analisado, indicou uma tendência geral de declínio das concentrações dos componentes iônicos observados com o aumento da altura pluviométrica, refletindo o efeito combinado da lavagem dos aerossóis da atmosfera e a remoção do material de deposição seca da superfície de captação pela precipitação.



**Figura 33.** Valores de coliformes termotolerantes observados nas amostras por coletor.

A grande quantidade de coliformes termotolerantes observados na maioria das amostras está relacionada provavelmente aos inúmeros pássaros e outros mamíferos de pequeno porte que habitam a região, podendo a variação desses valores estar ligada aos comportamentos desses animais, mas também como será visto adiante com os eventos pluviométricos observados, ou seja, como a chuva ocorre no tempo.

No estudo feito por Evans, Coombes e Dunstan (2006), os autores conseguiram relacionar certas análises microbiológicas com parâmetros meteorológicos, porém, nesse caso, isso não foi possível. Ainda, segundo Li, Boyle e Reynolds (2010), bactérias e patógenos originários de poluição fecal de pássaros e mamíferos morrem gradualmente durante os primeiros dias de estocagem da água, se o tanque de estocagem evitar a entrada de luz e matéria orgânica. De acordo com Helmreich e Horn (2009), a presença de indicadores microbiológicos e patógenos tem aparecido em muitos casos, sendo reportadas contagens acima dos milhares de NMP/ 100 mL. Lee, Yang, Han e Choi (2010) observaram que as propriedades microbiológicas da água pluvial captada eram, geralmente, superiores às da água pluvial armazenada de forma centralizada na Coréia do Sul.

Como observado para condutividade e turbidez, no estudo feito por Mendez, Klenzendorf, AfsarSimmons, Barrett, Kinney e Kiristis (2011), também observou-se que a concentração de coliformes termotolerantes da água de lavagem (*first flush*) era significativamente maior do que a água pluvial aproveitada após a água de lavagem.

Segundo Sazakli, Alexopoulos e Leotsinidis (2007), estudos anteriores reportaram uma grande distribuição microbiológica na coluna de água sugerindo que a sedimentação é um mecanismo primário de remoção desse parâmetro.

De acordo com Oliveira (2007), embora o descarte das primeiras águas tenha o intuito de amenizar a carga contaminadora no resto do sistema, é natural que se observe, nas etapas seguintes, a presença dos mesmos contaminantes, mesmo que em concentrações reduzidas.

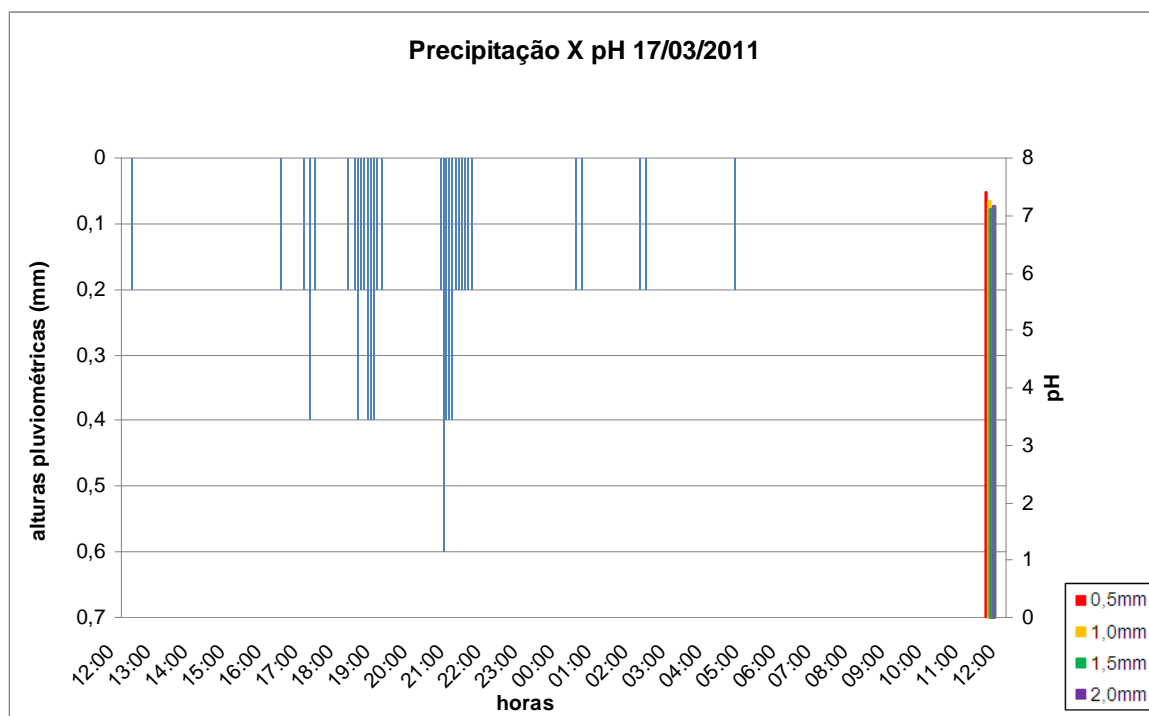
Como a coleta das amostras desse estudo foi realizada em um curto período de tempo, entre os meses de março e maio de 2011, os resultados aqui encontrados podem ter predominado as características desses meses. Estudos como de Sazakli, Alexopoulos e Leotsinidis (2007) e Lee, Yang, Han e Choi (2010), mostram que há diferenças de sazonalidade entre os parâmetros por eles estudados.

Os parâmetros analisados foram representados graficamente com os respectivos dados pluviométricos observados a cada 5 minutos pela estação climatológica do projeto HIDROCIDADES, localizada dentro dos limites do parque aquático *Rio Water Planet*. Foram comparados os registros das alturas pluviométricas distribuídas no tempo com os valores observados nas 4 amostras (primeiros 0,5 mm; 1,0 mm; 1,5 mm e 2,0 mm) de cada coleta. Serão apresentados aqui, para efeitos comparativos, apenas os gráficos de precipitação *versus* pH de cada coleta. Os gráficos de precipitação *versus* os resultados obtidos para os demais parâmetros são apresentados no apêndice D.

Os parâmetros de qualidade observados na coleta do dia 17/03/2011 encontram-se na tabela 10. Foram registrados 8,2 mm de chuva pela estação climatológica do HIDROCIDADES, do horário de limpeza e descarte da água pluvial acumulada até o dia anterior, e o horário de coleta das amostras. Os padrões de precipitação observados associados ao pH observados estão apresentados na figura 34. No dia 15/03/2011 foram registrados 90,4 mm de chuva e no dia 16/03/2011, antes do descarte, foram registrados 9,0 mm de chuva pela estação pluviométrica sugerindo uma lavagem do telhado antes da coleta.

**Tabela 10.** Dados observados na coleta do dia 17/03/2011.

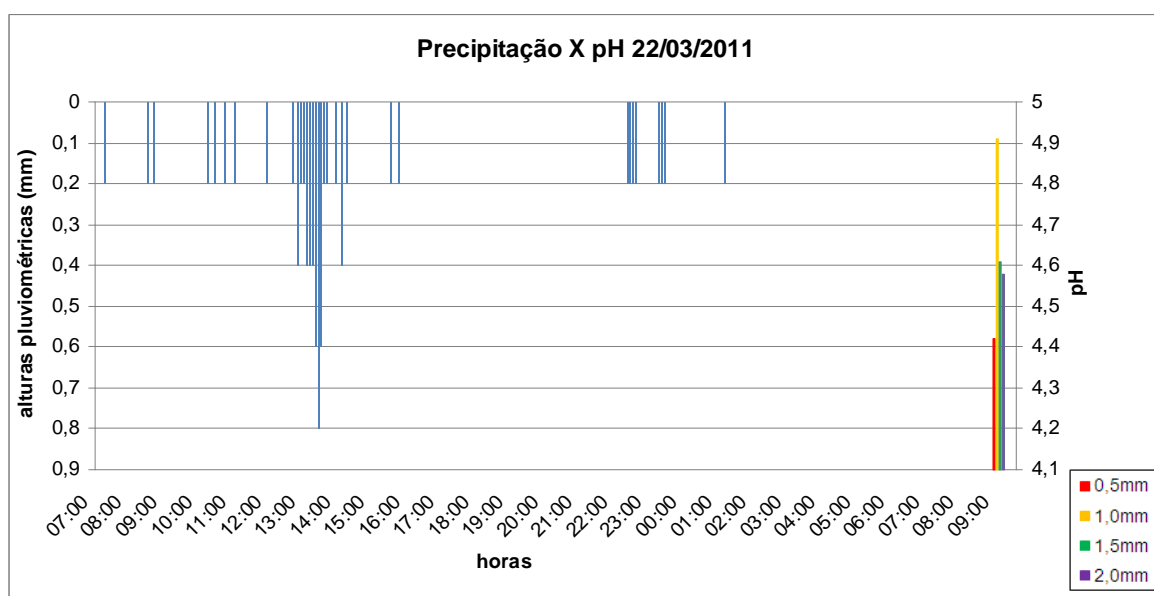
Total Precipitado: 8,2 mm		0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm
Parâmetro	Unidade	17/03/2011 11:23:23	17/03/2011 11:26:21	17/03/2011 11:28:55	17/03/2011 11:31:31
Temperatura	°C	24,54	25,23	24,98	25,18
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		7,4	7,24	7,11	7,15
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	284	220	211	203
Condutividade	mS/cm	0,358	0,269	0,235	0,19
Turbidez	NTU	12,3	28,6	23,5	51,1
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	8,15	7,66	7,84	7,94
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,232	0,168	0,145	0,116
Salinidade	ppt	0,2	0,1	0,1	0,1
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2700	46000	7500	4300

**Figura 34.** Precipitação versus pH da coleta do dia 17/03/2011.

A tabela 11 apresenta os valores encontrados na coleta do dia 22/03/2011, enquanto a figura 35 correlaciona o padrão de precipitação com os valores observados para o pH. A precipitação registrada nessa coleta foi de 9,0 mm de chuva e observou-se que não houve precipitação nos três dias anteriores ao registro do dia 21.

**Tabela 11.** Dados observados na coleta do dia 22/03/2011.

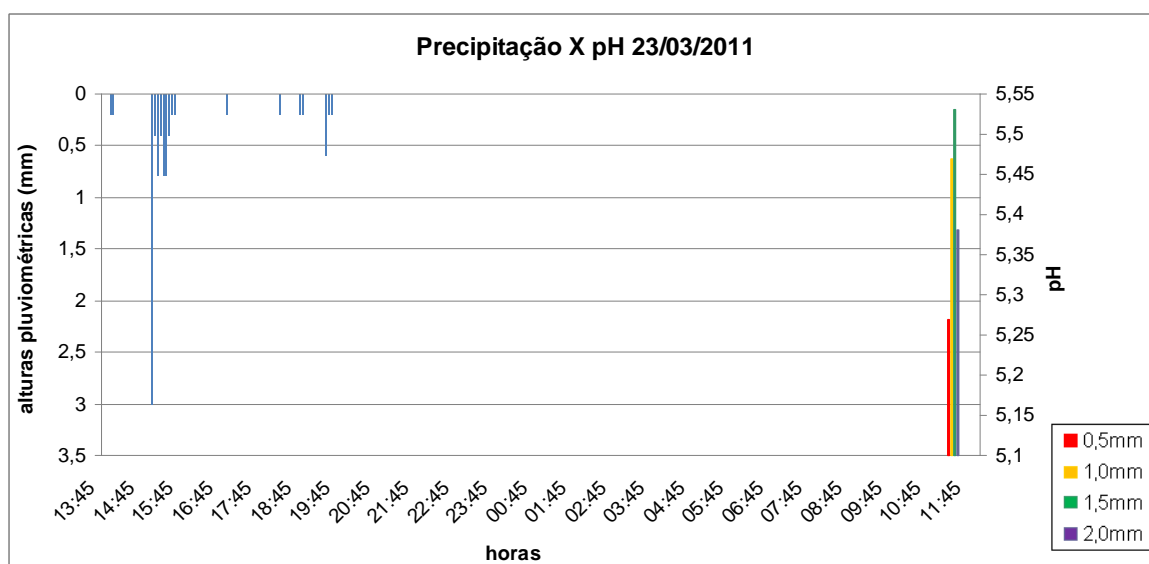
Total Precipitado: 9,0 mm					
		0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm
Parâmetro	Unidade	22/03/2011 08:55:12	22/03/2011 08:57:31	22/03/2011 08:59:49	22/03/2011 09:01:47
Temperatura	°C	24,02	24,13	23,94	24,04
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		4,42	4,91	4,61	4,58
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	293	222	204	174
Condutividade	mS/cm	0,149	0,135	0,119	0,105
Turbidez	NTU	18,3	18	31,5	42,5
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	9,9	8,53	8,46	8,59
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,096	0,086	0,075	0,065
Salinidade	ppt	0,1	0,1	0,1	0
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1500	740	1100	4600

**Figura 35.** Precipitação versus pH da coleta do dia 22/03/2011.

A partir do horário de coleta do dia 22/03/2011 até o horário de coleta do dia 23/03/2011 foram registrados 8,2 mm de chuva. Os dados de qualidade encontrados para essa coleta encontram-se na tabela 12. O padrão desse evento pluviométrico associado aos valores encontrados de pH estão apresentados na figura 36.

**Tabela 12.** Dados observados na coleta do dia 23/03/2011.

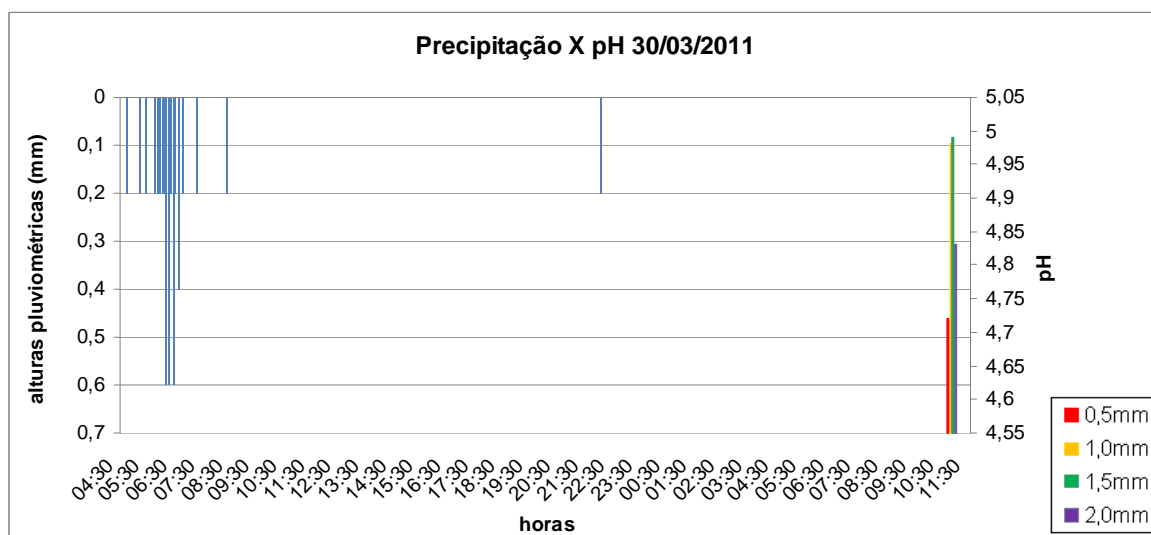
Total Precipitado: 8,2 mm		0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm
Parâmetro	Unidade	23/03/2011 11:15:45	23/03/2011 11:20:32	23/03/2011 11:25:34	23/03/2011 11:30:49
Temperatura	°C	25,2	25,15	24,45	24,26
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		5,27	5,47	5,53	5,38
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	299	229	199	215
Condutividade	mS/cm	0,103	0,089	0,107	0,111
Turbidez	NTU	68	69,5	32,4	27,7
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	8,92	8,63	8,8	9,32
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,064	0,055	0,068	0,072
Salinidade	ppt	0	0	0	0,1
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	110000	2800	2100	15000

**Figura 36.** Precipitação *versus* pH da coleta do dia 23/03/2011.

A tabela 13 apresenta os valores encontrados na coleta do dia 30/03/2011 enquanto a figura 37 correlaciona o padrão de precipitação com os valores observados para o pH. A precipitação registrada nessa coleta foi de 5,0 mm de chuva e observou-se que não houve precipitação nos seis dias anteriores ao registro do dia 29.

**Tabela 13.** Dados observados na coleta do dia 30/03/2011.

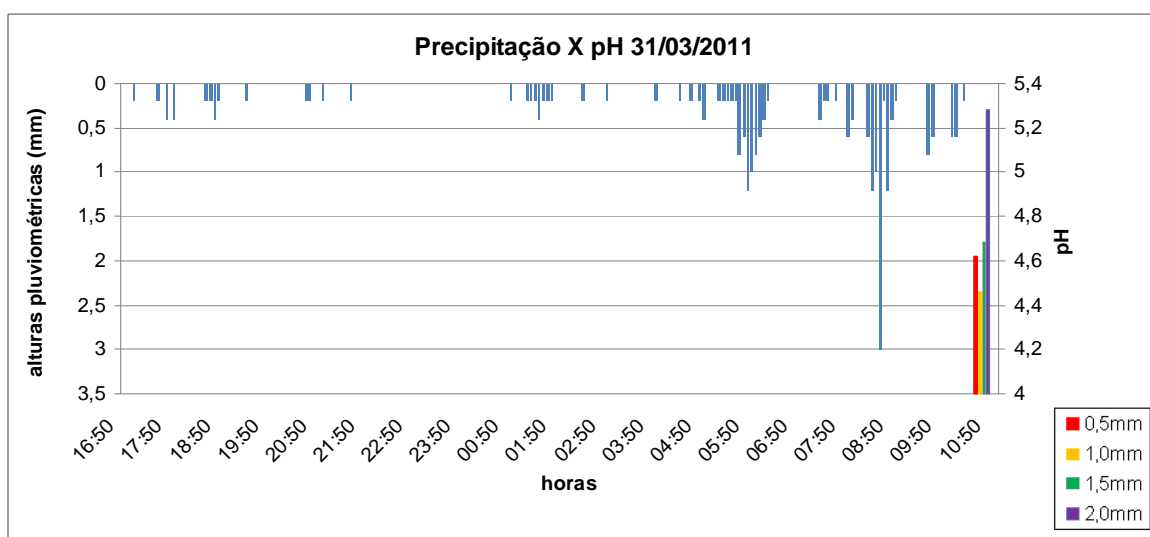
Total Precipitado: 5.0 mm					
Parâmetro	Unidade	0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm
Temperatura	°C	30/03/2011 10:48:21	30/03/2011 10:52:17	30/03/2011 10:59:41	30/03/2011 11:03:04
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		25,92	27,61	26,26	26,07
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	4,72	4,98	4,99	4,83
Condutividade	mS/cm	274	196	140	133
Turbidez	NTU	0,18	0,183	0,215	0,171
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	42,6	42,3	41,3	256
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	7,36	6,92	3,31	7,27
Salinidade	ppt	0,116	0,117	0,139	0,105
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	0,1	0,1	0,1	0,1
		21000	110000	9300	2800

**Figura 37.** Precipitação versus pH da coleta do dia 30/03/2011.

A partir do horário de coleta dia 30/03/2011 até o horário de coleta do dia 31/03/2011 foram registrados 25,8 mm de chuva. Os dados de qualidade encontrados para essa coleta encontram-se na tabela 14. O padrão desse evento pluviométrico associado aos valores encontrados para o pH estão apresentados na figura 38.

**Tabela 14.** Dados observados na coleta do dia 31/03/2011.

Total Precipitado: 25,8 mm		0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm
Parâmetro	Unidade	31/03/2011 10:49:05	31/03/2011 10:51:39	31/03/2011 10:54:01	31/03/2011 10:56:13
Temperatura	°C	26,24	24,92	24,51	24,57
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		4,62	4,46	4,68	5,28
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	306	227	203	197
Condutividade	mS/cm	0,173	0,215	0,185	0,153
Turbidez	NTU	57,1	19,3	25,6	37,5
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	7,89	4,66	8,18	8,33
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,107	0,14	0,117	0,095
Salinidade	ppt	0,1	0,1	0,1	0,1
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	21000	110000	9300	9300

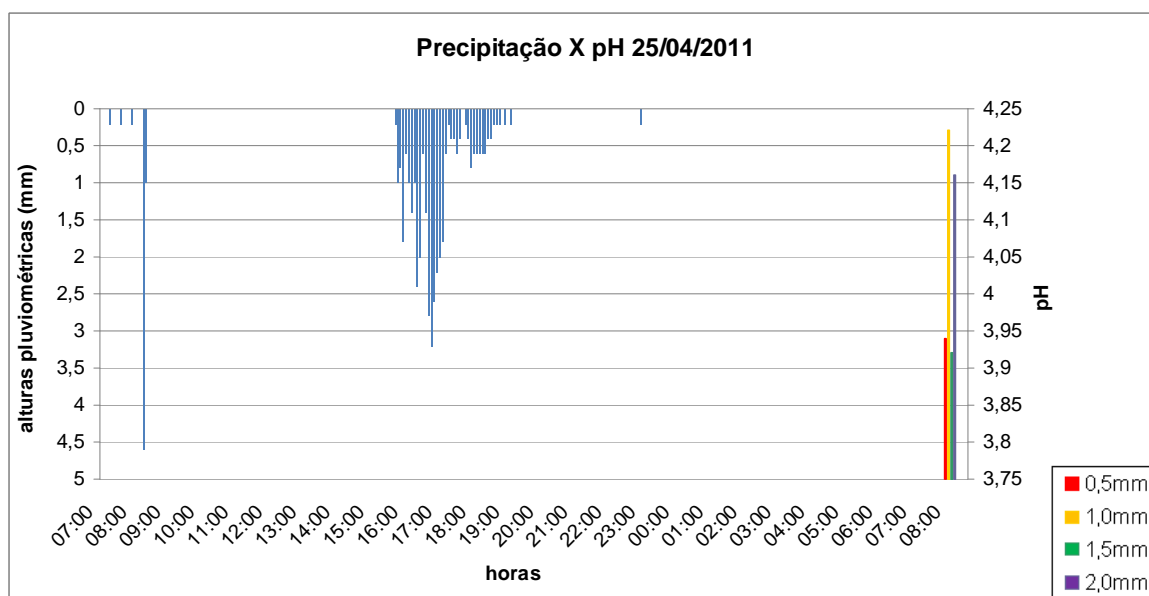
**Figura 38.** Precipitação versus pH da coleta do dia 31/03/2011.

A limpeza do sistema de captação das águas pluviais foi realizada no dia 20/04/2011 e foi feita a coleta no dia 25/04/2011 com índice pluviométrico registrado de 44,0 mm. Não há registro de precipitações consideráveis entre os dias 20 e 23/04/2011, sendo iniciado o registro no dia 24/04/2011. A tabela 15 apresenta os valores encontrados para esse evento e a figura 39 apresenta a correlação do padrão da pluviosidade com os valores encontrados para o pH.



**Tabela 15.** Dados observados na coleta do dia 25/04/2011.

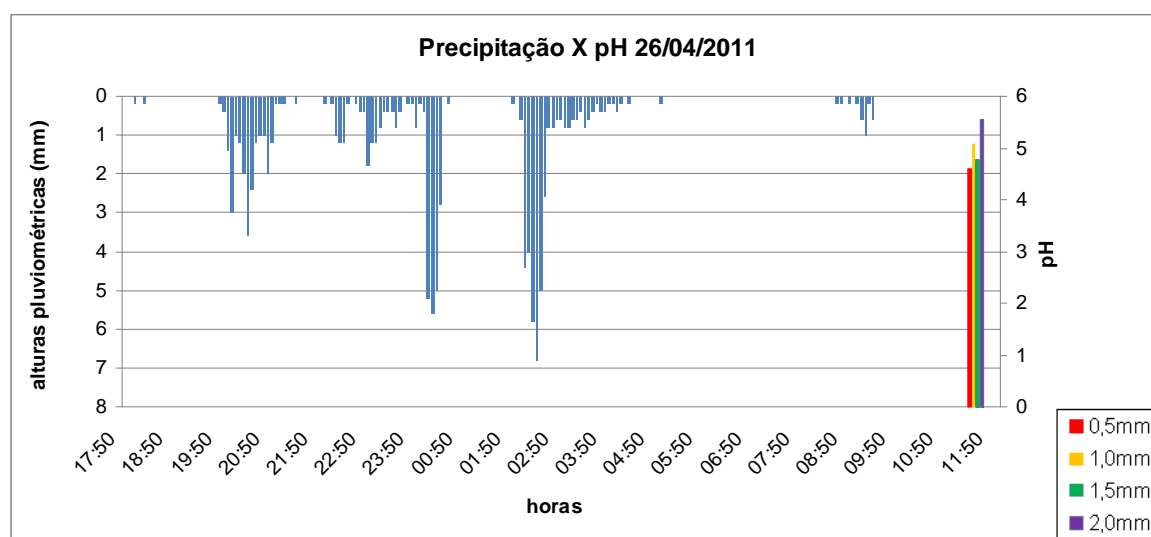
Total Precipitado: 44,0 mm					
		0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm
Parâmetro	Unidade	25/04/2011 07:53:16	25/04/2011 07:56:15	25/04/2011 07:59:12	25/04/2011 08:02:23
Temperatura	°C	22,58	22,13	22,27	22,12
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		3,94	4,22	3,92	4,16
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	261	220	211	213
Condutividade	mS/cm	0,249	0,207	0,144	0,119
Turbidez	NTU	235	471	182	277
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	3,11	6,72	4,03	8,75
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,162	0,134	0,094	0,075
Salinidade	ppt	0,1	0,1	0,1	0,1
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	28000	110000	46000	110000

**Figura 39.** Precipitação versus pH da coleta do dia 25/04/2011.

A partir do horário de coleta dia 25/04/2011 até o horário de coleta do dia 26/04/2011 foram registrados 98,6 mm de chuva. Os dados de qualidade encontrados para essa coleta encontram-se na tabela 16. O padrão desse evento pluviométrico associado aos valores observados para o pH estão apresentados na figura 40.

**Tabela 16.** Dados observados na coleta do dia 26/04/2011.

Total Precipitado: 98,6 mm		0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm
Parâmetro	Unidade	26/04/2011 11:23:32	26/04/2011 11:26:28	26/04/2011 11:30:30	26/04/2011 11:39:44
Temperatura	°C	22,59	22,72	22,7	22,39
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		4,61	5,08	4,77	5,55
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	260	194	234	201
Condutividade	mS/cm	0,189	0,065	0,088	0,149
Turbidez	NTU	123	263	129	76,5
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	7,14	8,29	7,9	7,29
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,123	0,04	0,055	0,097
Salinidade	ppt	0,1	0	0	0,1
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	110000	110000	240000	240000

**Figura 40.** Precipitação *versus* pH da coleta do dia 26/04/2011.

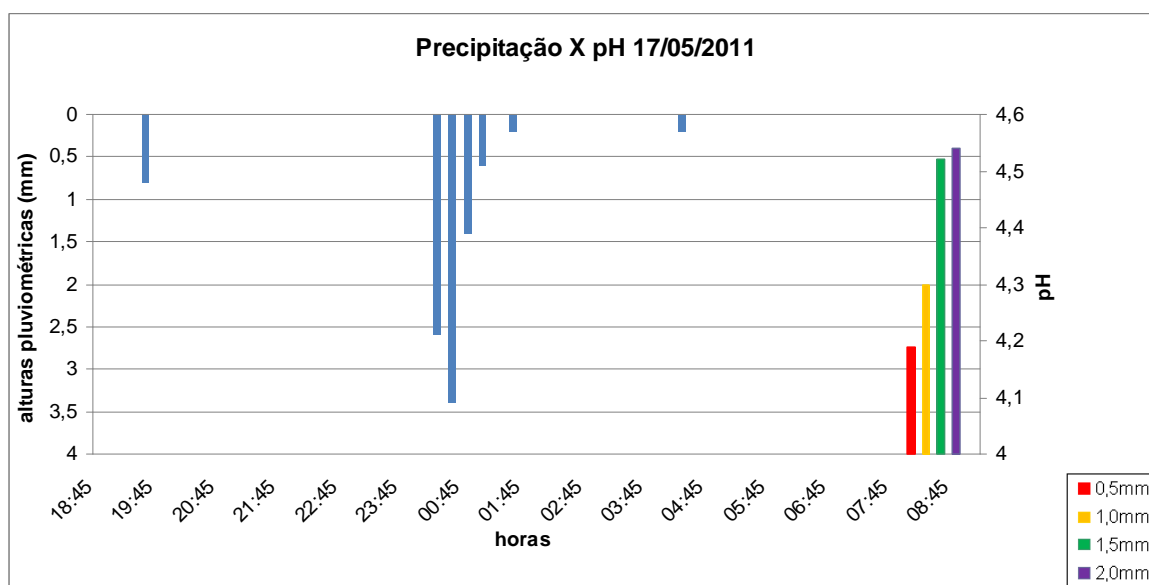
Devido a falhas no registro de informações na estação climatológica do projeto HIDROCIDADES, foram utilizados os dados pluviométricos medidos a cada 15 minutos da estação pluviométrica Riocentro, da prefeitura do Rio de Janeiro, para as coletas dos dias 17/05/2011 e 18/05/2011. Em estudos anteriores foi identificada boa correlação da precipitação pluviométrica entre as duas estações (MOREIRA, 2009).

No dia 16/05/2011 foi realizado o descarte das águas pluviais armazenadas no sistema de captação. A partir do horário de limpeza/descarte dos coletores até o horário de coleta no dia 17/05/2011 foram registrados 9,2 mm de chuva. Os dados

de qualidade encontrados para essa coleta encontram-se na tabela 17. O padrão desse evento pluviométrico associado aos valores encontrados para o pH estão apresentados na figura 41.

**Tabela 17.** Dados observados na coleta do dia 17/05/2011.

Total Precipitado: 9,2 mm					
		0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm
Parâmetro	Unidade	17/05/2011 07:55:19	17/05/2011 07:57:47	17/05/2011 08:00:35	17/05/2011 08:03:40
Temperatura	°C	18,37	17,93	17,99	17,96
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		4,19	4,3	4,52	4,54
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	285	295	290	262
Condutividade	mS/cm	0,142	0,116	0,14	0,127
Turbidez	NTU	6,5	76,7	15,5	39,4
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	6,51	8,17	8,06	8,56
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,092	0,076	0,091	0,083
Salinidade	ppt	0,1	0,1	0,1	0,1
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	4300	15000	24000	46000

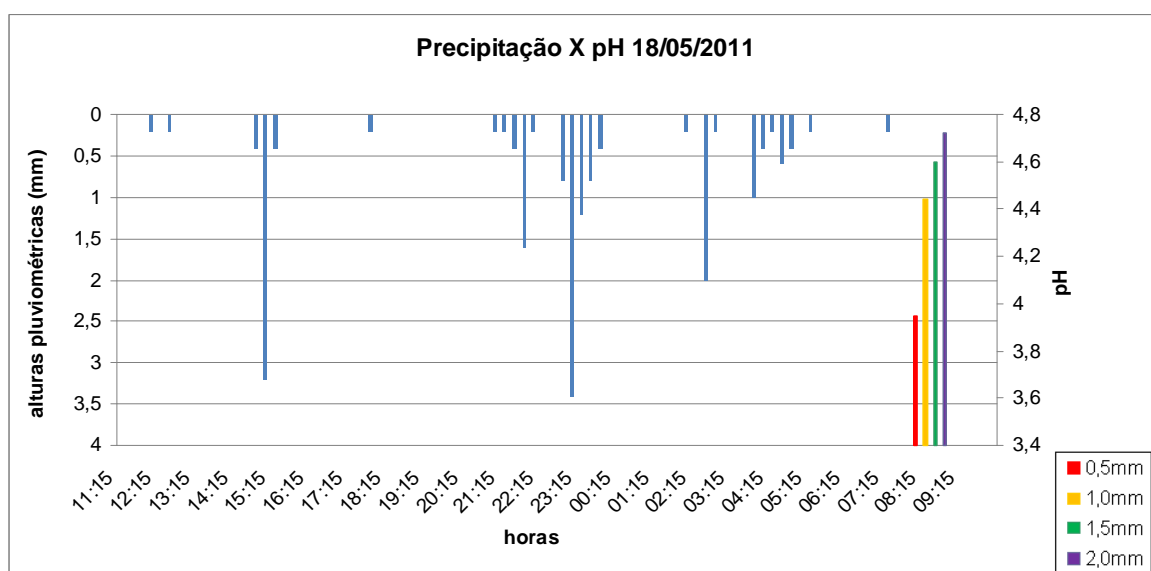


**Figura 41.** Precipitação versus pH da coleta do dia 17/05/2011.

A partir do horário de coleta do dia 17/05/2011 até o horário de coleta do dia 18/05/2011 foram registrados 19,2 mm de chuva. Os parâmetros de qualidade observados para essa coleta encontram-se na tabela 18. O padrão desse evento pluviométrico associado aos valores encontrados para o pH são apresentados na figura 42.

**Tabela 18.** Dados observados na coleta do dia 18/05/2011.

Total Precipitado: 19,2 mm					
Parâmetro	Unidade	0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm
		18/05/2011 08:15:21	18/05/2011 08:18:04	18/05/2011 08:21:19	18/05/2011 08:24:37
Temperatura	°C	18,56	18,19	18,3	18,38
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		3,95	4,44	4,6	4,72
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	325	274	271	255
Condutividade	mS/cm	0,058	0,051	0,053	0,053
Turbidez	NTU	5,2	46,9	5	56
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	9,39	9,2	9,35	9,65
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,038	0,033	0,035	0,034
Salinidade	ppt	0	0	0	0
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	4300	9300	24000	110000

**Figura 42.** Precipitação *versus* pH da coleta do dia 18/05/2011.

Apesar dos esforços, não foi possível estabelecer um padrão de qualidade da água pluvial dos volumes estudados para descarte devido às inúmeras variantes climatológicas e ambientais, como circulação de animais de pequeno porte, que ocorrem e variam dentro do período chuvoso. A falta de um mostrador automático e, por isso, o fato de o tempo entre o término da chuva e a hora da coleta ter sido sempre de horas também comprometeu a confiança dos dados coletados.

No entanto, apesar de a água pluvial não ter atingido um padrão desejável de qualidade mesmo para uso não potável, essa qualidade pode ser atingida através de tratamentos simples dessa água, como filtração e cloração.

#### 4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo teve por objetivo geral a análise da viabilidade da utilização da água da chuva captada pelos telhados para usos não potáveis nas Escolas da Rede Municipal da cidade do Rio de Janeiro através de estudo de marcos legais, avaliação de aspectos físicos e quantitativos de captação e uso de águas pluviais e potáveis e estudo da qualidade das águas pluviais e seus volumes de *first flush*, que constituíram os objetivos específicos.

A água de chuva tem potencial para ser utilizada em irrigação de jardins e plantações, lavagem de veículos, lavagem de calçadas e pátios, descarga de vasos sanitários, sistemas de ar condicionado e sistemas de combate a incêndio. O aproveitamento desta água traz uma série de benefícios como redução do consumo de água potável fornecida pela companhia de saneamento, conservação da água e redução do risco de enchentes em aplicação em larga escala traduzindo-se em economia de água e energia, além de contribuir para o abastecimento alternativo em áreas não assistidas pelo poder público. Esta prática em escolas também beneficia as aulas de educação ambiental e ciências através da prática e vivência. A educação ambiental reveste-se de grande importância. Ao trazer a questão da conservação e uso racional da água para dentro da escola, de forma bastante acessível, o projeto pode contribuir no processo de formação da necessária e importante consciência ambiental.

De acordo com os dados obtidos nas escolas e com as entrevistas realizadas pode-se concluir que, no geral, os atores de diferentes níveis hierárquicos da Secretaria Municipal de Educação foram sensíveis à questão de conservação da água mesmo quando esses não sofrem com a falta de abastecimento público e que gostariam do sistema de aproveitamento das águas pluviais, mas precisam de apoio técnico e financeiro para tal.

As legislações apresentadas relativas ao aproveitamento de águas pluviais demonstram o aumento de interesse e necessidade no assunto de forma crescente tanto no Brasil, como no mundo. A imposição por lei de novas obrigações ao setor de construção civil manifesta e expressa de forma contundente essa nova preocupação ambiental, urbana e econômica, apesar do modo pouco técnico.

É recomendada uma maior interação entre o poder público (legislativo e executivo), a comunidade acadêmica e o meio técnico em geral para a proposição de legislações fundamentais e informações técnico-científicas objetivando a aplicação adequada de imposições legais que possam efetivamente trazer benefícios para a sociedade.

Também relacionado ao aspecto legal, a qualidade da água apresenta-se como obstáculo a ser transposto em relação à especificação de um padrão de qualidade deste tipo de sistema para edificações, principalmente em se tratando de escolas de nível fundamental. Ao mesmo tempo, reconhece-se que o uso de água potável para algumas atividades humanas é um verdadeiro desperdício. Assim, propõe-se um aprofundamento da discussão dos parâmetros aceitáveis de uso da água pluvial.

A água da chuva deve ser utilizada somente para consumo não potável. Antes de sua utilização, a verificação da qualidade e da necessidade de tratamento de água é fundamental para que não ocorram riscos de saúde em seus usuários.

Com a análise das amostras de água de chuva, é possível afirmar que a água pluvial na região estudada não pode ser classificada como potável devido a maioria dos parâmetros analisados não estarem de acordo com as normas internacionais e brasileiras para consumo humano. Porém, essa água pode ser utilizada após desinfecção, no consumo não potável e que seu uso deve ser estimulado. A desinfecção se deve à grande concentração de turbidez e coliformes termotolerantes na água da chuva. Este tipo de tratamento pode ser realizado de maneira simples, como filtração simples e adição de cloro, para não inviabilizar economicamente o sistema.

Apesar da análise comparativa de 4 alturas pluviométricas, não foi possível fazer distinção de qualidade dessas águas, pois os parâmetros são suscetíveis não só às variáveis climatológicas, mas também a outras variáveis como a ecológica, de difícil avaliação durante a ocorrência das precipitações. Há também o fato da demora entre o término do preenchimento dos coletores e o horário da coleta. Devido à falta de pessoas que residam próximo ao local, de difícil acesso, a qualidade das amostras pode ter sido afetada, principalmente na contagem de coliformes termotolerantes.

Como esse é o primeiro estudo de água pluvial da região, recomenda-se que outros estudos de qualidade dessa água pluvial para comparação, possam incluir

automatização na coleta ou observação das amostras, obtidas logo após o preenchimento total dos coletores e, também com análises de controle por outros métodos ou análise por mais de um laboratório para minimização de incerteza nos dados obtidos. Sugere-se um estudo com amostragem por pelo menos um ano hidrológico, tendo início no período de estiagem.

Recomendam-se sistemas de aproveitamento de águas pluviais nas escolas municipais do Rio de Janeiro que apresentem grandes áreas para possível captação pluvial. Os sistemas devem conter aparelhos de desinfecção e placas de sinalização desse sistema para educação ambiental, conservação da água e melhor aplicação dos recursos financeiros educacionais.

De forma geral, pode-se concluir que a viabilidade de um projeto de aproveitamento de águas pluviais depende de fatores físicos como a precipitação, área de coleta, demanda e qualidade destas águas, e também do interesse das pessoas envolvidas e criação de políticas públicas para sua concretização.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA); FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO (FIESP); SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SindusCon-SP). Conservação e reúso da água em edificações, *Prol Editora Gráfica*, São Paulo, 2005.

ALAM, R.; MUNNA, G.; CHOWDHURY, M. A. I.; SARKAR, M. S. K. A.; AHMED, M.; RAHMAN, M. T.; JESMIN, F.; TOIMOOR, M. A. Feasibility study of rainwater harvesting system in Sylhet city, *Environ Monit Assess* DOI 10.1007/s10661-011-1989-7, 2011.

ANAND, C.; APUL, D. S. Economic and environmental analysis of standard, high efficiency, Rainwater flushed, and composting toilets, *Journal of Environmental Management* 92: 419-428, 2011.

ANDRADE, A. L. M. Avaliação da potabilidade das águas pluviais utilizadas para consumo humano na comunidade de Nossa Senhora de Fátima do Jandira, Iranduba- AM, *XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2009.

ANDRUKONIS, M.; FOSTER, B.; HENRIQUES, J. J.; WILDFIRE, L. Choosing Sustainable Decentralized Water Supply Infrastructure: Selection and Design of a Rainwater Harvesting System for Delmas 30, Port-au-Prince, Haiti, *Systems and Information Engineering Design Symposium FPM1 Env.2*, 2010.

APHA; AWWA; WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20<sup>th</sup> ed. Washington, DC: APHA, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS (ABNT). NBR 15527: Água de chuva- Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis- Requisitos, 2007.

AUSTRALIA. BASIX Ongoing Monitoring Program: 2004–2005 Outcomes. State of New South Wales through the Department of Planning. May 2007.

BAIPHETHI, M. N.; VILJOEN, M. F.; KUNDHLANDE, G.; BOTHA, J. J.; ANDERSON, J. J. Reducing poverty and food insecurity by applying infield rainwater harvesting (IRWH): How rural institutions made a difference, *African Journal of Agricultural Research* Vol. 4 (12): 1358-1363, 2009.

BAIRD, C. Química ambiental, *Bookman*, 2<sup>a</sup> edição, 2002.

BASINGER, M.; MONTALTO, F.; LALL, U. A rainwater harvesting reliability model based on nonparametric stochastic rainfall generator, *Journal of Hydrology* 392: 105-118, 2010.



BELO HORIZONTE. Lei Ordinária nº 9242, de 31 de Julho de 2006. Define a criação do grupo movimento das águas e dá outras providências.

BRASIL. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Decreta o Código das Águas.

BRASIL. Ministério da saúde. Portaria nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

BRASIL. Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

CERQUEIRA, L.F.F. Os impactos dos assentamentos informais de baixa renda nos recursos hídricos e na saúde coletiva: o caso da bacia hidrográfica da baixada de Jacarepaguá, Dissertação de Mestrado, UERJ, 2006.

CHENG, C. L.; HONG, Y. T. Evaluating water utilization in primary schools, *Building and Environment* 39: 837-845, 2004.

CHENG, C. L.; LIAO, M. C. Regional rainfall level zoning for rainwater harvesting systems in northern Taiwan, *Resources, Conservation and Recycling* 53: 421–428, 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

CURITIBA. Decreto nº 293 de 22 de março de 2006. Regulamenta a lei nº 10.785/03 e dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água em edificações e dá outras providências.

CURITIBA. Lei nº 10.785 de 18 de setembro de 2003. Cria no município de Curitiba, o Programa de Conservação e Uso Racional da Água nas Edificações – PURAE.

DACACH, N. G. Saneamento básico. 3ª edição revisada. Rio de Janeiro: EDC-Ed. Didática e científica, 1990.

DOMÈNECH, L.; SAURÍ, D. A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): social experience, drinking water savings and economic costs, *Journal of Cleaner Production* 19: 598-608, 2011.

ENVIRONMENTAL AGENCY (EA). Harvesting rainwater for domestic uses: an information guide. 2010.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Managing Wet Weather with Green Infrastructure. Municipal Handbook. Rainwater Harvesting Policies. Christopher Kloss. 2008.

EROKSUZ, E.; RAHMAN, A. Rainwater tanks multi-unit buildings: A case study for three Australian cities, *Resources, Conservation and Recycling* 54: 1449-1452, 2010.

EVANS, C. A.; COOMBES, P. J.; DUSTAN, R. H. Wind, rain and bacteria: The effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater, *Water Research* 40: 37-44, 2006.

FARRENY, R.; GABARRELL, X.; RIERADEVALL, J. Cost-efficiency of rainwater harvesting strategies in dense Mediterranean neighbourhoods, *Resources, Conservation and Recycling* doi:10.1016/j.resconrec.2011.01.008, 2011.

FLORIANÓPOLIS. Lei Ordinária nº 8.080 de 09 de novembro de 2009. Institui programa municipal de conservação, uso racional e reúso da água em edificações e dá outras providências.

FOZ DO IGUAÇU. Lei Ordinária nº 3.461 de 30 de junho de 2008. Dispõe sobre a obrigatoriedade de reservatórios e captadores de água da chuva nos postos de combustíveis e estabelecimentos de lavagem de veículos e dá outras providências.

FOZ DO IGUAÇU. Lei Ordinária nº 3617 de 29 de outubro de 2009. Revoga a lei nº 3.461, de 30 de junho de 2008 que dispõe sobre a obrigatoriedade de reservatórios e captadores de água da chuva nos postos de combustíveis e estabelecimentos de lavagem de veículos e dá outras providências, e a Lei nº 3.540 de 16 de junho de 2009 que prorroga o prazo estabelecido no art. 3º, da lei nº 3.461/08.

FOZ DO IGUAÇU. Lei Ordinária nº 3623 de 12 de novembro de 2009. Dispõe sobre a obrigatoriedade da adoção de fontes alternativas de captação de água nas escolas municipais e unidades de saúde do município.

FRANCATO, A.A.; AMORIM, S.V. Aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em instituições de ensino. *XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 2009.

FRANCE. Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire. Arrêté du 21 août 2008 relatif à la récupération des eaux de pluie et à leur usage à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments.

FURUMAI, H. Rainwater and reclaimed wastewater for sustainable urban water use, *Physics and Chemistry of the Earth* 33: 340-346, 2008.

GEO BRASIL: recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil, 2007.

GEO RIO. <<http://www0.rio.rj.gov.br/alertario/>>. Acesso em 15 de agosto de 2011.  
GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil, *Building and Environment* 41: 1544-1550, 2006.

- GHISI, E.; BRESSAN, D. L.; MARTINI, M. Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using Rainwater in the residential sector of southeastern Brazil, *Building and Environment* 42: 1654-1666, 2007.
- GHISI, E.; MONTIBELLER, A.; SCHMIDT, R. W. Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil, *Building and Environment* 41: 204-210, 2006.
- GHISI, E.; OLIVEIRA, S. M. Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil, *Building and Environment* 42: 1731-1732, 2007.
- GHISI, E.; TAVARES, D. F.; ROCHA, V. L. Rainwater harvesting in petrol stations in Brasília: Potential for potable water savings and investment feasibility analysis, *Resources, Conservation and Recycling* 54: 79-85, 2009.
- GOIÂNIA. Lei Complementar nº 155 de 02 de junho de 2006. Introduz alterações na lei 5.062, de 25 de novembro de 1975.
- HALL, M. J. Urban Hidrology, *Elsevier Applied Science Publishers Ltd*, 1984.
- HELMREICH, B.; HORN, H. Opportunities in rainwater harvesting, *Desalination* 248: 118-124, 2009.
- HERRMANN, T.; SCHMIDA, U. Rainwater utilization in Germany: efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects, *Urban Water* 1: 307-316, 1999.
- HUSTON, R.; CHAN, Y.C.; GARDNER, T.; SHAW, G.; CHAPMAN, H. Characterisation of atmospheric deposition as a source of contaminants in urban rainwater tanks, *Water Research* 43: 1630-1640, 2009.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. <<http://www.inmet.gov.br/>>. Acesso em 22 de fevereiro de 2011.
- INSTITUTO PEREIRA PASSOS. <<http://www.rio.rj.gov.br/web/ipp>>. Acesso em 10 de novembro de 2011.
- JONES, M. P.; HUNT, W. F. Performance of rainwater harvesting systems in the southeastern United States, *Resources, Conservation and Recycling* 54: 623-629, 2010.
- JUIZ DE FORA. Lei Ordinária nº 11.657, de 5 de setembro de 2008. Institui o programa municipal de conservação e uso racional da água e dá outras providências.
- JUIZ DE FORA. Lei Ordinária nº 12.265, 13 de abril de 2011. Institui a política municipal de reutilização da água, como meio de sua preservação e do meio ambiente e dá outras providências.

LEE, J. Y.; YANG, J. S.; HAN, M.; CHOI, J. Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources, *Science of the Total Environment* 408: 896-905, 2010.

LI, Z.; BOYLE, F.; REYNOLDS, A. Rainwater harvesting and greywater treatment systems for domestic application in Ireland, *Desalination* 260: 1-8, 2010.

MANAUS. Lei nº 1.192 de 31 de dezembro de 2007. Cria, no município de Manaus, o programa de tratamento e uso racional das águas nas edificações - Pro-Águas.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações, Dissertação de Mestrado, USP, 2004.

MENDEZ, C. B.; KLENZENDORF, J. B.; AFSHAR, B. R.; SIMMONS, M. T.; BARRETT, M. E.; KINNEY, K. A.; KIRISITS, M. J. The effect of roofing material on the quality of harvested rainwater, *Water Research* 45: 2049-2059, 2011.

MOREIRA, P. R. Estudo das taxas evaporimétricas e do sistema de irrigação dos telhados verdes. Monografia de Graduação, UERJ, 2009.

MORROW, A. C.; DUSTAN, R. H.; COOMBES, P. J. Elemental composition at different points of the rainwater harvesting system, *Science of Total Environment* 408: 4542-4548, 2010.

NOLDE, E. Possibilities of rainwater utilization in densely populated areas including precipitation runoffs from traffic surfaces, *Desalination* 215: 1-11, 2007.

OLIVEIRA, C. L. Aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no município do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, 2007.

PETRÓPOLIS. Lei 6.439 de 14 de maio de 2007. Dispõe sobre a obrigatoriedade de que nas construções de novos imóveis com mais de cinco andares, sejam projetados dispositivos de captação de águas da chuva.

PIMENTEL DA SILVA, L. et al. HIDROCIDADES - Cities, Quality of Life and Water Resources: Integrated Water Resources Management and Urban Planning for Low-Land Region of Jacarepaguá, Rio de Janeiro, Brazil. 11th International Conference on Urban Drainage. Edinburgh, 2008.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. <[www.rio.rj.gov.br](http://www.rio.rj.gov.br)>. Acesso em 25 de maio de 2011.

PORTLAND. City of Portland Office of Planning & Development Review, *Rainwater Harvesting – ICC – RES/34/#1 & UPC/6/#2: One & Two Family Dwelling Specialty Code: 2000 Edition; Plumbing Specialty Code: 2000 Edition*, March 13, 2001.

PORTO ALEGRE. Lei Ordinária nº 10.506 de 05 de agosto de 2008. Institui o programa de conservação, uso racional e reaproveitamento das águas.

PROSAB. Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água, Ricardo Franci Gonçalves (coordenador). Rio de Janeiro: ABES, 2009b.

PROSAB. Manejo de água pluviais urbanas, AntonioMarozziRighetto (coordenador), Rio de Janeiro: ABES, 2009.

PROSAB. Uso racional da água em edificações, Ricardo Franci Gonçalves (coordenador), Rio de Janeiro: ABES, 2006.

RAHMAN, A.; DBAIS, J.; IMTEAZ, M. Sustainability of Rainwater Harvesting Systems in Multistorey Residential Buildings, *American Journal of Engineering and Applied Sciences* 3 (1): 73-82, 2010.

REBELLO, G. A.; ALVES, W. C.; ZANELLA, L. Qualidade da água pluvial aproveitada em instalações residenciais no meio urbano: Santana de Parnaíba – SP. *Anais do 5º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água*. Teresina – PI, ABCMAC, 2005.

RECIFE. Lei nº 17.081 de 12 de janeiro de 2005. Cria no município do Recife o programa de conservação e uso racional da água nas edificações.

RECIFE. Lei nº 17.606 de 11 de março de 2010. Dispõe sobre a obrigatoriedade de reservatórios e captadores de água da chuva nos postos de combustíveis e estabelecimentos de lavagem de veículos e dá outras providências.

RIO BRANCO. Lei nº 1.611 de 27 de outubro de 2006. Aprova e institui o novo plano diretor do município de Rio Branco e dá outras providências.

RIO DE JANEIRO. Decreto nº 23940 de 30 de janeiro de 2004. Torna obrigatório, nos casos previstos, a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento das águas pluviais para a rede de drenagem.

RIO DE JANEIRO. Lei Estadual 4.393 de 16 de setembro de 2004. Dispõe sobre a obrigatoriedade das empresas projetistas e de construção civil a prover os imóveis residenciais e comerciais de dispositivo para captação de águas da chuva e dá outras providências.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 3899 de 2 de março de 2005. Estabelece nova destinação para as águas de chuva e servidas dos edifícios residenciais e dá outras providências.

RIO DE JANEIRO. Lei nº 4248 de 16 de dezembro de 2003. Institui o programa de captação de águas pluviais no âmbito do Estado do Rio de Janeiro.

RIO DE JANEIRO. Resolução Conjunta SMG/SMO/SMU nº 001 de 27 de janeiro 2005. Disciplina os procedimentos a serem observados no âmbito dessas secretarias para o cumprimento do decreto nº 23940 de 30 de janeiro de 2004.

SAN FRANCISCO. Rainwater harvesting in San Francisco. A Partnership between San Francisco's Public Utilities Commission, Department of Public Health, & Department of Building Inspection, 2008.

SÃO PAULO. Decreto Estadual nº 48.138 de 7 de outubro de 2003. Institui medidas de redução de consumo e racionalização do uso de água no âmbito do Estado de São Paulo.

SÃO PAULO. Lei nº 12.526 de 02 de janeiro de 2007. Estabelece normas para a contenção de enchentes e destinação de águas pluviais.

SÃO PAULO. Lei Ordinária nº 345 de 30 de maio de 2008. Institui o programa de reutilização da água, como meio de preservação da água e do meio ambiente e dá outras providências.

SAZAKLI, E.; ALEXOPOULOS, A.; LEOTSINIDIS, M. Rainwater harvesting, quality and utilization in Kefalonia Island, Greece, *Water Research* 41:2039-2047, 2007.

SOUZA, V. C.; BARBOZA, M. G.; FERREIRA, I. V. L.; MARQUES, F. J. A. Análise da qualidade da água de chuva armazenada num reservatório em Maceió- AL e suas possíveis utilizações, XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2009.

TOMAZ, P. Aproveitamento da Água de Chuva para Áreas Urbanas e Fins Não potáveis, *Editora Navegar*, 2003.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP). Rainwater harvesting and utilisation, 2002.

UNITED NATIONS ENVIRONMENTAL PROGRAMME (UNEP)/ STOCKHOLM ENVIRONMENTAL INSTITUTE (SEI). Rainwater harvesting: a lifeline for human well-being, 2009.

UNIVERSITY OF CALIFORNIA. <<http://anrcatalogucdavis.edu>>. Acesso em 16 de janeiro de 2012.

VALLE, J. A. B.; PINHEIRO, A.; FERRARI, A. Captação e avaliação da água de chuva para uso industrial, *Revista de estudos ambientais* 9: 62-72, 2007.

VITÓRIA. Lei Ordinária nº 7079 de 14 de setembro de 2007. Institui o programa de conservação, redução e racionalização do uso de água nas edificações públicas no município de Vitória.

VOHLAND, K.; BARRY, B. A review of *in situ* rainwater harvesting (RWH) practices modifying landscape functions in African drylands, *Agriculture, Ecosystems and Environment* 131: 119-127, 2009.

WATERFALL, P.H.; Harvesting rainwater for landscape use. Extension Agent, University of Arizona. Cooperative Extension/Low 4 Program. Second Edition, October 2004. Revised 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (Organização Mundial da Saúde- OMS).  
Guidelines for drinking- water quality: incorporating 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> addenda, Vol. 1,  
Recommendations, 3<sup>rd</sup> edition, Geneva, 2008.

WUNG, T. C.; LIN, S. H.; HUANG, S. M. RAINWATER reuse supply and demand  
response in urban elementary school of different districts in Taipei, *Resources,  
Conservation and Recycling* 46: 149-167, 2006.

## **APÊNDICE A** - Entrevista com a Responsável pelas Contas de Água da 7ª CRE.

1. *Certas regiões do nosso município sofrem com a falta de água. Isso também é observado nas escolas municipais da região? Caso positivo, quais são os motivos?*

Sim, ocorre falta de água nas escolas, mas não com tanta frequência. Isso acontece, principalmente, quando chove muito, pois a CEDAE fecha o reservatório. Agora, por exemplo, na região de Vargem Pequena, Vargem Grande e Jacarepaguá, com essas obras que estão sendo realizadas para o BRT (*Bus Rapid Transit*) e as obras constantes da própria companhia de água, o abastecimento nas escolas da nossa região é muito afetado.

2. *Quais as consequências da falta de água nas escolas para o sistema de educação? Como se lida com tais possíveis consequências atualmente?*

Procura-se de todas as formas suprir a falta de água, mas nem tudo é tão fácil assim. Há a solicitação de carro-pipa à CEDAE como medida paliativa, mas o pedido nem sempre é atendido devido à demanda de pedidos de água na região. Junto com a solicitação do carro-pipa é questionado o motivo da falta de água e o ajuste da situação, porém o prazo estipulado pela CEDAE é de 24 a 72 horas, para o envio do carro-pipa, conserto de hidrômetro, solução de problema técnico e desentupimento de tubulação. Evita-se ao máximo a liberação dos alunos, porém, dependendo da situação, tal medida é necessária. Como eu disse, isso é raro. Atualmente a CEDAE está nos atendendo muito bem dentro das possibilidades, pois são muitas escolas. Há poucas escolas que ainda não são abastecidas pela CEDAE, como, por exemplo, duas escolas em Vargem Grande, nas quais o abastecimento é feito por poço.

3. *Nas escolas abastecidas pela rede pública, os diretores têm ciência do quanto a escola gasta com conta de água? Os valores são passados para cada diretor? De que forma? E com que frequência?*

Às vezes sim. Ano passado foi feito um trabalho de conscientização do gasto de água. A conta de água da CEDAE não vai para os diretores das escolas. Elas são direcionadas para o órgão central, mais especificamente para a gerência de infraestrutura da 7ª CRE. Os diretores recebem uma comunicação informando a visita da CEDAE à escola, com o consumo do mês, medido pelo hidrômetro, mas sem o valor em reais. De um ano para cá, esse tipo de comunicação está sendo feita mensalmente, assim, cada escola sabe o quanto gasta em volume. E é a própria CEDAE que encaminha para a escola. Houve muitas reuniões de conscientização dos diretores em relação à economia de água orientando-os a verificar as descargas dos sanitários e torneiras, a evitar o desperdício, a contatar a CEDAE



caso observado algum vazamento para, assim, diminuir o consumo de água da CEDAE, o que ocorreu do ano passado para cá. Há casos de escolas com gasto excessivo de água. Quando isso ocorre, a escola é visitada. Mas sempre tem uma explicação como, por exemplo, um CIEP que além de ter mais de 1.000 alunos, ainda alimenta um posto de saúde do município.

4. *Na maioria dos casos, quem arca com a despesa de água da escola? Para onde vão as contas de água das escolas?*

Na maioria dos casos, as contas de água são pagas pela própria prefeitura. Quando uma escola municipal tem convênio com o Estado, este arca com a conta de água. É o caso de 35 escolas da 7ª CRE. As contas de água vão para a CRE e, no caso das escolas conveniadas ao Estado, as contas são encaminhadas por ofício a quem é de direito no Estado. Mesmo com o convênio, os diretores são notificados mensalmente do consumo de água da escola.

5. *Antes desta data, a senhora já tinha ouvido falar sobre o aproveitamento da água da chuva para uso não potável? Caso positivo, onde e quando?*

Eu já tinha lido sobre isso, mas não no município. A gente ouve falar em outras regiões, onde a falta de água é tão grande que é necessário aproveitar a água da chuva para poder sobreviver. Mas aqui no Rio, não tinha ouvido falar. A gente sabe que existe essa prática onde não se tem acesso fácil à água, mas sempre no Brasil. Eu obtive essa informação através de televisão e jornal.

6. *O que a senhora achou dessa ideia? Por quê?*

Eu achei uma excelente ideia. Eu acho que ia economizar muito a água do planeta, que é nosso elemento maior. É um desperdício muito grande lavar uma calçada ou carro com a água da CEDAE. As pessoas dizem que a água é da rua e que o custo não sai do bolso delas, mas é água que está indo embora.

7. *A senhora acha que esse sistema poderia ser implementado nas nossas escolas municipais? Como?*

Eu acredito que sim, seria fantástico se isso pudesse acontecer. Nós não teríamos esse gasto com contas caríssimas. No mês de março deste ano (2010) foram gastos mais de R\$ 347 mil em contas de água nas escolas da 7ª CRE. Com o supletivo, nas escolas que normalmente funcionam à noite nos prédios do município, foram gastos neste mesmo período R\$ 186 mil, que foram para o Estado pagar. Se fôssemos pagar tudo seriam R\$ 533 mil, se não tivéssemos o convênio com o Estado. É uma troca, já que o Estado usa o prédio,

ele paga as contas de água. É muito gasto de água. E isso só aqui na 7ª CRE. São 10 Coordenadorias Regionais de Educação, imagina a despesa com a água que a gente tem. Se tivesse o sistema de aproveitamento de água pluvial para utilização em banheiros e limpeza seria uma economia enorme. Isso é muito legal.

8. *Quais são os principais obstáculos para a implementação desse sistema nas escolas?*

Com sinceridade, eu acho que tudo o que a gente quer começar é complicado na administração pública porque você encontra muita burocracia e muitos problemas que contrastam com as suas teorias e ideias. Mas a questão é não desistir.

9. *A senhora acha que esse sistema na escola poderia ajudar nas aulas de educação ambiental e ciências? Caso positivo, de que forma?*

Claro que sim. Na forma de não desperdiçar a água, fazer a seleção da água que se pode ou não beber, da conscientização de economia como um todo da água do planeta. A população também tem que participar, é uma questão de educação.

**APÊNDICE B - Questionário Feito com os Diretores das Escolas.**

1. Qual é o bairro da sua escola? \_\_\_\_\_
  
2. Qual é o número total aproximado de pessoas na sua escola, incluindo alunos, professores e demais funcionários? \_\_\_\_\_
  
3. A sua escola funciona em qual(is) turno(s)? (Se necessário, marque mais de uma opção).  
  
 Manhã                                       Tarde                                       Noite
  
4. Como a sua escola é abastecida de água? (Se necessário, marque mais de uma opção).  
  
 Rede pública                                       Carro- pipa  
  
 Poço                                       Outros. Indicar: \_\_\_\_\_
  
5. Com que frequência falta água na sua escola?  
  
 Nunca  
  
 Ocasionalmente  
  
 Mais frequente nos meses de verão (início e fim do ano letivo)  
  
 Mais de 4 vezes ao ano em meses e/ ou períodos diferentes  
  
 Não sei informar
  
6. No caso de abastecimento pela rede pública, quem paga a conta de água da sua escola?  
  
 A própria escola                                       Outros. Indicar: \_\_\_\_\_  
  
 O município                                       Não tenho esta informação

7. Qual é o volume de consumo médio mensal aproximado de água na sua escola?  
(Informação obtida através das contas de água)

Abaixo de 100 m<sup>3</sup>

Entre 400 m<sup>3</sup> e 500 m<sup>3</sup>

Entre 100 m<sup>3</sup> e 200 m<sup>3</sup>

Acima de 500 m<sup>3</sup>

Entre 200 m<sup>3</sup> e 300 m<sup>3</sup>

Não tenho essa informação. Por quê? \_\_\_\_\_

Entre 300 m<sup>3</sup> e 400 m<sup>3</sup>

8. A sua escola já desenvolveu ou participou de campanhas de economia de água?

Sim. Indicar: \_\_\_\_\_

Não

Não tenho essa informação

9. Qual é a importância do assunto “economia de água” em relação aos outros problemas da escola?

É muito importante

Não é tão importante

Não tem nenhuma importância

Não tenho opinião formada sobre o assunto

10. Como o(a) Sr(a) avalia o grau de preocupação da escola sobre o tema “economia de água”?

Alto

Médio

Baixo

Nenhum – nunca se pensou nisso. Por quê? \_\_\_\_\_

11.O(a) Sr(a) já tinha ouvido falar de aproveitamento da água da chuva para uso não potável?

Sim  Não

Caso positivo, através de que meio(s)? (Se necessário, marque mais de uma opção).

Jornal  Amigos  
 Revista  Outros. Indicar: \_\_\_\_\_

A iniciativa se deu em que tipo de ambiente? (Se necessário, marque mais de uma opção).

Prédios comerciais  Prédios industriais  
 Prédios residenciais  Escolas  
 Prédios públicos  Outros. Indicar: \_\_\_\_\_

12.Como é visto o aproveitamento da água da chuva na escola onde atua?

Existe essa prática na escola  
 Houve tentativas anteriores, mas não deram certo  
 Nunca se pensou nisso

13.O(a) Sr(a) gostaria que a sua escola tivesse o aproveitamento da água da chuva?

Sim  Não  Indiferente

14. Que tipo de apoio o(a) Sr(a) considera essencial para o aproveitamento da água da chuva na sua escola?

Apoio técnico

Apoio financeiro

Apoio gerencial

Outros. Indicar: \_\_\_\_\_

15. O(a) Sr(a) identifica dificuldades para a realização do aproveitamento da água de chuva na sua escola?

Sim

Não

Caso positivo, quais seriam as principais dificuldades? \_\_\_\_\_

16. O(a) Sr(a) acha que esse sistema na escola pode auxiliar nas aulas de ciências e educação ambiental?

Sim. Por quê? \_\_\_\_\_

Não. Por quê? \_\_\_\_\_

**APÊNDICE C - Tabelas de Consumo de Água de 7 Escolas Municipais da 7ª CRE.**  
(Fonte: Contas de Água da CEDAE).

**Tabela 19.** Consumo de água, em m<sup>3</sup> e R\$, na Escola Municipal Professor Teófilo Moreira da Costa no período de janeiro de 2008 a maio de 2011.

<b>Mês/Ano</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Conta (R\$)</b>
jan/08	1166,60	9517,28
fev/08	1091,30	8902,98
mar/08	1166,60	9517,28
abr/08	1129,00	9210,54
mai/08	1166,60	9517,28
jun/08	1129,00	9210,54
jul/08	1166,60	9517,28
ago/08	1166,60	10318,70
set/08	1129,00	9986,12
out/08	ND	ND
nov/08	903,20	9106,10
dez/08	1166,60	11761,70
jan/09	1091,30	11002,52
fev/09	1129,00	11382,62
mar/09	1091,30	11002,52
abr/09	1166,60	11761,70
mai/09	176,00	12140,78
jun/09	154,00	1486,10
jul/09	170,50	2062,67
ago/09	176,00	1698,40
set/09	169,00	1727,34
out/09	156,00	1608,36
nov/09	124,00	1260,07
dez/09	176,00	1823,05
jan/10	280,00	2975,81
fev/10	108,00	1068,05
mar/10	123,00	1255,14
abr/10	174,90	1805,10
mai/10	638,00	6845,30
jun/10	270,00	2857,58
jul/10	146,00	1661,12
ago/10	216,00	2263,40
set/10	259,00	2888,57
out/10	232,50	2583,01
nov/10	226,20	2516,67
dez/10	342,00	3842,49
jan/11	147,00	1606,58
fev/11	254,20	2833,22
mar/11	126,00	1364,44
abr/11	201,00	2213,45
mai/11	250,00	2778,46
Média	553,87	5472,01

**Tabela 20.** Consumo de água, em m<sup>3</sup> e R\$, na Escola Municipal Pérola Byington no período de janeiro de 2008 a março de 2011.

Mês/Ano	Consumo (m <sup>3</sup> )	Conta (R\$)
jan/08	658,20	5339,26
fev/08	615,80	4995,32
mar/08	658,20	5339,60
abr/08	637,00	5167,28
mai/08	658,20	5339,26
jun/08	637,00	5167,28
jul/08	658,20	5339,26
ago/08	658,20	5788,84
set/08	637,00	5602,40
out/08	ND	ND
nov/08	509,60	5108,70
dez/08	658,20	6598,40
jan/09	559,70	5603,58
fev/09	579,00	5796,82
mar/09	559,70	5603,58
abr/09	598,30	6224,17
mai/09	617,60	6183,28
jun/09	541,40	5490,91
jul/09	1449,90	14638,90
ago/09	747,00	7497,46
set/09	539,40	5713,58
out/09	526,00	5635,30
nov/09	246,00	2587,89
dez/09	424,70	5226,20
jan/10	797,00	8602,64
fev/10	407,00	4325,22
mar/10	328,00	3483,32
abr/10	331,00	3762,58
mai/10	427,00	4550,47
jun/10	237,00	2498,10
jul/10	412,00	4398,47
ago/10	615,00	6609,82
set/10	339,00	3811,05
out/10	359,00	4041,67
nov/10	277,00	3102,45
dez/10	229,00	2539,48
jan/11	266,00	2978,78
fev/11	353,40	3977,09
mar/11	283,00	3174,80
Média	527,23	5206,40

**Tabela 21.** Consumo de água, em m<sup>3</sup> e R\$, na Escola Municipal Comunidade Vargem Grande no período de janeiro de 2008 a fevereiro de 2011.



Mês/Ano	Consumo (m <sup>3</sup> )	Conta (R\$)
jan/08	22,40	138,00
fev/08	25,60	160,75
mar/08	24,00	147,86
abr/08	25,60	160,46
mai/08	24,80	152,78
jun/08	25,60	157,70
jul/08	22,40	138,00
ago/08	24,00	147,86
set/08	23,20	154,88
out/08	24,80	165,58
nov/08	25,60	170,92
dez/08	24,80	165,58
jan/09	23,20	154,88
fev/09	24,00	160,24
mar/09	23,20	154,88
abr/09	24,80	165,58
mai/09	25,60	177,21
jun/09	22,40	149,56
jul/09	24,80	165,58
ago/09	316,80	3128,36
set/09	349,00	3664,50
out/09	268,00	2827,32
nov/09	385,00	4100,72
dez/09	292,00	3085,53
jan/10	228,00	2409,86
fev/10	238,00	2485,91
mar/10	246,00	2590,86
abr/10	508,00	5528,33
mai/10	532,00	5691,63
jun/10	305,20	3241,02
jul/10	678,00	7296,09
ago/10	425,00	4540,10
set/10	376,00	4237,69
out/10	292,00	3269,10
nov/10	331,00	3725,11
dez/10	192,20	2149,75
jan/11	327,60	3689,08
fev/11	368,90	4155,83
Média	187,36	1968,56

**Tabela 22.** Consumo de água, em m<sup>3</sup> e R\$, na Escola Municipal Finlândia no período de janeiro de 2008 a maio de 2011.

Mês/Ano	Consumo (m <sup>3</sup> )	Conta (R\$)
jan/08	1380,50	11275,12
fev/08	1291,40	10547,40
mar/08	1380,50	11275,12
abr/08	1336,00	10911,66
mai/08	1380,50	11275,12
jun/08	1336,00	10911,66
jul/08	1380,50	11275,12
ago/08	1380,50	12224,54
set/08	1336,00	11830,48
out/08	ND	ND
nov/08	1514,10	15282,56
dez/08	1336,00	13484,90
jan/09	1469,60	14833,40
fev/09	1291,40	13034,72
mar/09	1380,50	13934,08
abr/09	1202,40	12136,42
mai/09	1514,10	15282,56
jun/09	1202,40	12136,42
jul/09	ND	ND
ago/09	742,70	8909,46
set/09	682,00	7248,24
out/09	1121,00	12111,04
nov/09	644,00	6919,55
dez/09	33107,00	3517,62
jan/10	1349,00	14610,39
fev/10	2362,00	25602,69
mar/10	1384,00	14976,40
abr/10	620,00	6649,29
mai/10	603,00	6464,37
jun/10	414,40	4430,58
jul/10	417,00	4578,86
ago/10	387,00	4126,15
set/10	396,80	4477,54
out/10	393,60	4437,48
nov/10	337,90	3798,38
dez/10	292,90	3258,78
jan/11	280,00	3140,20
fev/11	508,40	5764,39
mar/11	310,80	3495,36
abr/11	250,80	2787,70
mai/11	183,00	2005,89
Média	1792,30	9357,99

**Tabela 23.** Consumo de água, em m<sup>3</sup> e R\$, na Escola Municipal Jornalista Campos Ribeiro no período de janeiro de 2008 a maio de 2011.

Mês/Ano	Consumo (m <sup>3</sup> )	Conta (R\$)
jan/08	1151,10	4512,14
fev/08	1076,80	4220,90
mar/08	1151,10	4512,14
abr/08	1114,00	4366,72
mai/08	1151,10	4512,14
jun/08	1114,00	4366,72
jul/08	1151,10	4512,14
ago/08	1151,10	4890,35
set/08	1114,00	4732,74
out/08	ND	ND
nov/08	891,20	4316,96
dez/08	1151,10	5575,91
jan/09	1076,80	5216,00
fev/09	1114,00	5396,21
mar/09	1076,80	5216,00
abr/09	1151,10	5575,91
mai/09	1188,20	5755,62
jun/09	495,10	2613,77
jul/09	1110,00	5534,42
ago/09	280,00	1323,61
set/09	212,00	1052,12
out/09	320,00	1630,11
nov/09	260,40	1317,06
dez/09	126,00	615,80
jan/10	126,00	624,39
fev/10	133,00	645,22
mar/10	98,60	473,96
abr/10	200,00	998,40
mai/10	250,00	1259,82
jun/10	254,00	1289,04
jul/10	213,00	1189,16
ago/10	140,00	689,61
set/10	135,00	700,92
out/10	173,60	914,79
nov/10	147,90	775,44
dez/10	169,60	891,12
jan/11	312,00	1686,20
fev/11	179,80	949,15
mar/11	182,00	965,90
abr/11	231,00	1229,81
mai/11	237,60	1266,38
Média	595,25	2707,87

**Tabela 24.** Consumo de água, em m<sup>3</sup> e R\$, na Escola Municipal Silveira Sampaio no período de janeiro de 2008 a janeiro de 2011.

Mês/Ano	Consumo (m <sup>3</sup> )	Conta (R\$)
jan/08	1740,10	14230,32
fev/08	1627,80	13311,92
mar/08	1740,10	14230,32
abr/08	1684,00	13771,54
mai/08	1740,10	14230,32
jun/08	1684,00	13771,54
jul/08	1740,10	14230,32
ago/08	1740,10	15428,58
set/08	1684,00	14931,16
out/08	ND	ND
nov/08	2301,40	23258,90
dez/08	1684,00	17019,20
jan/09	1740,10	17586,16
fev/09	1740,10	17586,16
mar/09	1684,00	17019,20
abr/09	1571,70	15884,26
mai/09	924,00	9292,28
jun/09	1957,20	20604,93
jul/09	2829,00	28633,90
ago/09	2461,00	26396,80
set/09	1131,00	12086,28
out/09	1333,00	14409,40
nov/09	929,60	10033,87
dez/09	820,80	8852,73
jan/10	1887,00	20435,96
fev/10	1443,00	15627,49
mar/10	2053,50	22239,13
abr/10	1554,00	16829,60
mai/10	1665,00	18031,74
jun/10	1464,00	17405,55
jul/10	1462,40	15834,81
ago/10	1093,30	12515,18
set/10	921,40	10517,22
out/10	725,00	8268,31
nov/10	258,00	2880,19
dez/10	206,00	2286,92
jan/11	245,00	2723,99
Média	1485,13	14788,78

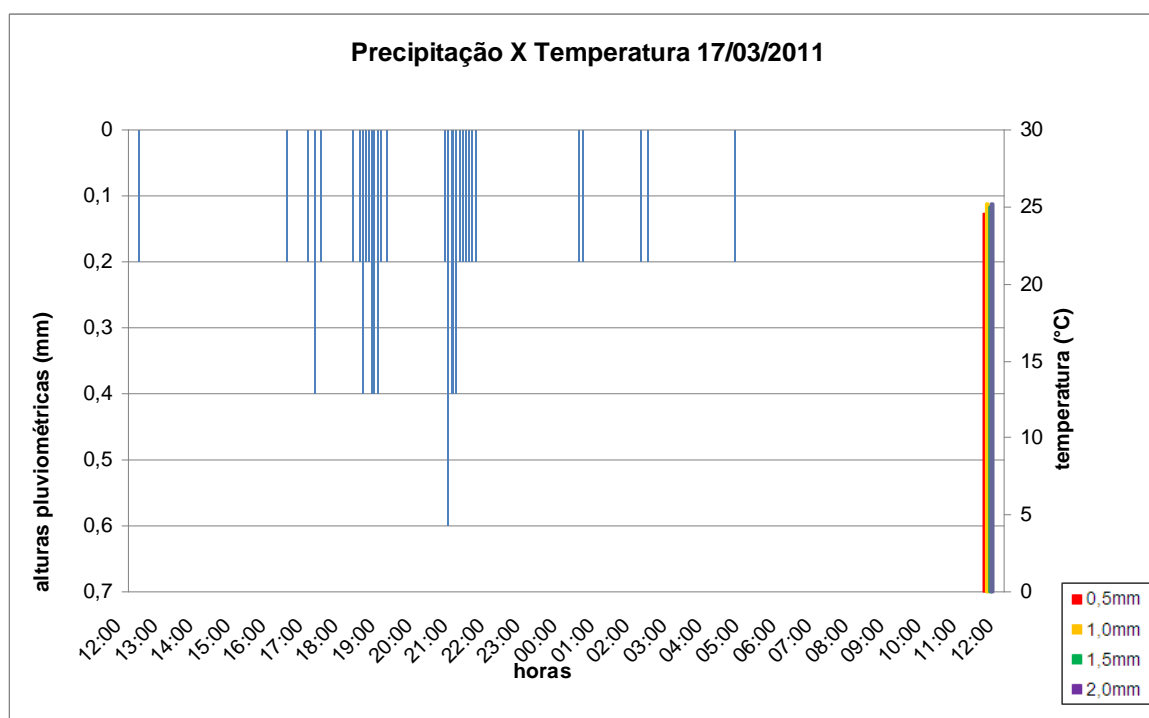
**Tabela 25.** Consumo de água, em m<sup>3</sup> e R\$, na Escola Municipal Professora Helena Lopes Abranches no período de janeiro de 2008 a maio de 2011.

<b>Mês/Ano</b>	<b>Consumo (m³)</b>	<b>Conta (R\$)</b>
jan/08	2210,30	18094,42
fev/08	2067,70	16927,02
mar/08	2210,30	18094,42
abr/08	2139,00	17510,72
mai/08	2210,30	18094,42
jun/08	2139,00	17510,72
jul/08	2210,30	18094,42
ago/08	2210,30	19618,06
set/08	3139,00	18985,22
out/08	ND	ND
nov/08	2923,30	29574,90
dez/08	2139,00	21640,18
jan/09	2210,30	22361,52
fev/09	2210,30	22361,52
mar/09	2139,00	21640,18
abr/09	1996,40	20197,50
mai/09	1174,80	11839,40
jun/09	170,10	2676,67
jul/09	231,00	2245,84
ago/09	143,00	1453,42
set/09	178,00	1827,16
out/09	213,00	2222,75
nov/09	211,00	2212,90
dez/09	353,00	3761,36
jan/10	257,40	2703,00
fev/10	105,30	1065,50
mar/10	291,00	3062,74
abr/10	337,00	3575,30
mai/10	314,00	3327,96
jun/10	257,00	2937,66
jul/10	309,00	3270,49
ago/10	309,00	3471,44
set/10	439,00	4957,83
out/10	254,80	2849,62
nov/10	555,00	6304,91
dez/10	384,00	4336,26
jan/11	233,00	2585,62
fev/11	236,00	2629,67
mar/11	331,70	3726,87
abr/11	308,00	3463,08
mai/11	363,00	4081,47
Média	1052,82	9682,35

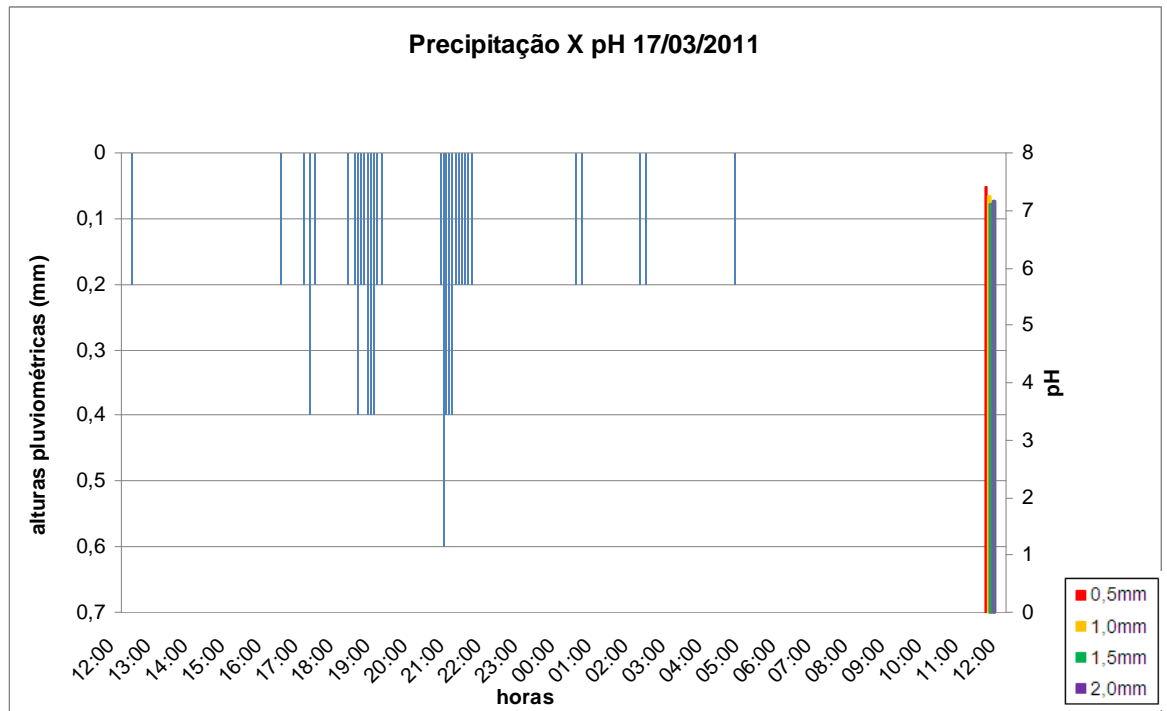
**APÊNDICE D - Resultados da Qualidade da Água Pluvial, em Tabelas e Gráficos, para cada data de coleta.**

**Tabela 10.** Dados encontrados na coleta do dia 17/03/2011.

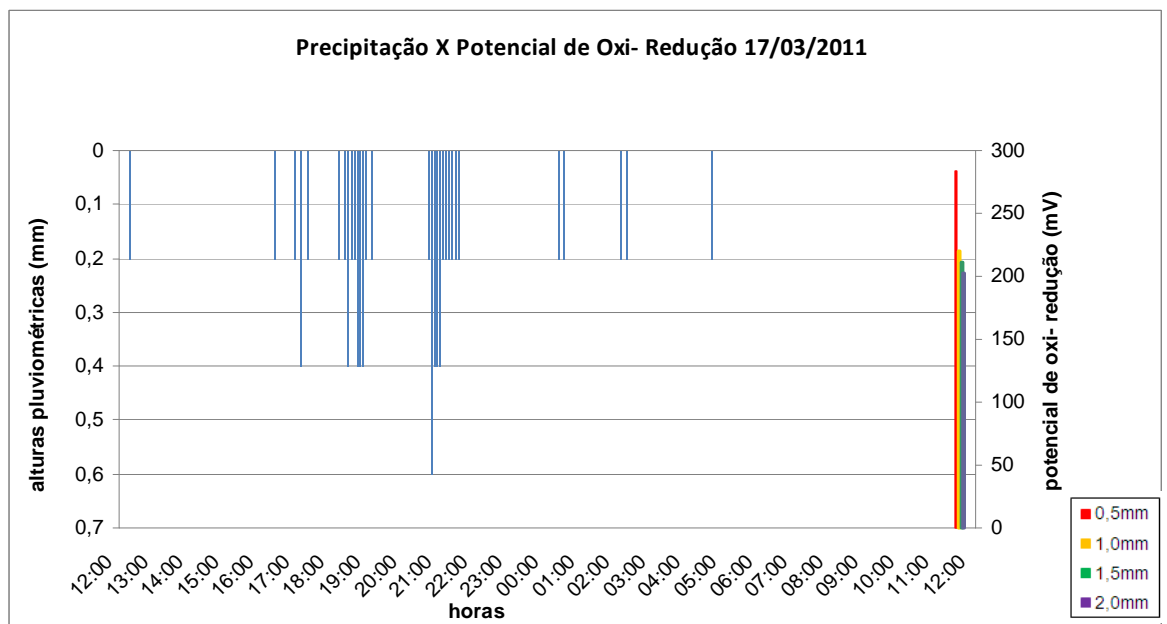
Total Precipitado: 8.2 mm					
		0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm
Parâmetro	Unidade	17/03/2011 11:23:23	17/03/2011 11:26:21	17/03/2011 11:28:55	17/03/2011 11:31:31
Temperatura	°C	24,54	25,23	24,98	25,18
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		7,4	7,24	7,11	7,15
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	284	220	211	203
Condutividade	mS/cm	0,358	0,269	0,235	0,19
Turbidez	NTU	12,3	28,6	23,5	51,1
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	8,15	7,66	7,84	7,94
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,232	0,168	0,145	0,116
Salinidade	ppt	0,2	0,1	0,1	0,1
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	2700	46000	7500	4300



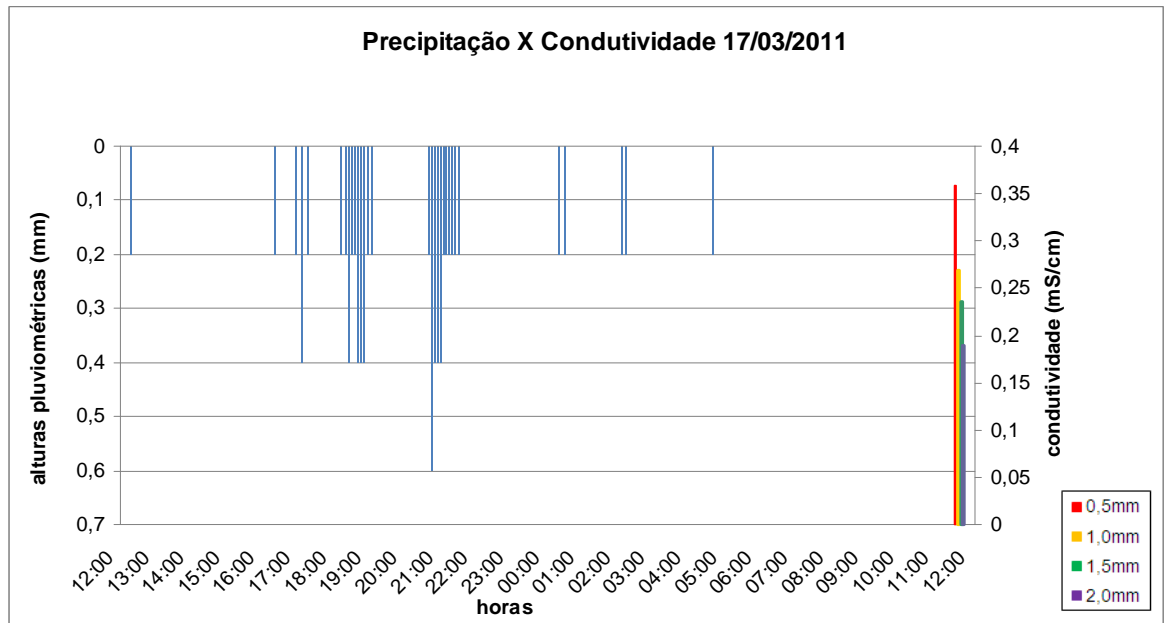
**Figura 43.** Precipitação versus temperatura da coleta do dia 17/03/2011.



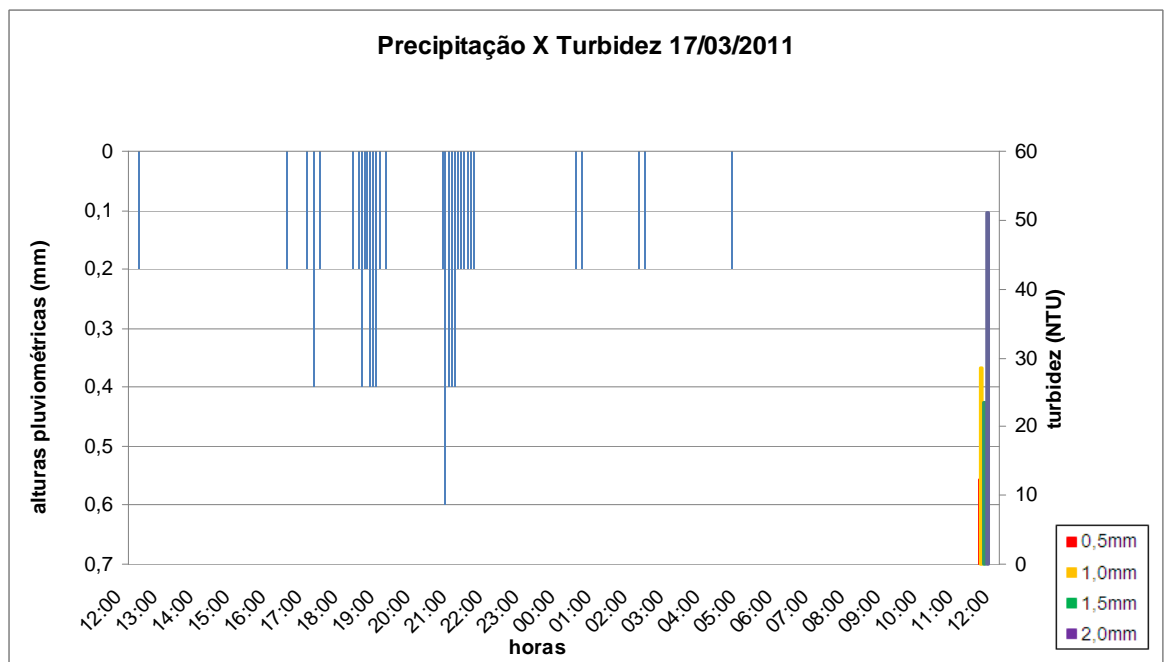
**Figura 34.** Precipitação versus pH da coleta do dia 17/03/2011.



**Figura 44.** Precipitação versus potencial de oxi- redução da coleta do dia 17/03/2011.

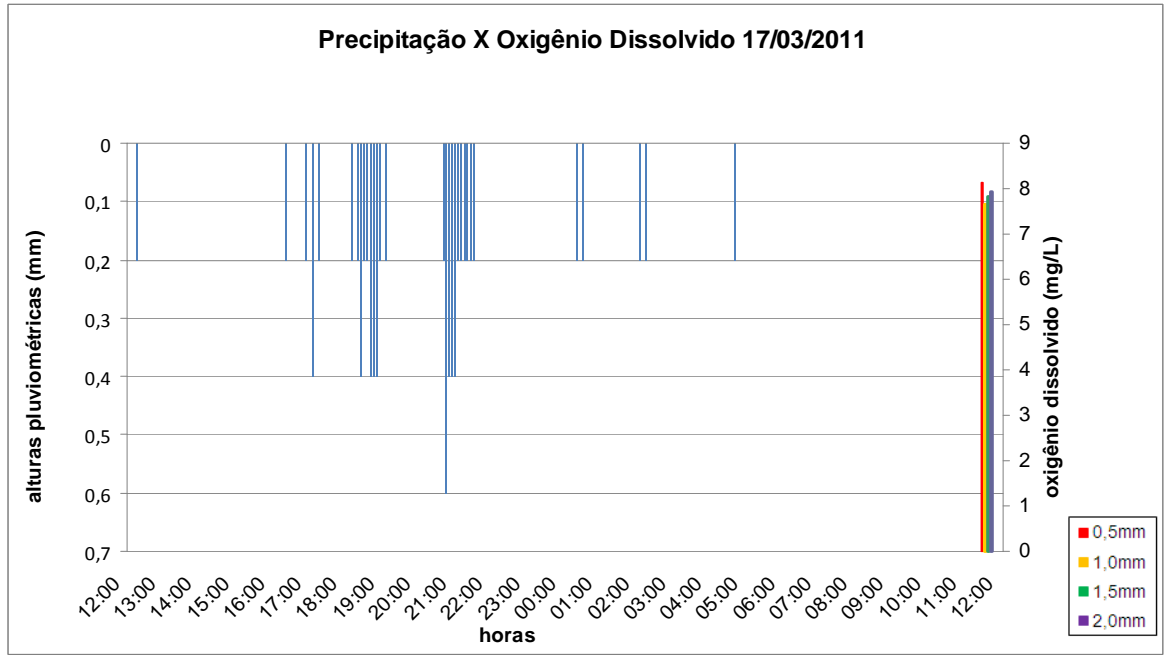


**Figura 45.** Precipitação *versus* condutividade da coleta do dia 17/03/2011.

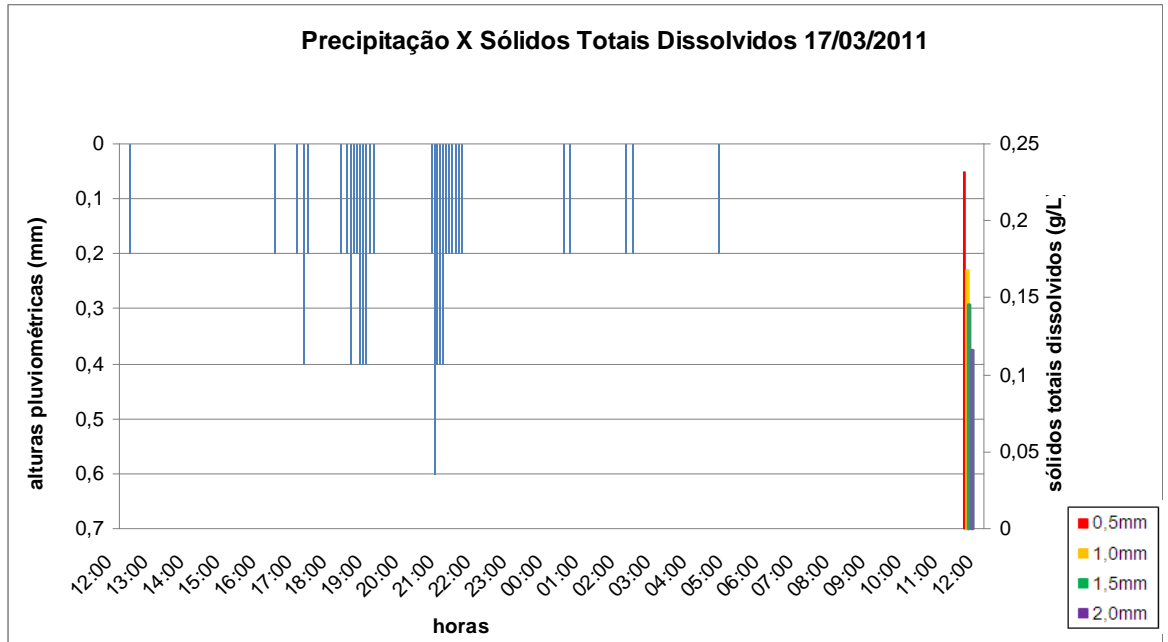


**Figura 46.** Precipitação *versus* turbidez da coleta do dia 17/03/2011.

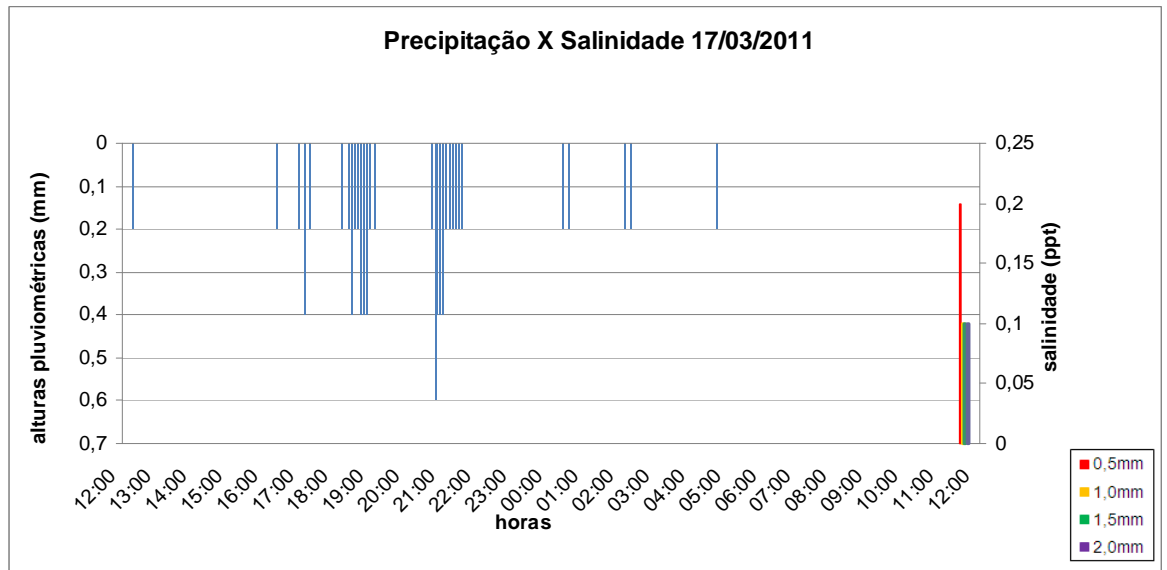




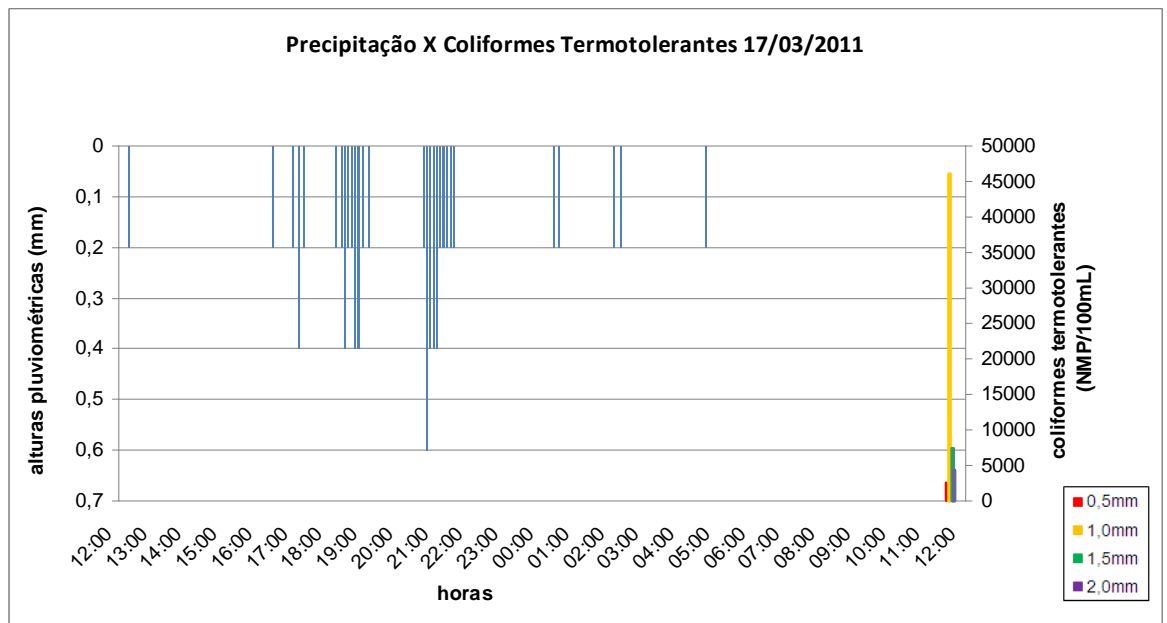
**Figura 47.** Precipitação versus oxigênio dissolvido da coleta do dia 17/03/2011.



**Figura 48.** Precipitação versus sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 17/03/2011.



**Figura 49.** Precipitação *versus* salinidade da coleta do dia 17/03/2011.



**Figura 50.** Precipitação *versus* coliformes termotolerantes da coleta do dia 17/03/2011.

Tabela 11. Dados encontrados na coleta do dia 22/03/2011.

Total Precipitado: 9.0 mm					
		0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm
Parâmetro	Unidade	22/03/2011 08:55:12	22/03/2011 08:57:31	22/03/2011 08:59:49	22/03/2011 09:01:47
Temperatura	°C	24,02	24,13	23,94	24,04
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		4,42	4,91	4,61	4,58
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	293	222	204	174
Condutividade	mS/cm	0,149	0,135	0,119	0,105
Turbidez	NTU	18,3	18	31,5	42,5
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	9,9	8,53	8,46	8,59
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,096	0,086	0,075	0,065
Salinidade	ppt	0,1	0,1	0,1	0
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1500	740	1100	4600

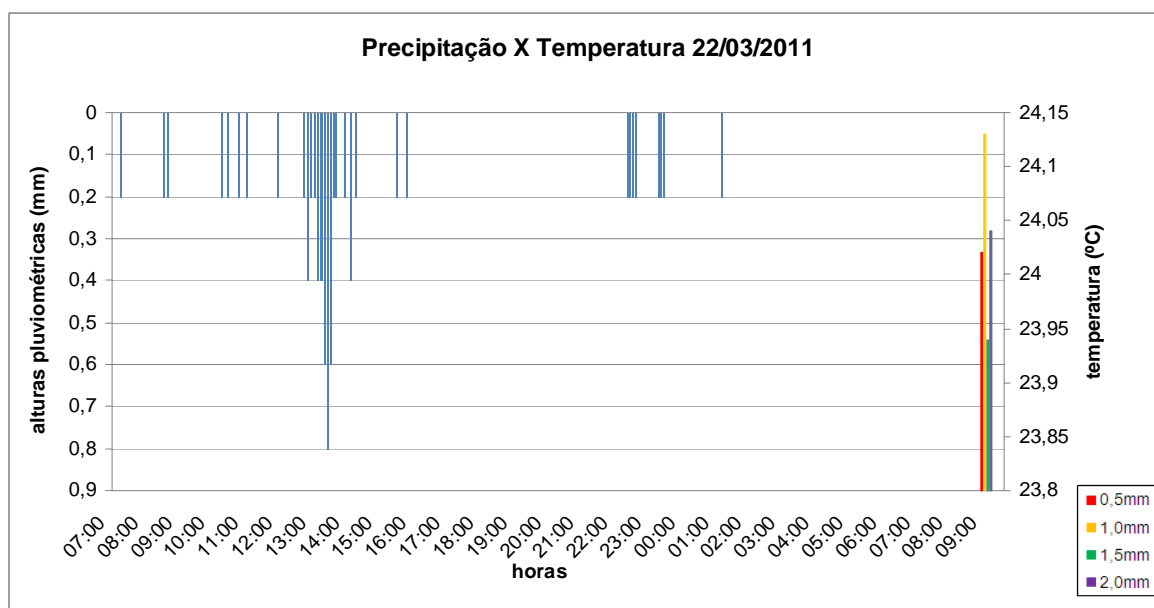


Figura 51. Precipitação versus temperatura da coleta do dia 22/03/2011.

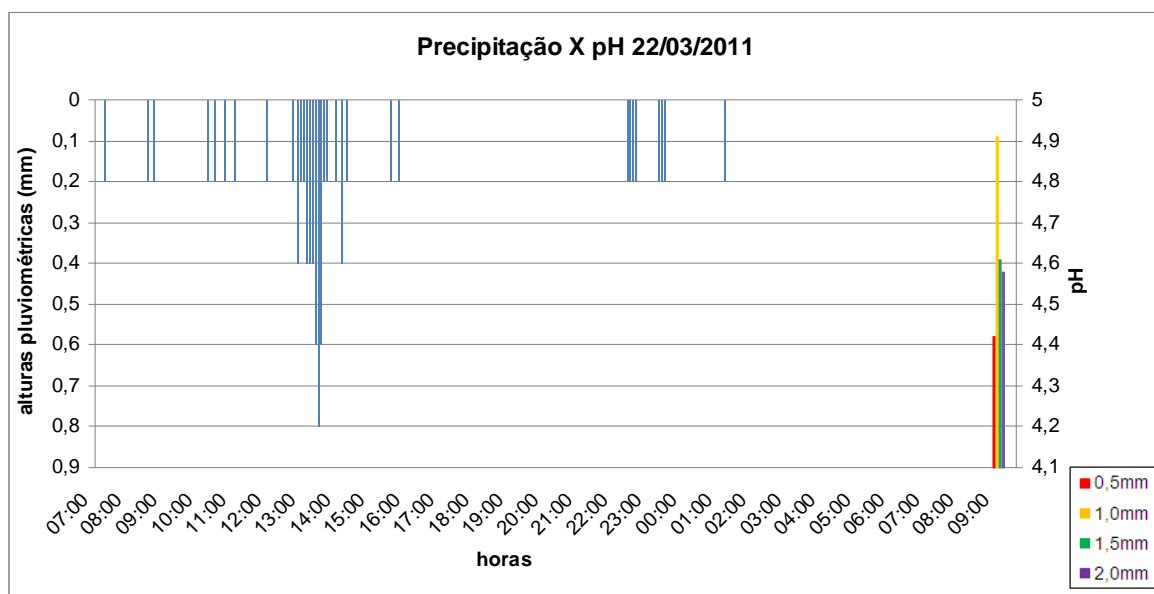
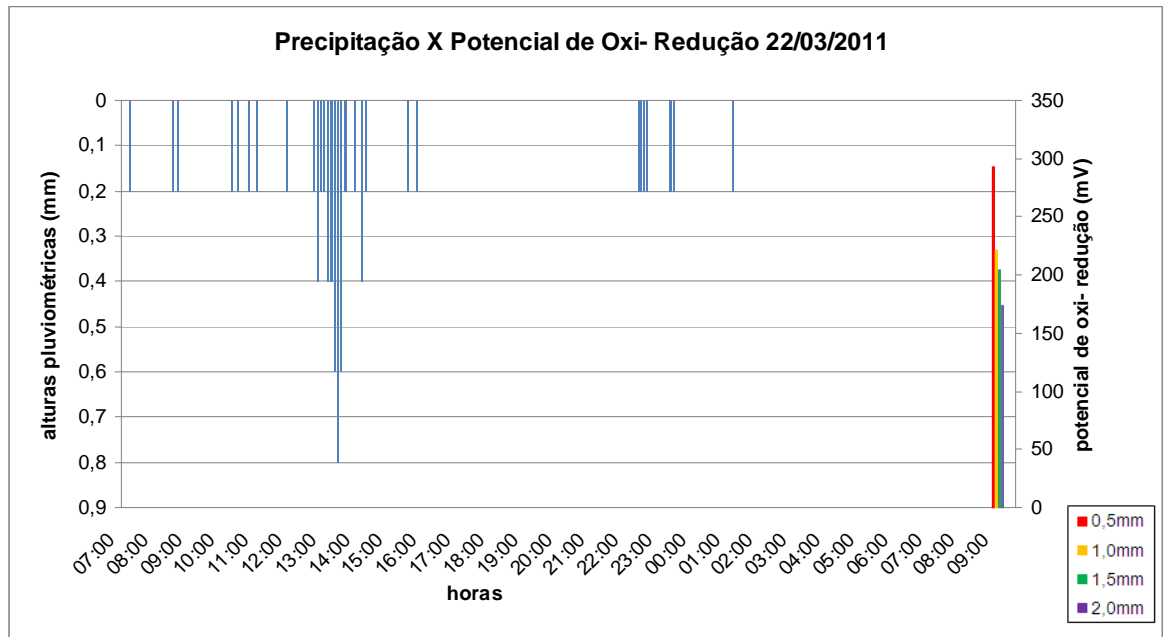
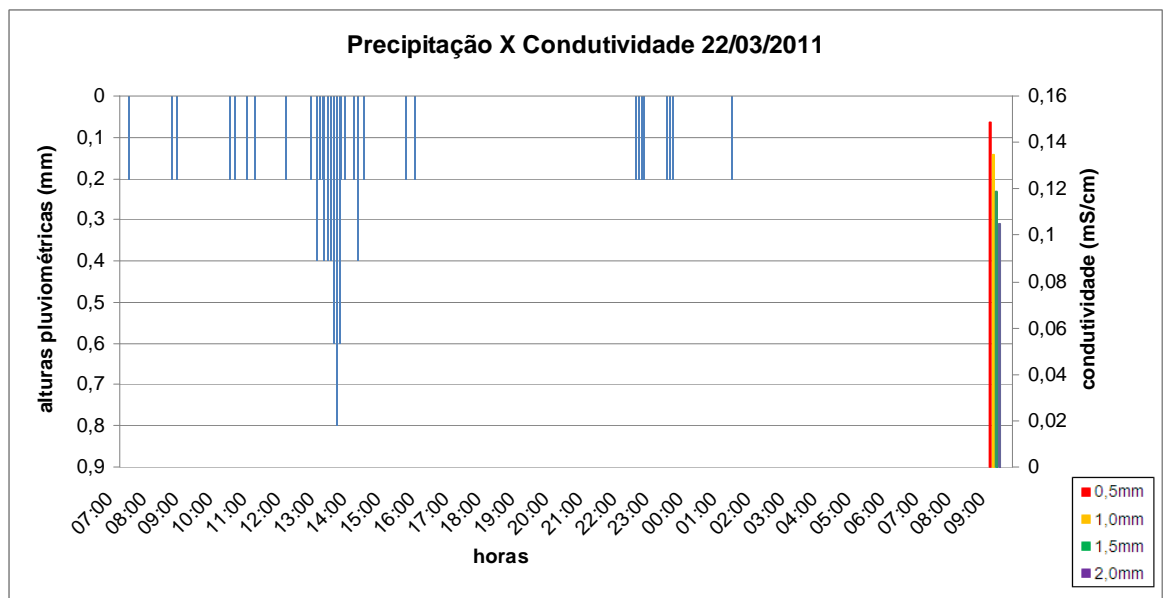


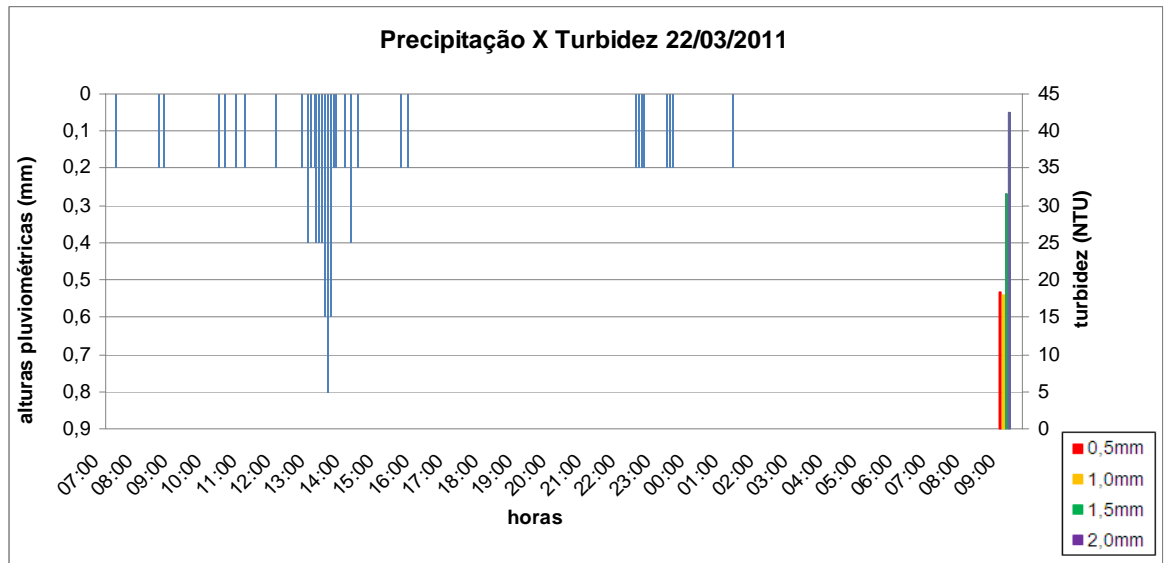
Figura 35. Precipitação versus pH da coleta do dia 22/03/2011.



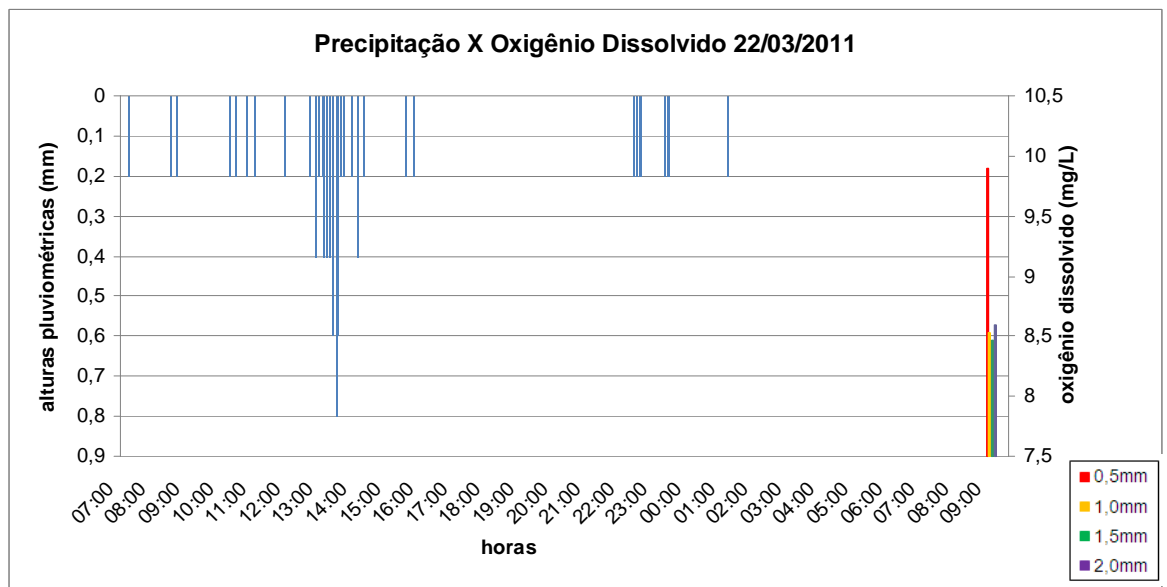
**Figura 52.** Precipitação versus potencial de oxi- redução da coleta do dia 22/03/2011.



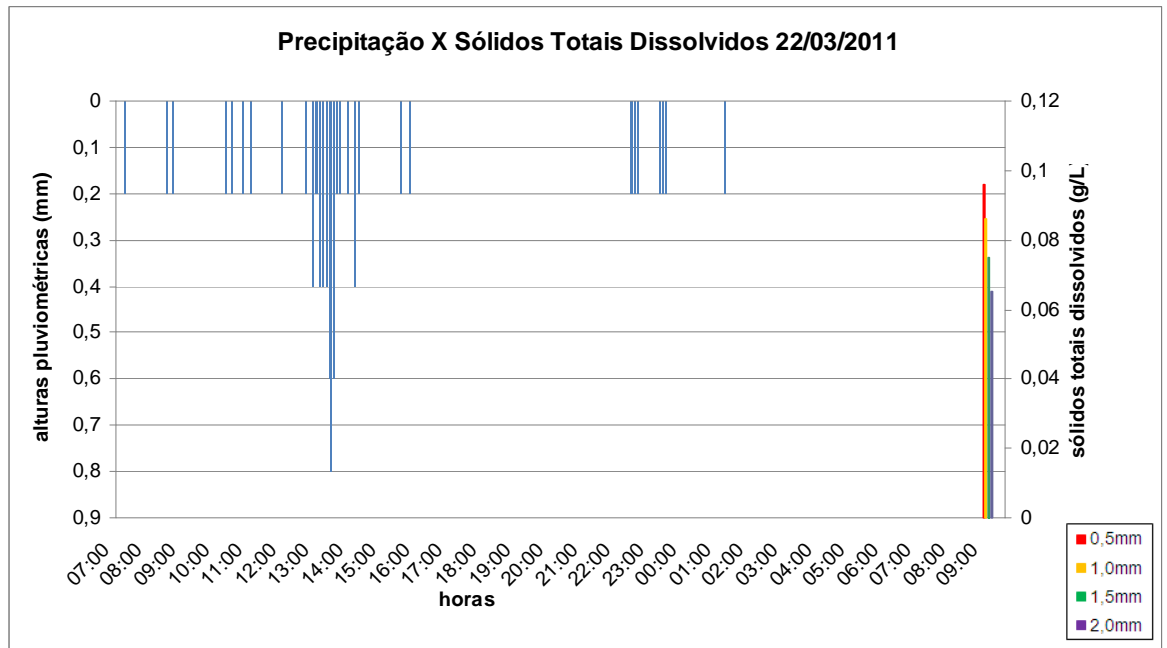
**Figura 53.** Precipitação versus condutividade da coleta do dia 22/03/2011.



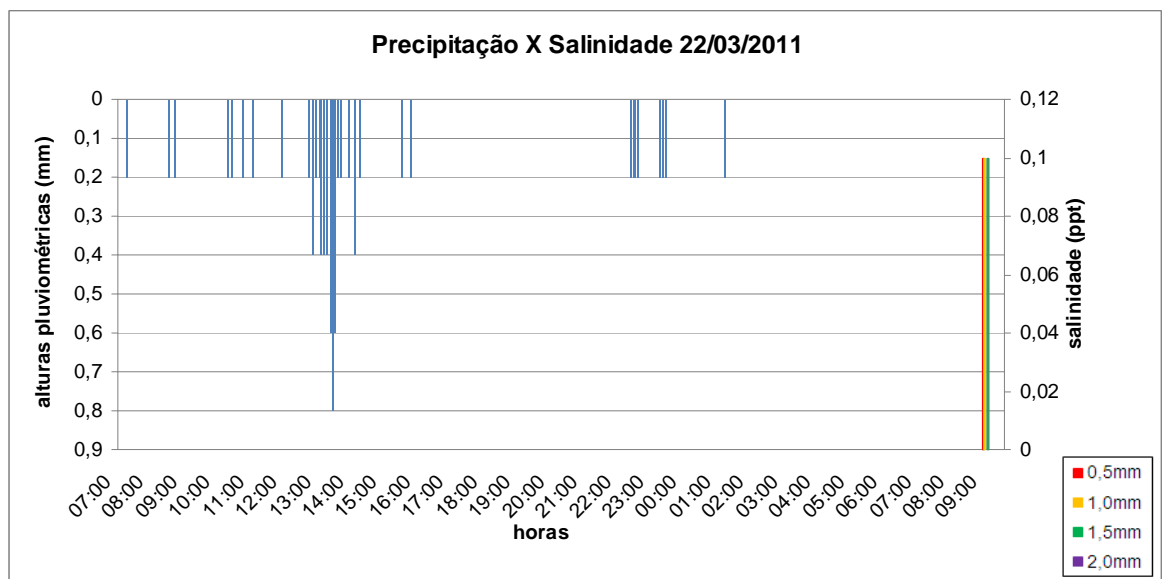
**Figura 54.** Precipitação versus turbidez da coleta do dia 22/03/2011.



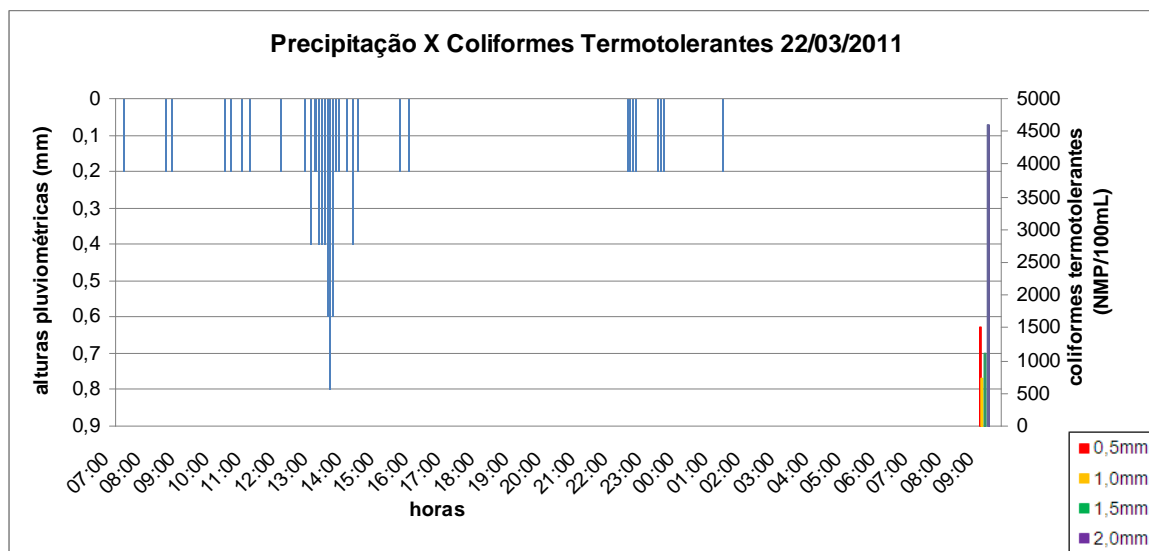
**Figura 55.** Precipitação versus oxigênio dissolvido da coleta do dia 22/03/2011.



**Figura 56.** Precipitação *versus* sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 22/03/2011.



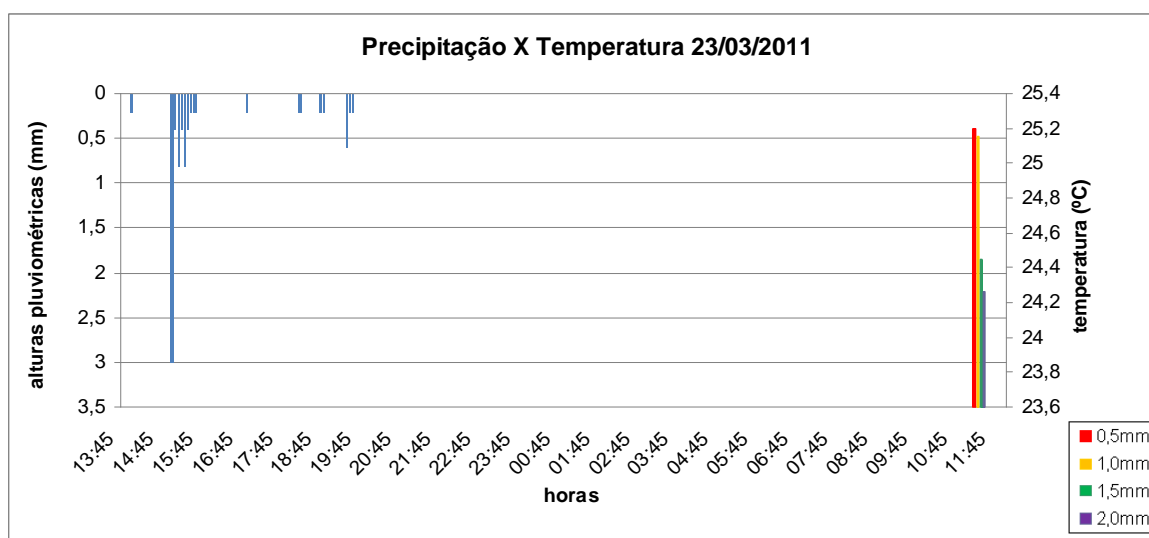
**Figura 57.** Precipitação *versus* salinidade da coleta do dia 22/03/2011.



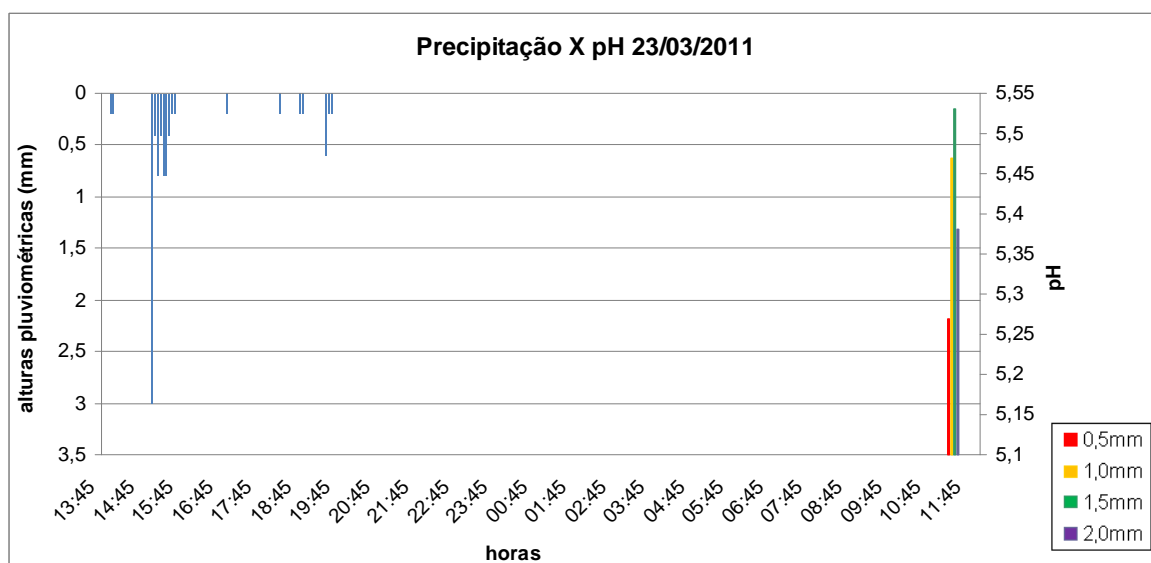
**Figura 58.** Precipitação versus coliformes termotolerantes da coleta do dia 22/03/2011.

**Tabela 12.** Dados encontrados na coleta do dia 23/03/2011.

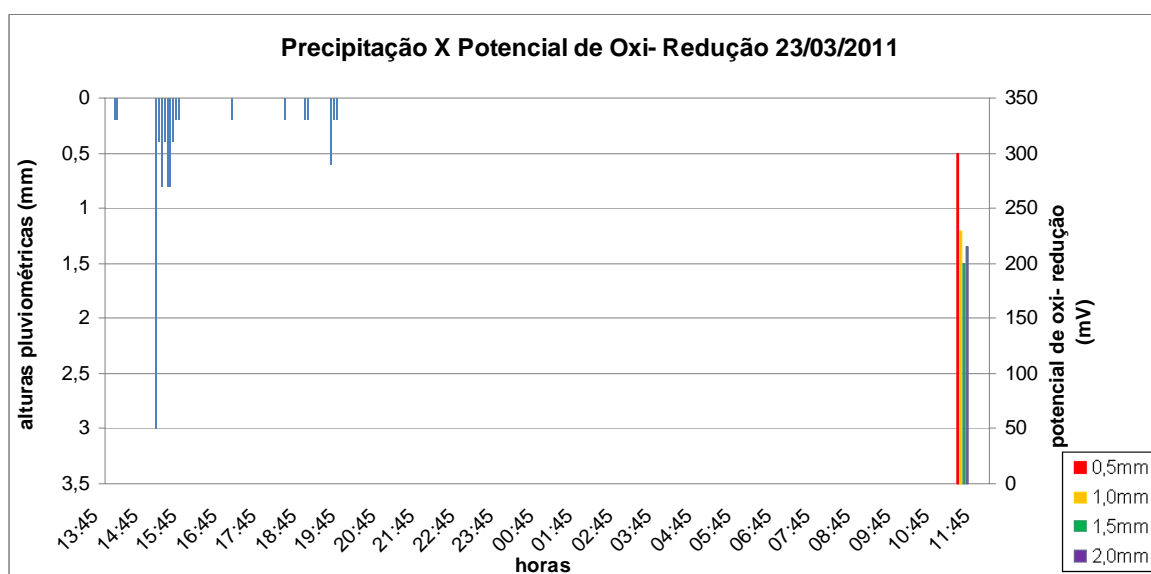
Total Precipitado: 8.2 mm			0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm
Parâmetro	Unidade	23/03/2011 11:15:45	23/03/2011 11:20:32	23/03/2011 11:25:34	23/03/2011 11:30:49	
Temperatura	°C	25,2	25,15	24,45	24,26	
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		5,27	5,47	5,53	5,38	
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	299	229	199	215	
Condutividade	mS/cm	0,103	0,089	0,107	0,111	
Turbidez	NTU	68	69,5	32,4	27,7	
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	8,92	8,63	8,8	9,32	
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,064	0,055	0,068	0,072	
Salinidade	ppt	0	0	0	0,1	
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	110000	2800	2100	15000	



**Figura 59.** Precipitação versus temperatura da coleta do dia 23/03/2011.



**Figura 36.** Precipitação *versus* pH da coleta do dia 23/03/2011.



**Figura 60.** Precipitação *versus* potencial de oxi- redução da coleta do dia 23/03/2011.



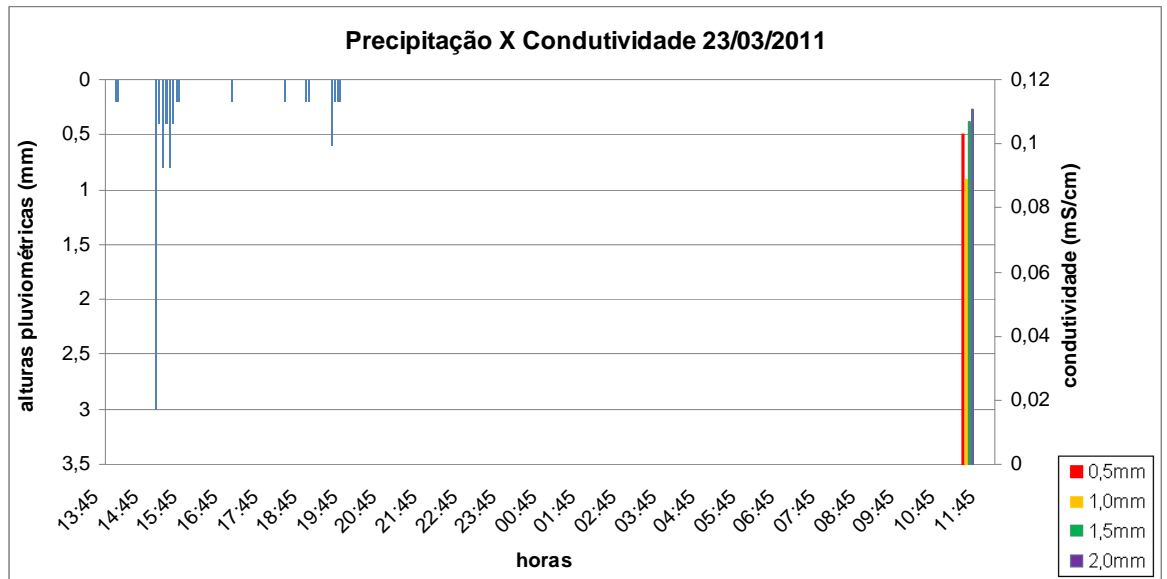


Figura 61. Precipitação versus condutividade da coleta do dia 23/03/2011.

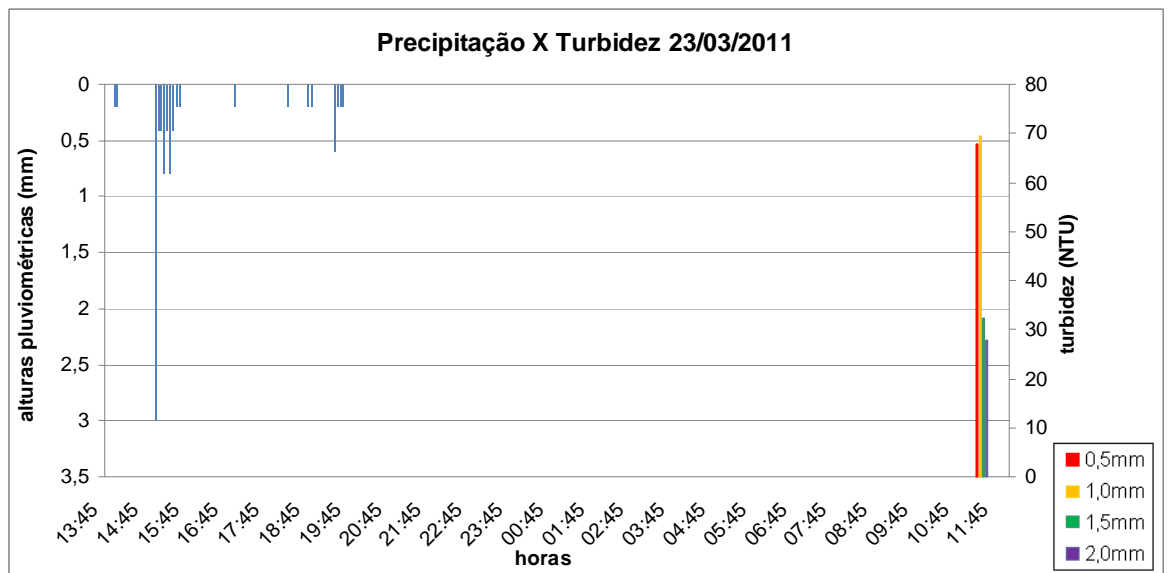
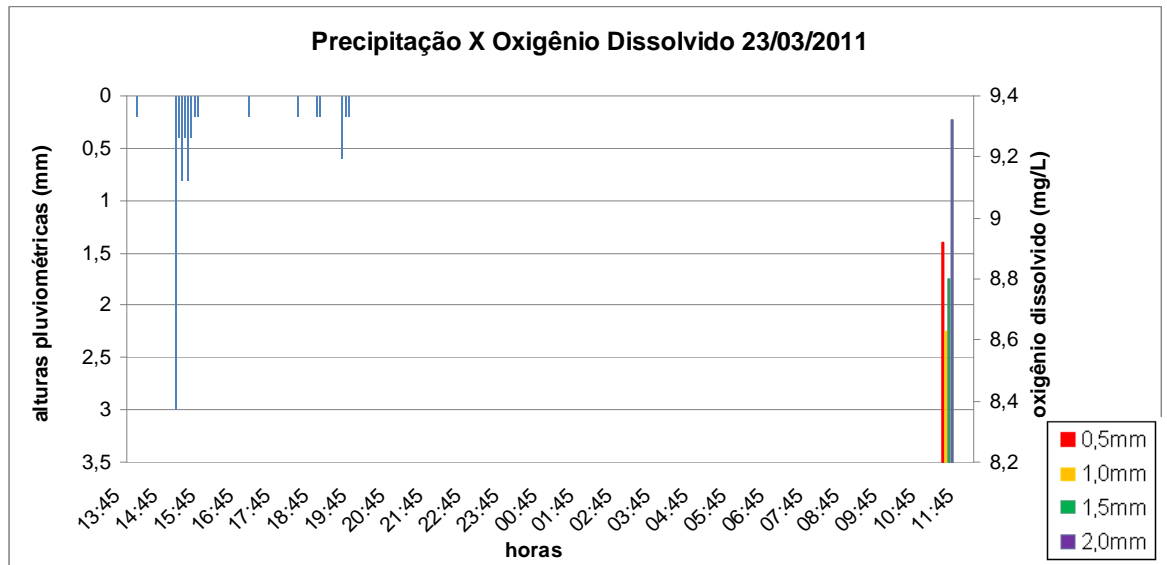
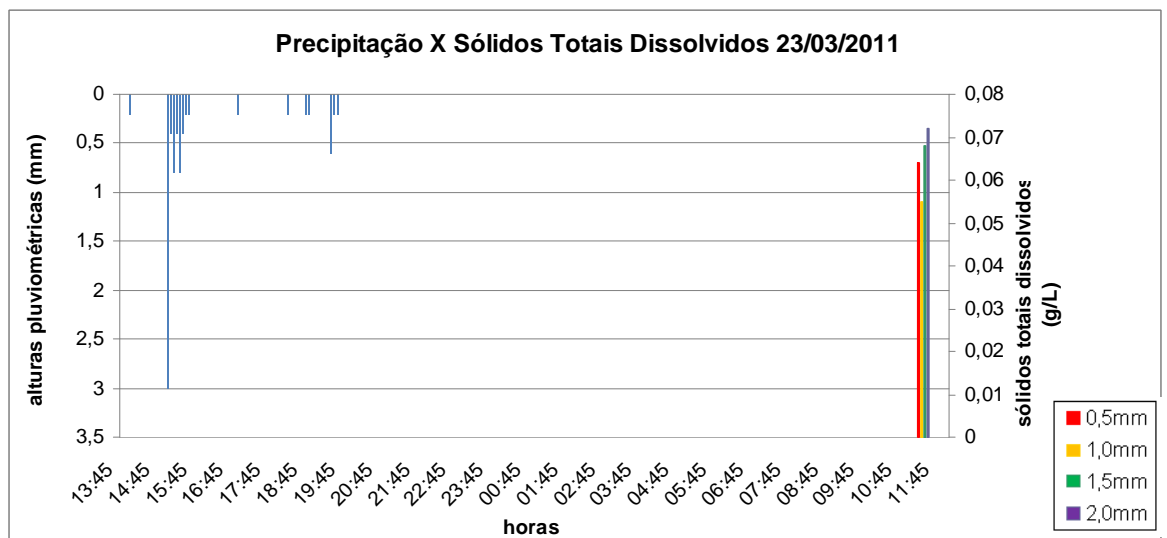


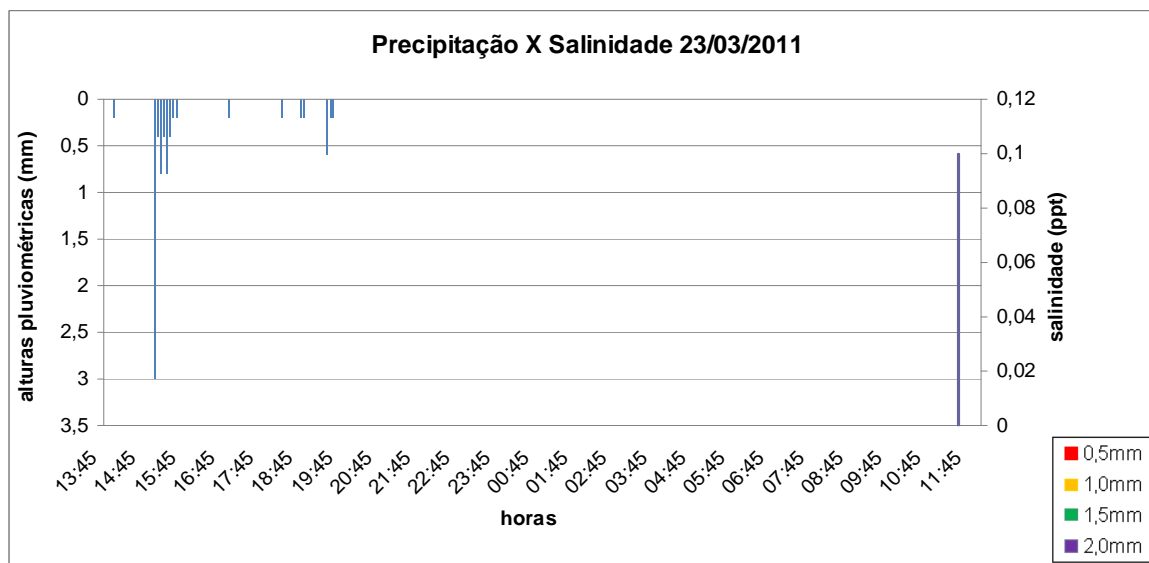
Figura 62. Precipitação versus turbidez da coleta do dia 23/03/2011.



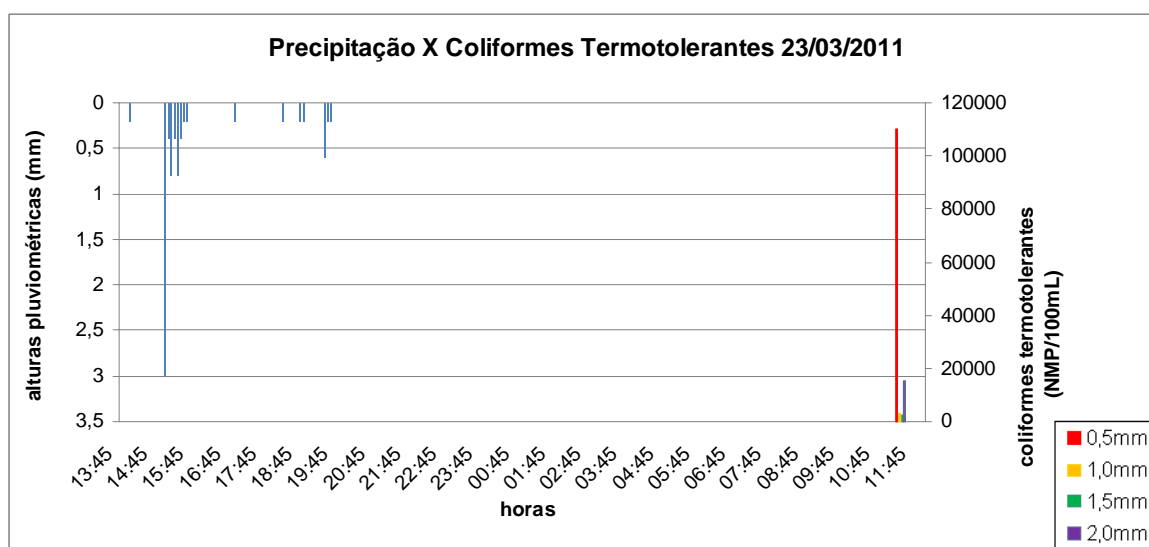
**Figura 63.** Precipitação versus oxigênio dissolvido da coleta do dia 23/03/2011.



**Figura 64.** Precipitação versus sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 23/03/2011.



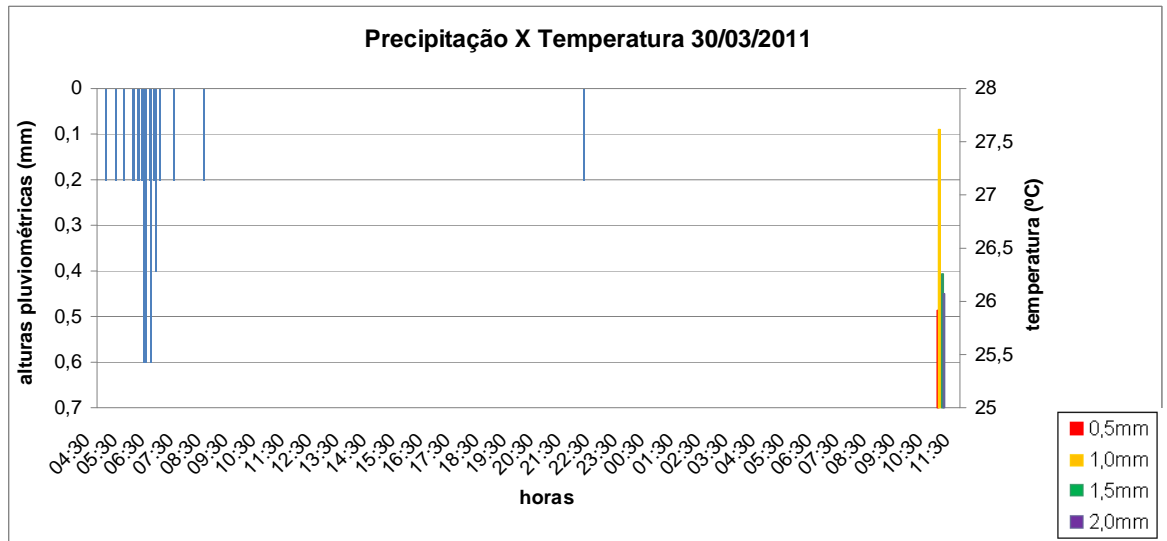
**Figura 65.** Precipitação versus salinidade da coleta do dia 23/03/2011.



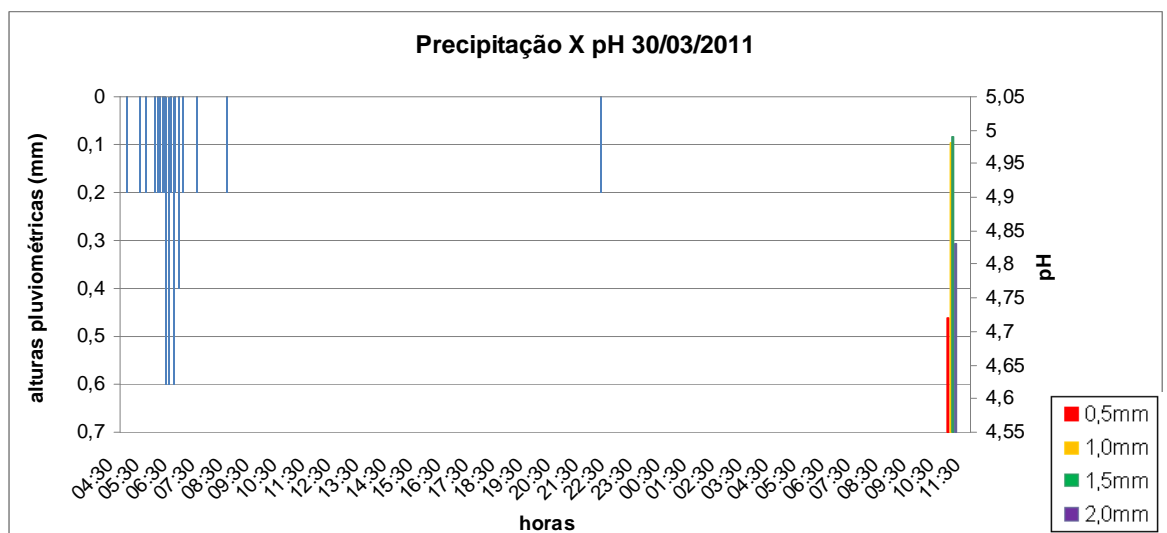
**Figura 66.** Precipitação versus coliformes termotolerantes da coleta do dia 23/03/2011.

**Tabela 13.** Dados encontrados na coleta do dia 30/03/2011.

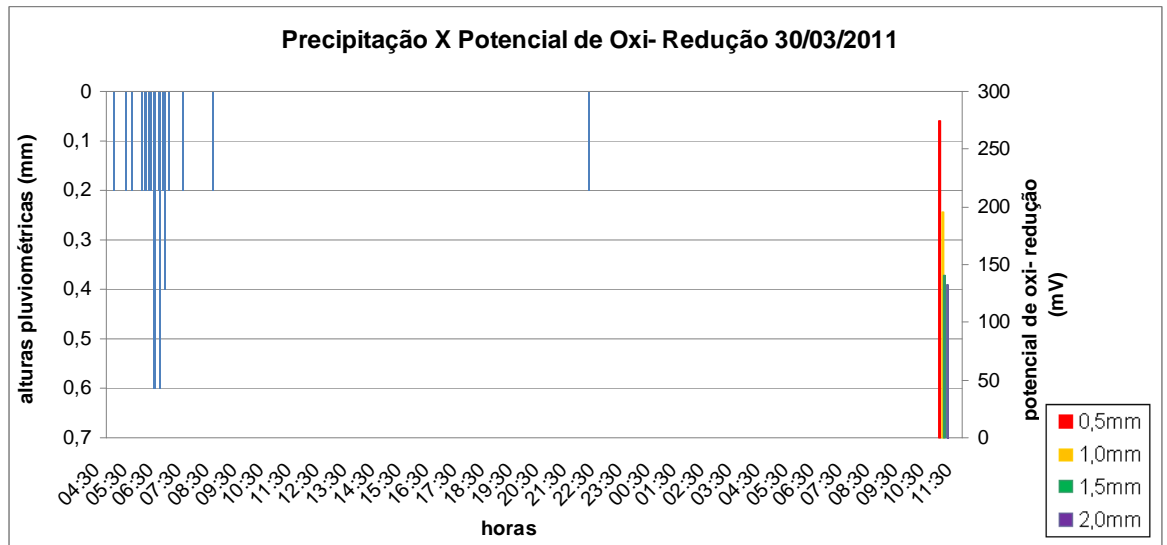
Total Precipitado: 5.0 mm					
		0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm
Parâmetro	Unidade	30/03/2011 10:48:21	30/03/2011 10:52:17	30/03/2011 10:59:41	30/03/2011 11:03:04
Temperatura	°C	25,92	27,61	26,26	26,07
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		4,72	4,98	4,99	4,83
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	274	196	140	133
Condutividade	mS/cm	0,18	0,183	0,215	0,171
Turbidez	NTU	42,6	42,3	41,3	256
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	7,36	6,92	3,31	7,27
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,116	0,117	0,139	0,105
Salinidade	ppt	0,1	0,1	0,1	0,1
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	21000	110000	9300	2800



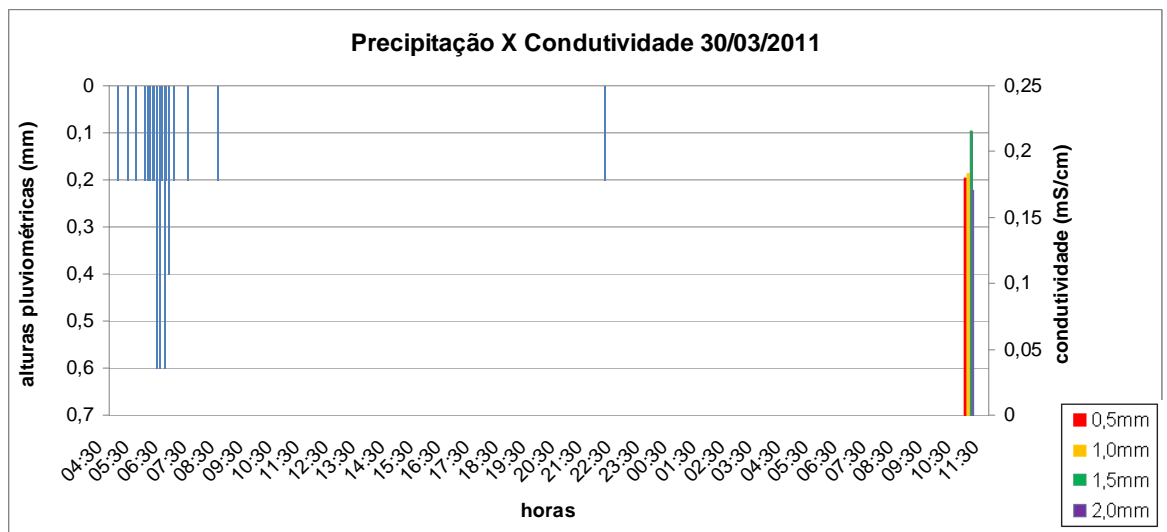
**Figura 67.** Precipitação *versus* temperatura da coleta do dia 30/03/2011.



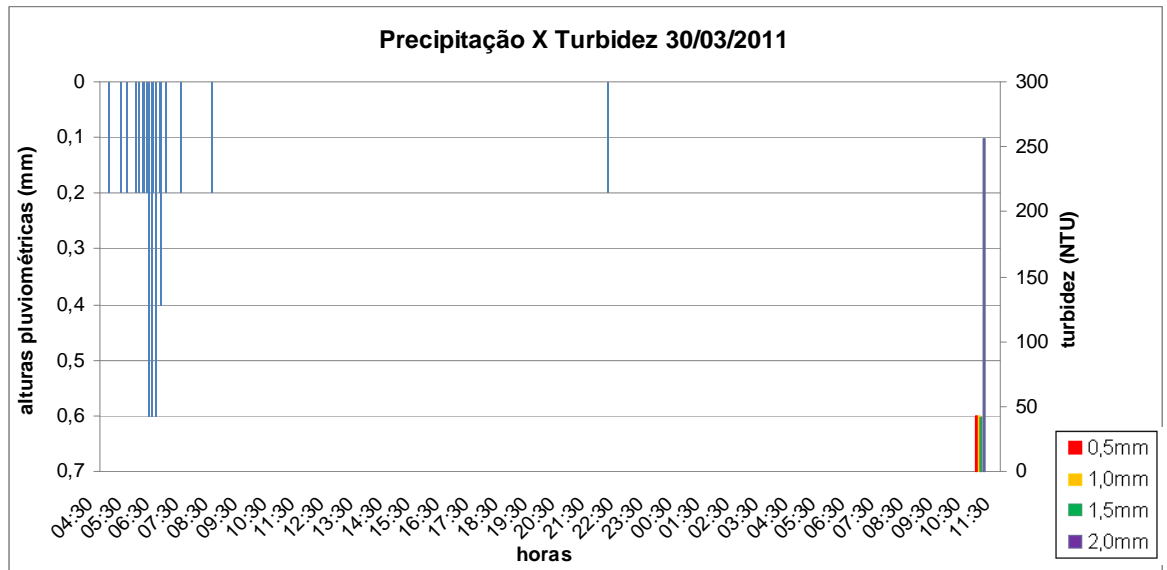
**Figura 37.** Precipitação *versus* pH da coleta do dia 30/03/2011.



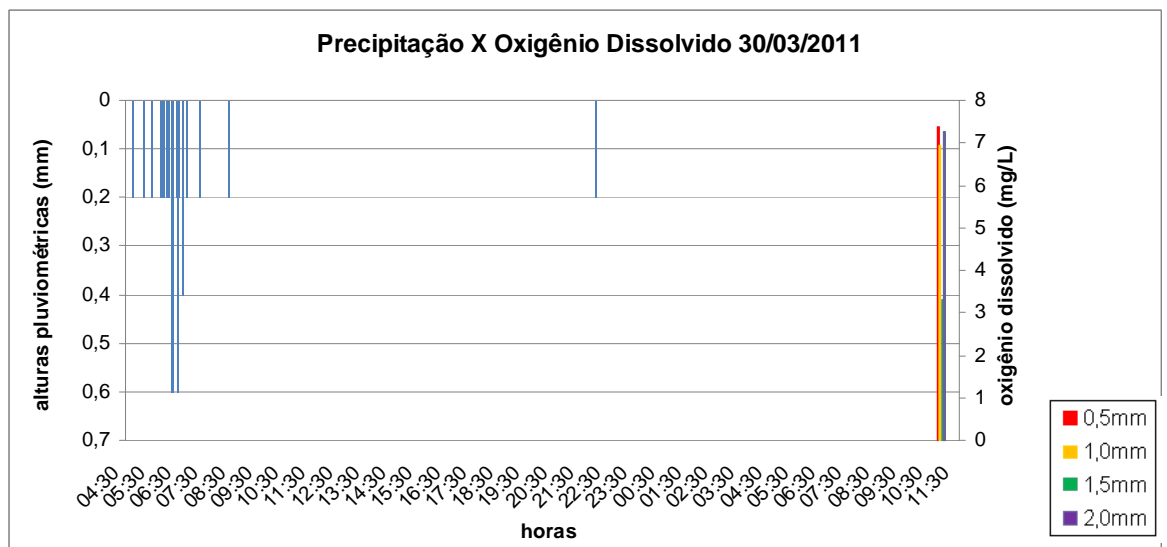
**Figura 68.** Precipitação *versus* potencial de oxi- redução da coleta do dia 30/03/2011.



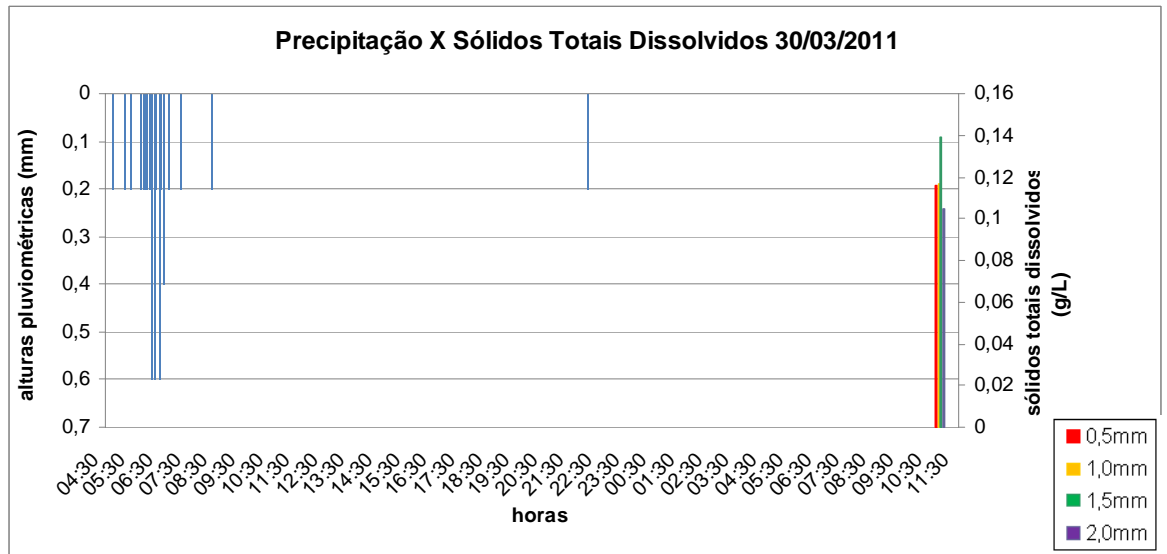
**Figura 69.** Precipitação *versus* condutividade da coleta do dia 30/03/2011.



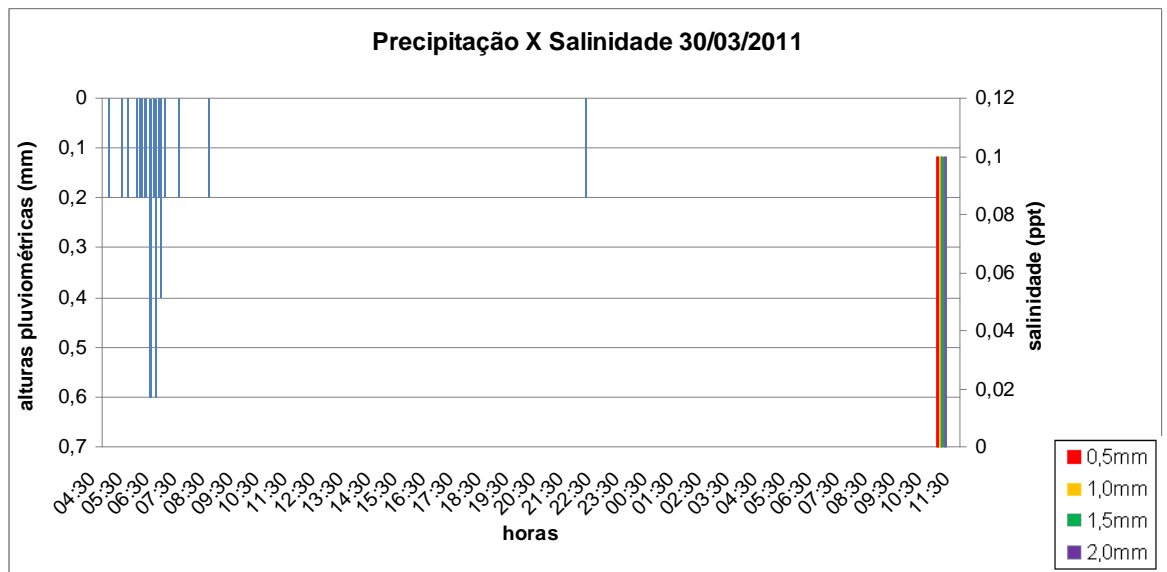
**Figura 70.** Precipitação *versus* turbidez da coleta do dia 30/03/2011.



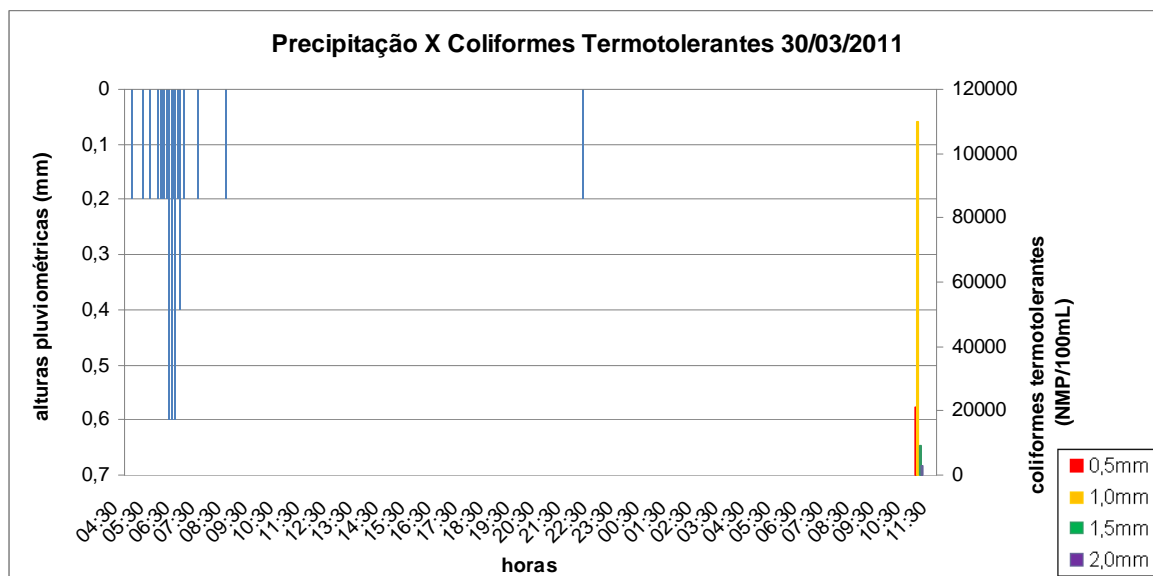
**Figura 71.** Precipitação *versus* oxigênio dissolvido da coleta do dia 30/03/2011.



**Figura 72.** Precipitação *versus* sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 30/03/2011.



**Figura 73.** Precipitação *versus* salinidade da coleta do dia 30/03/2011.

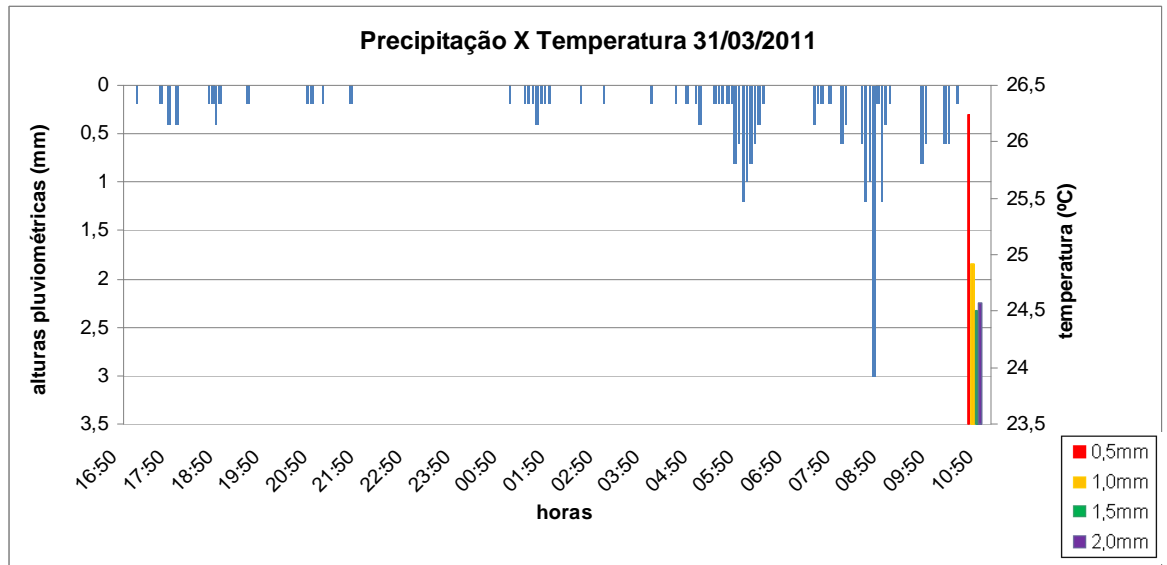


**Figura 74.** Precipitação versus coliformes termotolerantes da coleta do dia 30/03/2011.

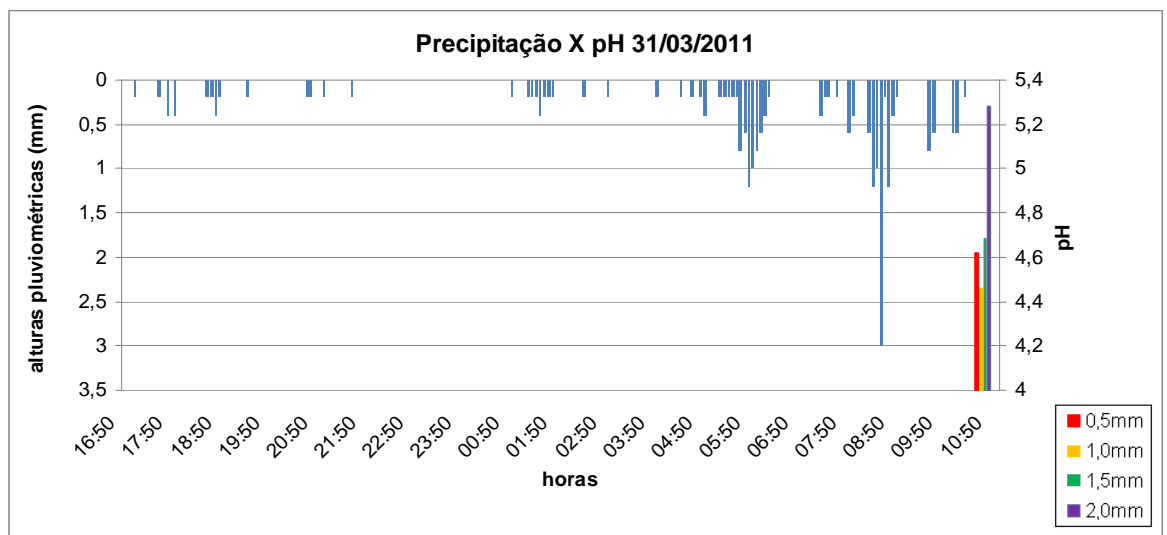
**Tabela 14.** Dados encontrados na coleta do dia 31/03/2011.

Total Precipitado: 25,8 mm		0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm
Parâmetro	Unidade	31/03/2011 10:49:05	31/03/2011 10:51:39	31/03/2011 10:54:01	31/03/2011 10:56:13
Temperatura	°C	26,24	24,92	24,51	24,57
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		4,62	4,46	4,68	5,28
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	306	227	203	197
Condutividade	mS/cm	0,173	0,215	0,185	0,153
Turbidez	NTU	57,1	19,3	25,6	37,5
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	7,89	4,66	8,18	8,33
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,107	0,14	0,117	0,095
Salinidade	ppt	0,1	0,1	0,1	0,1
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	21000	110000	9300	9300

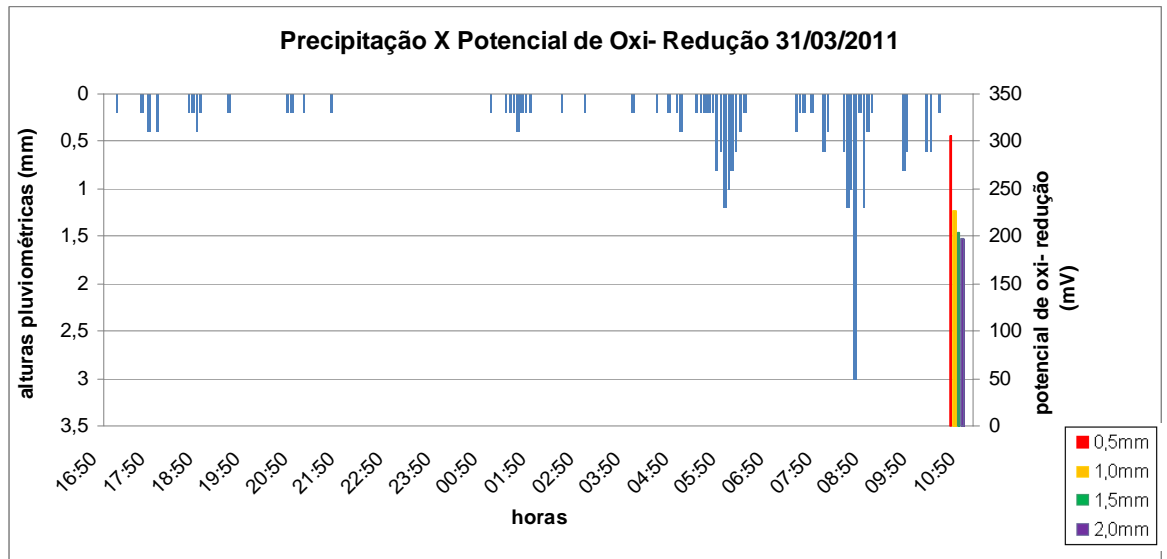




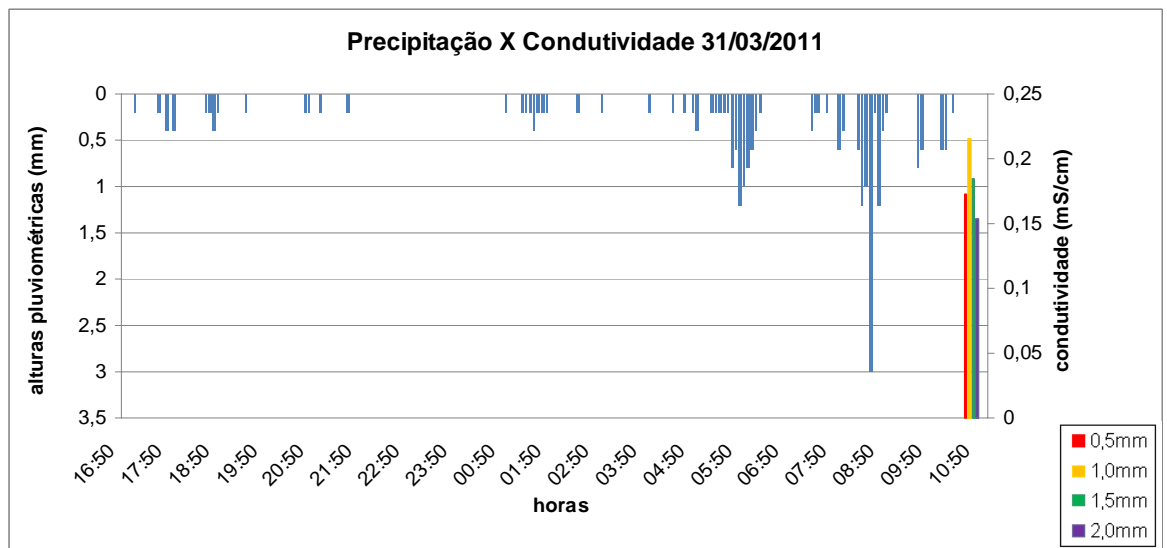
**Figura 75.** Precipitação versus temperatura da coleta do dia 31/03/2011.



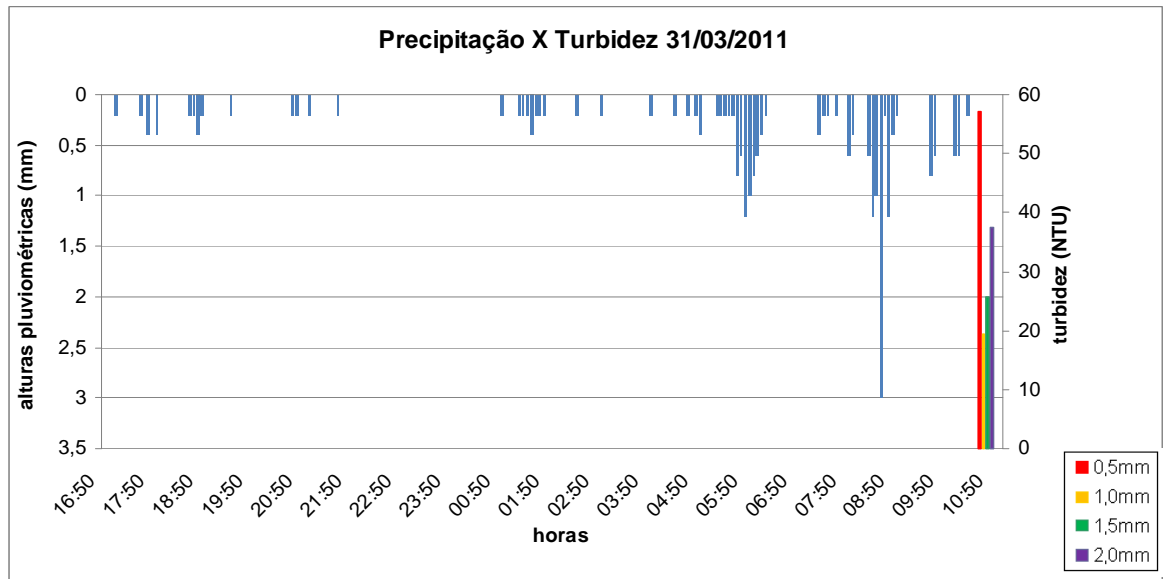
**Figura 38.** Precipitação versus pH da coleta do dia 31/03/2011.



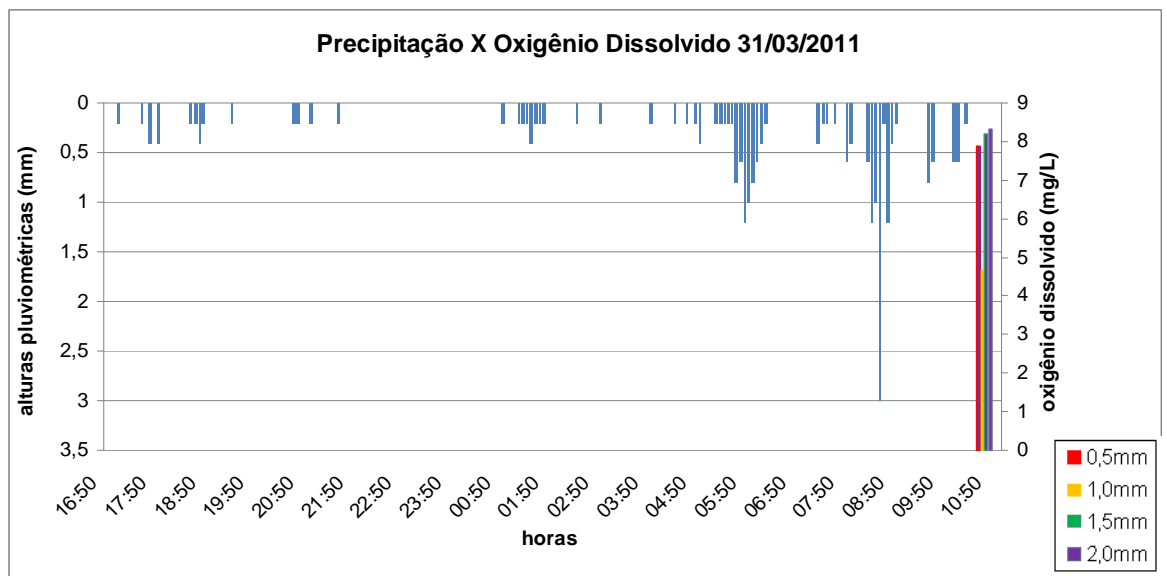
**Figura 76.** Precipitação *versus* potencial de oxi- redução da coleta do dia 31/03/2011.



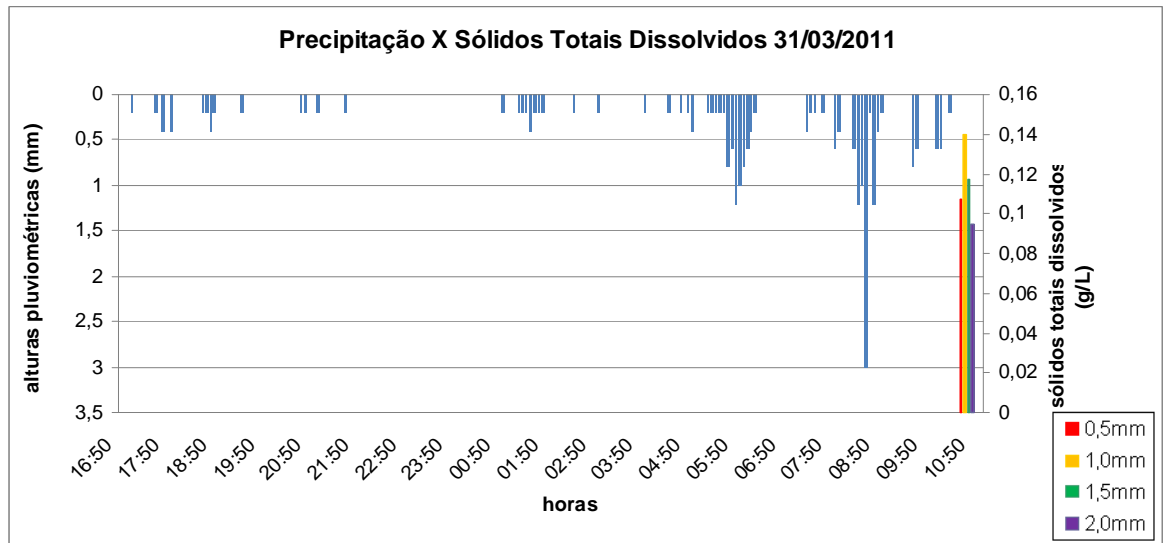
**Figura 77.** Precipitação *versus* condutividade da coleta do dia 31/03/2011.



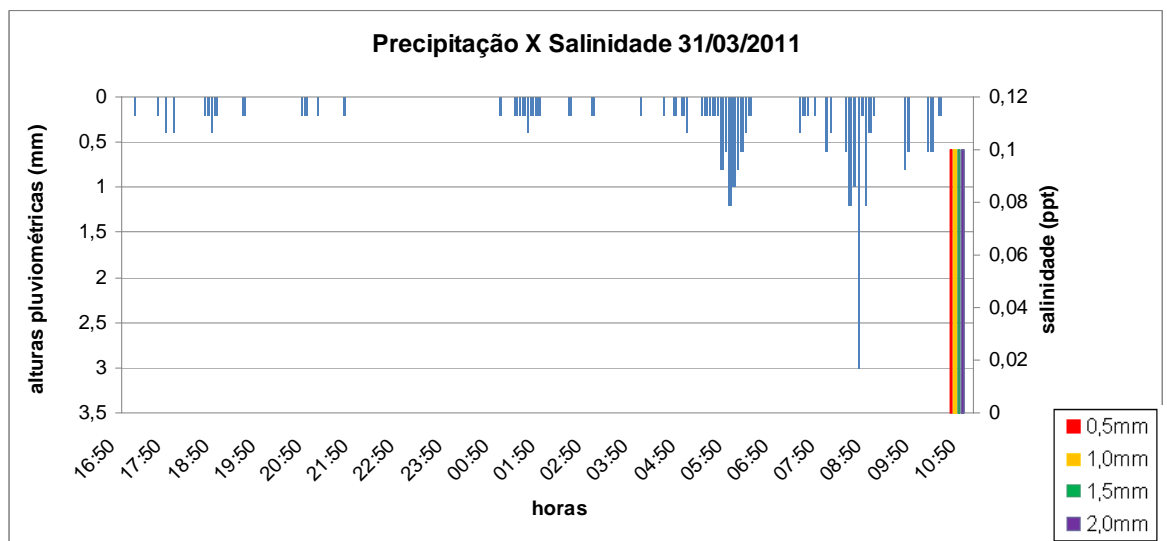
**Figura 78.** Precipitação *versus* turbidez da coleta do dia 31/03/2011.



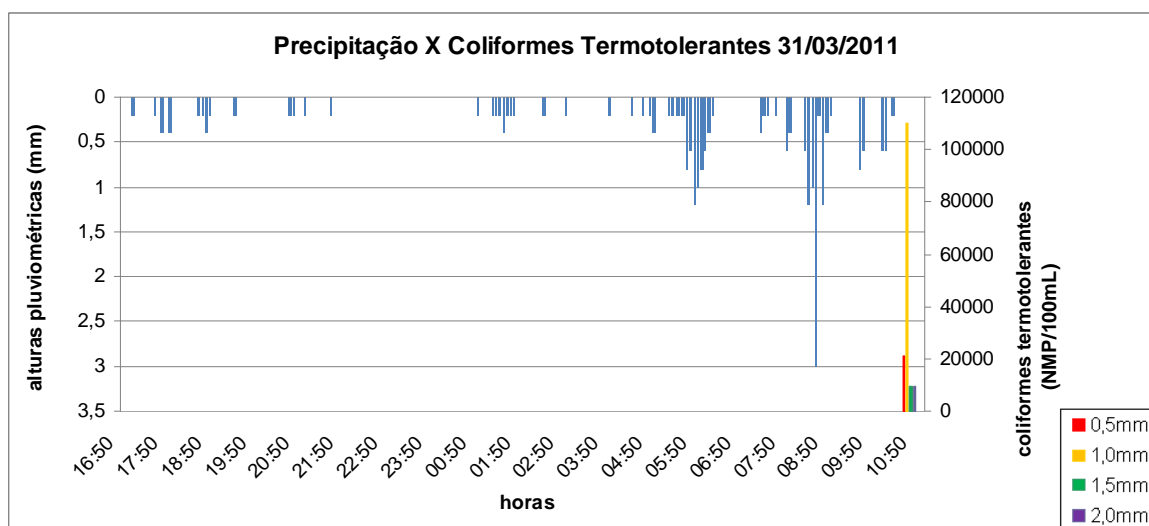
**Figura 79.** Precipitação *versus* oxigênio dissolvido da coleta do dia 31/03/2011.



**Figura 80.** Precipitação *versus* sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 31/03/2011.



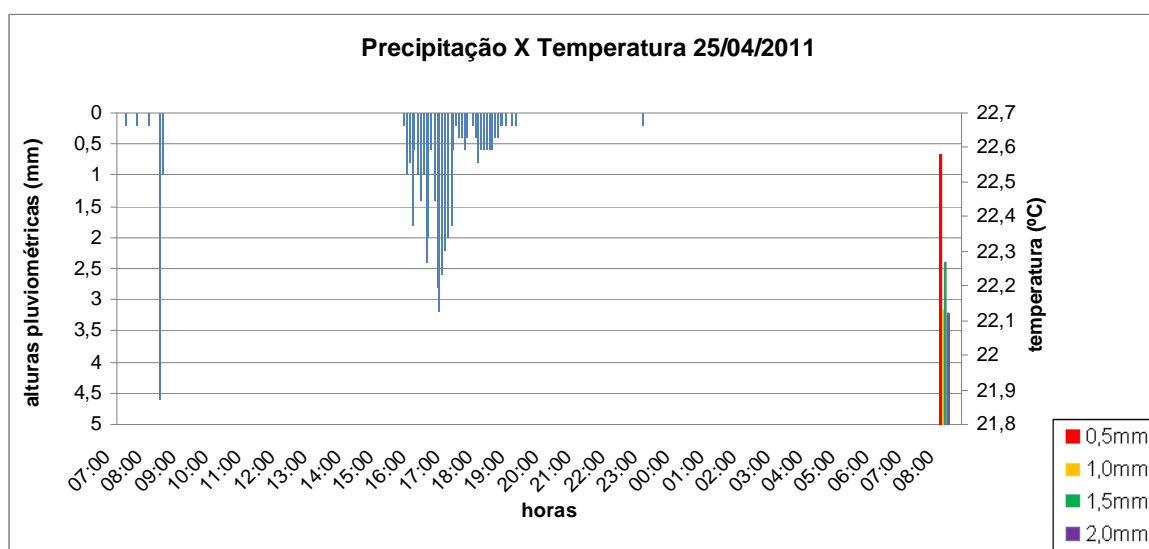
**Figura 81.** Precipitação *versus* salinidade da coleta do dia 31/03/2011.



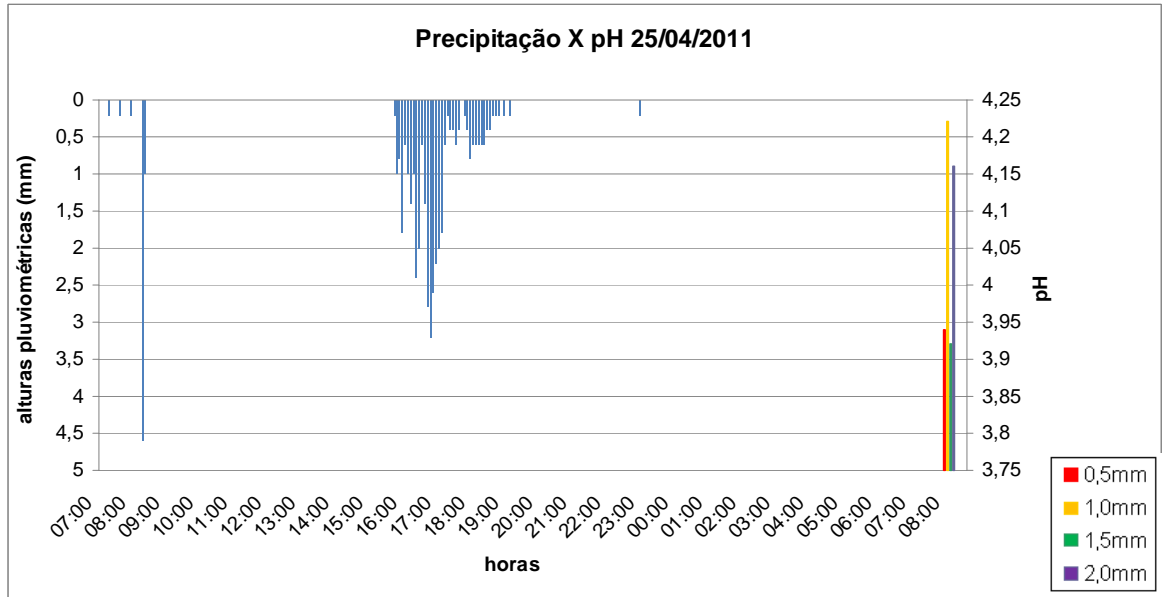
**Figura 82.** Precipitação versus coliformes termotolerantes da coleta do dia 31/03/2011.

**Tabela 15.** Dados encontrados na coleta do dia 25/04/2011.

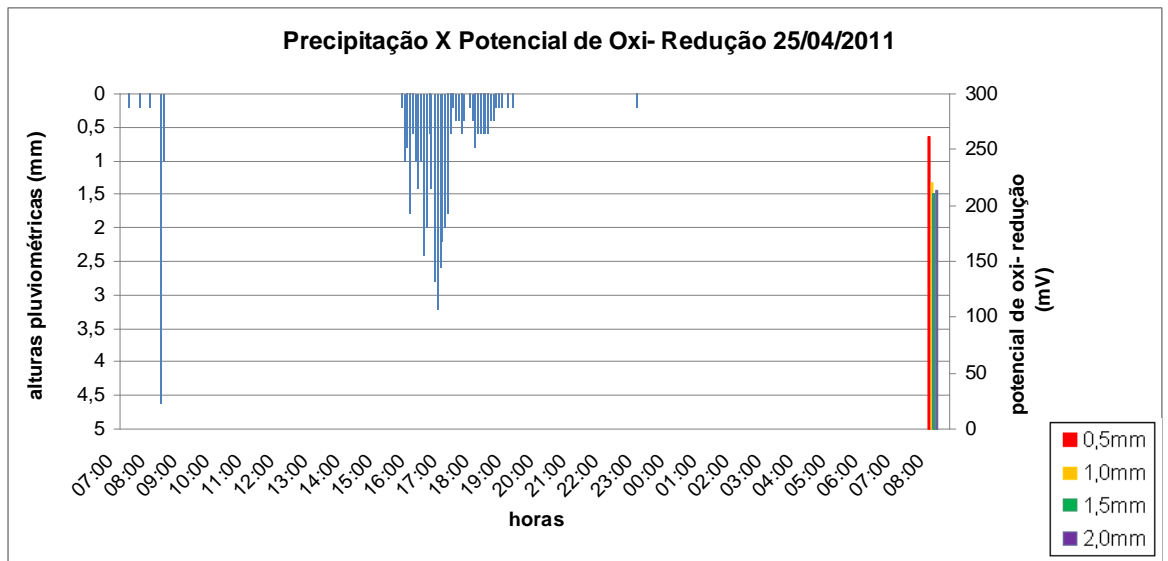
<b>Total Precipitado: 44,0 mm</b>					
		0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm
<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>25/04/2011 07:53:16</b>	<b>25/04/2011 07:56:15</b>	<b>25/04/2011 07:59:12</b>	<b>25/04/2011 08:02:23</b>
Temperatura	°C	22,58	22,13	22,27	22,12
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		3,94	4,22	3,92	4,16
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	261	220	211	213
Condutividade	mS/cm	0,249	0,207	0,144	0,119
Turbidez	NTU	235	471	182	277
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	3,11	6,72	4,03	8,75
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,162	0,134	0,094	0,075
Salinidade	ppt	0,1	0,1	0,1	0,1
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	28000	110000	46000	110000



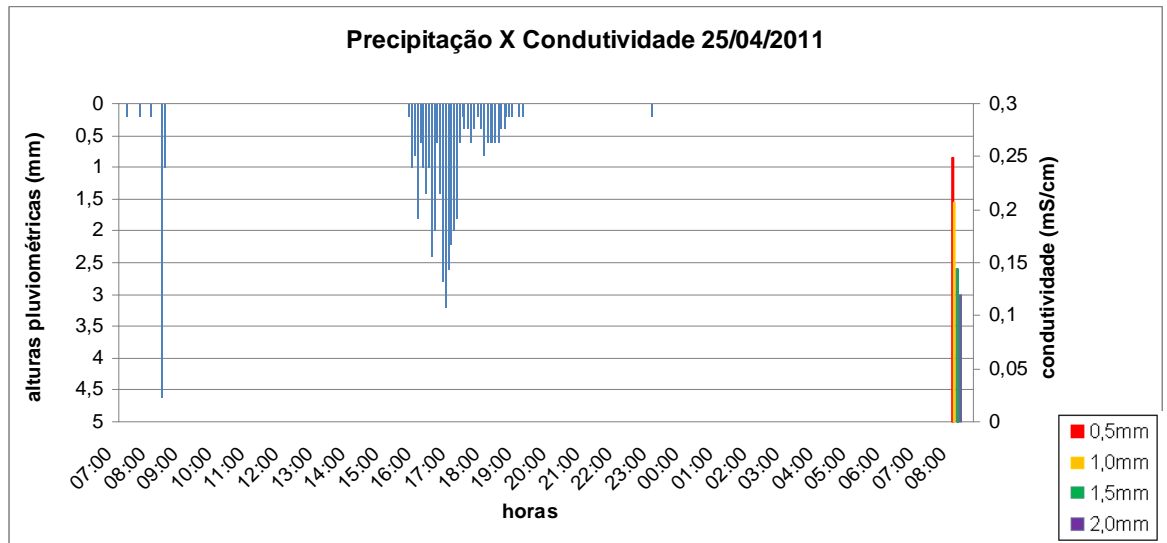
**Figura 83.** Precipitação versus temperatura da coleta do dia 25/04/2011.



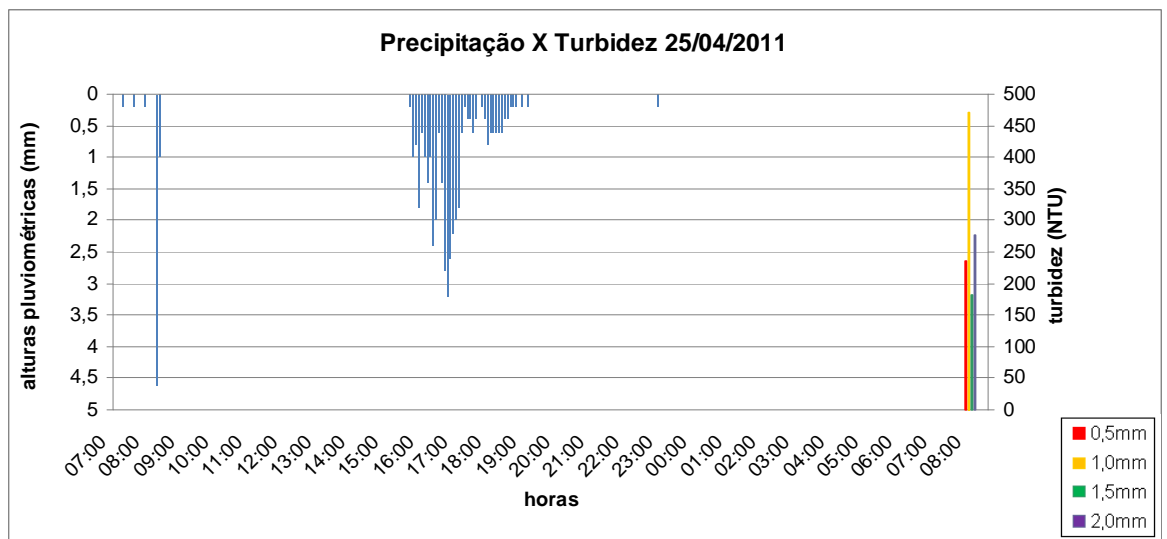
**Figura 39.** Precipitação versus pH da coleta do dia 25/04/2011.



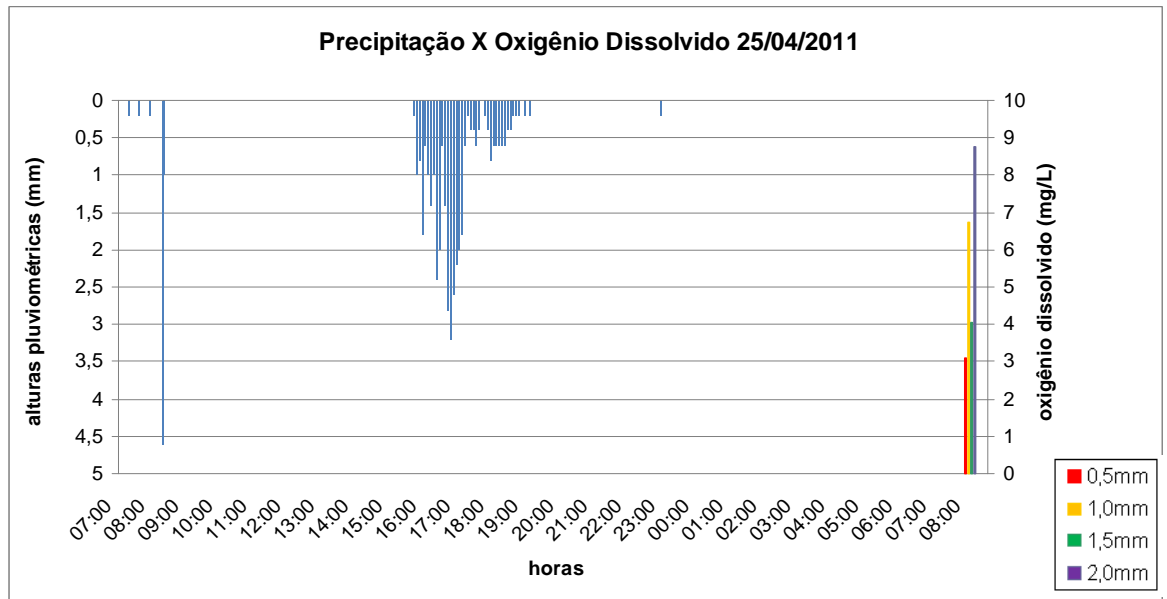
**Figura 84.** Precipitação versus potencial de oxi- redução da coleta do dia 25/04/2011.



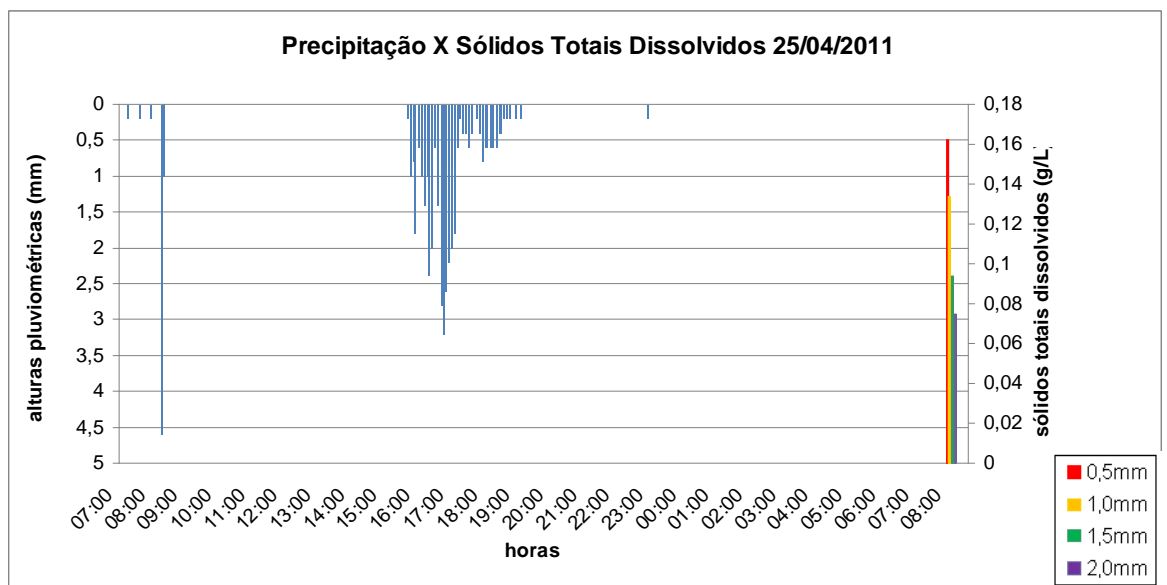
**Figura 85.** Precipitação *versus* condutividade da coleta do dia 25/04/2011.



**Figura 86.** Precipitação *versus* turbidez da coleta do dia 25/04/2011.

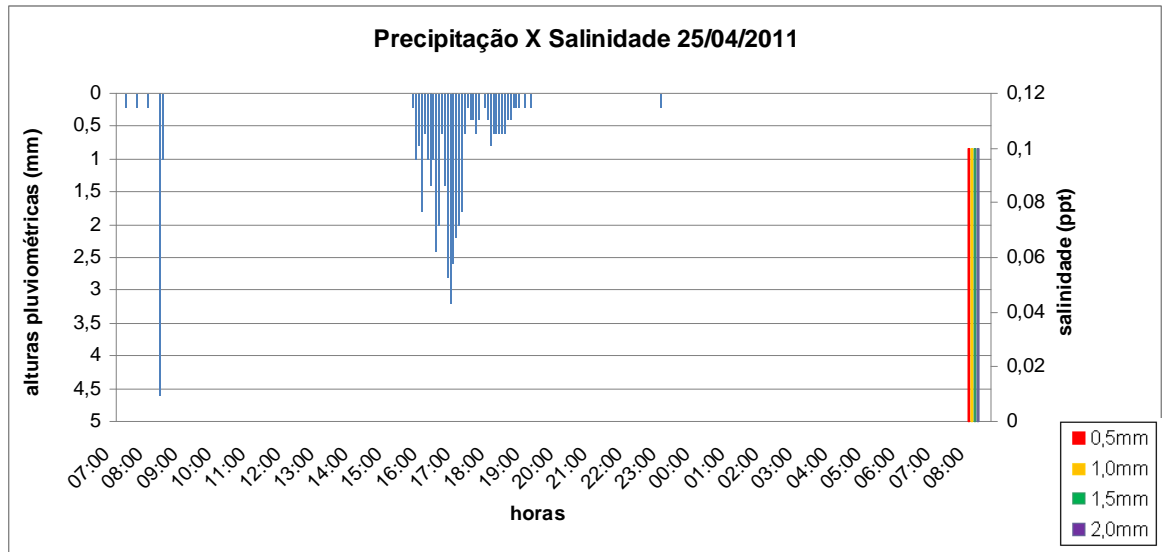


**Figura 87.** Precipitação versus oxigênio dissolvido da coleta do dia 25/04/2011.

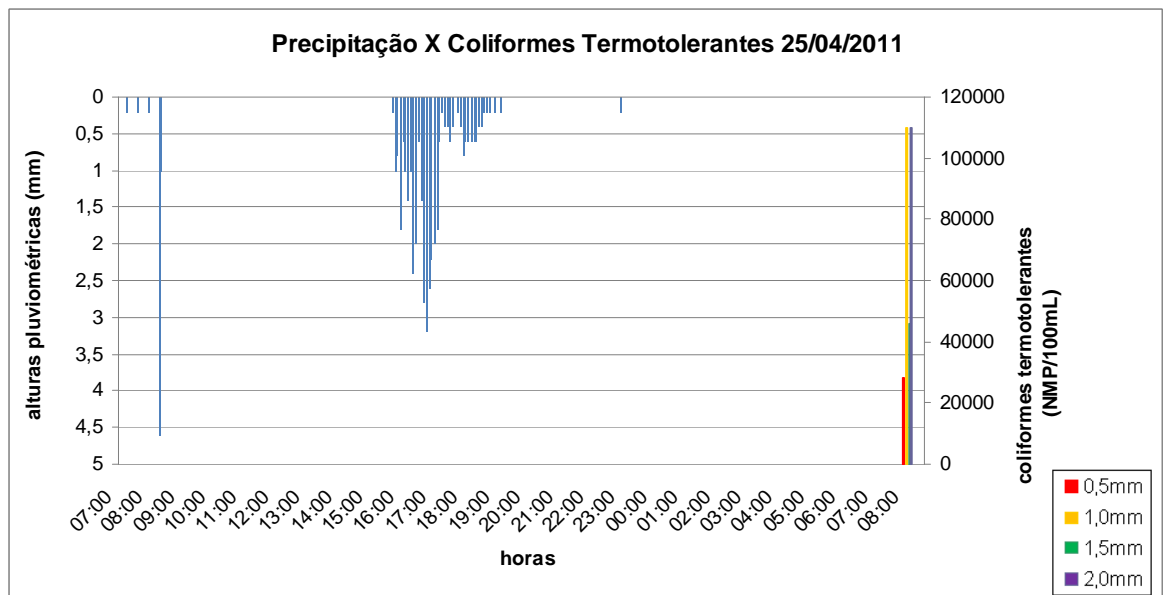


**Figura 88.** Precipitação versus sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 25/04/2011.





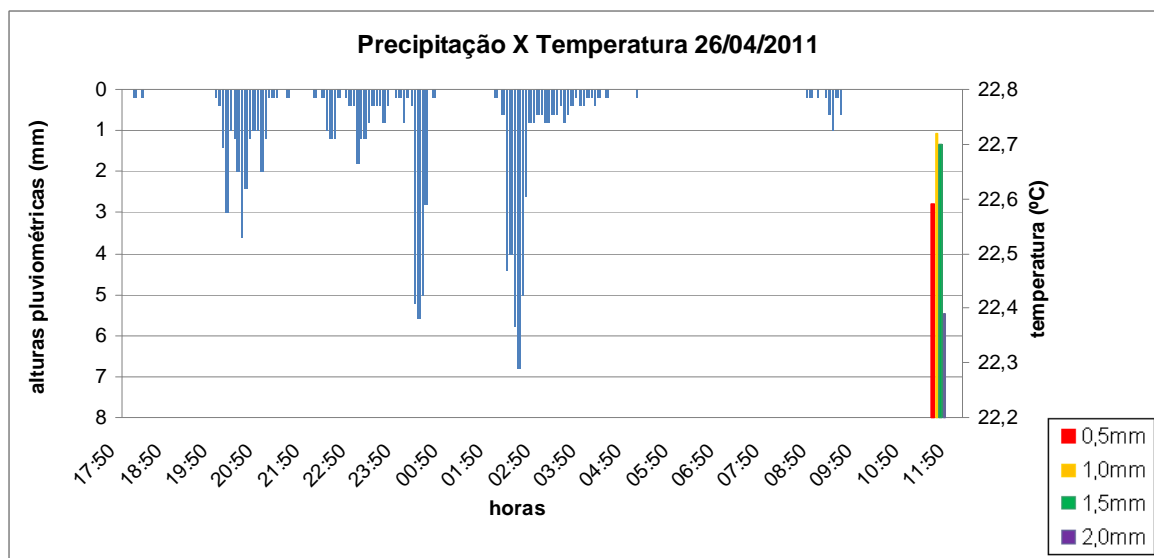
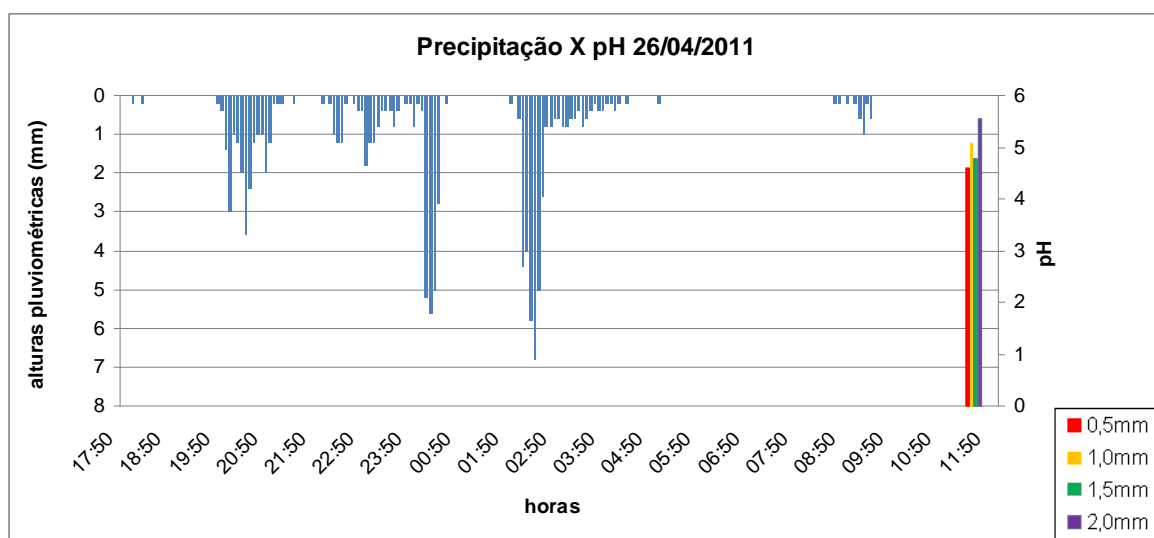
**Figura 89.** Precipitação *versus* salinidade da coleta do dia 25/04/2011.

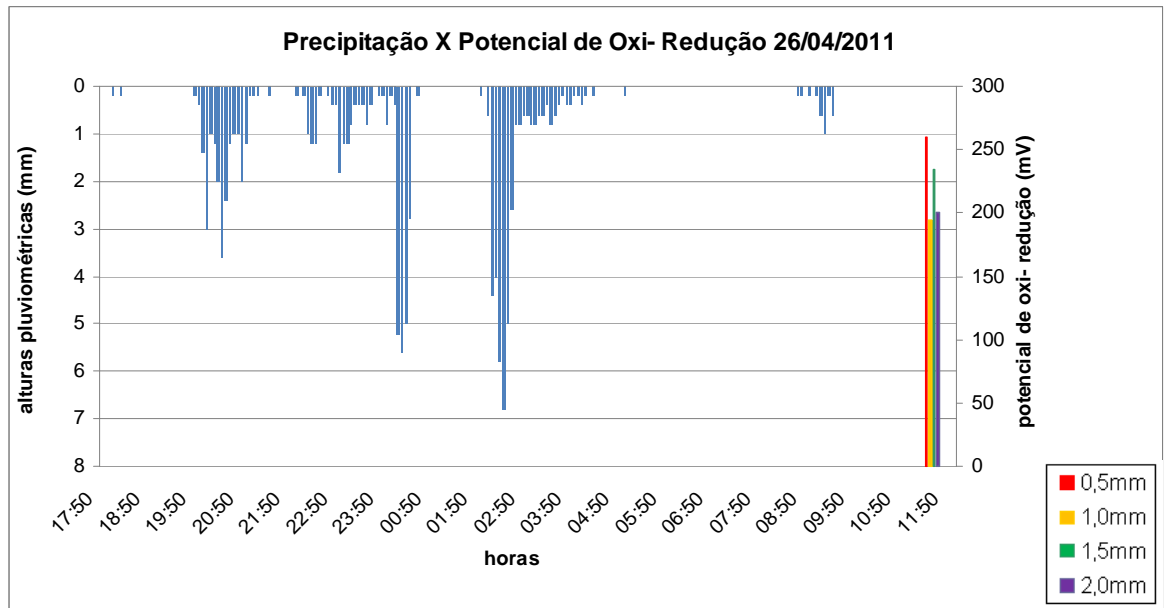


**Figura 90.** Precipitação *versus* coliformes termotolerantes da coleta do dia 25/04/2011.

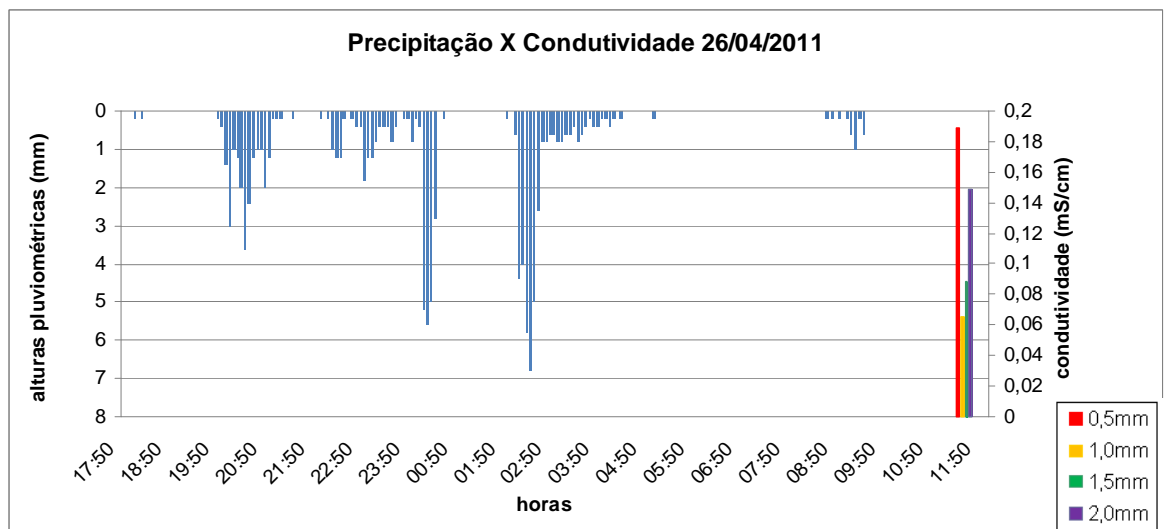
**Tabela 16.** Dados encontrados na coleta do dia 26/04/2011.

Total Precipitado: 98,6 mm					
		0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm
Parâmetro	Unidade	26/04/2011 11:23:32	26/04/2011 11:26:28	26/04/2011 11:30:30	26/04/2011 11:39:44
Temperatura	°C	22,59	22,72	22,7	22,39
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		4,61	5,08	4,77	5,55
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	260	194	234	201
Condutividade	mS/cm	0,189	0,065	0,088	0,149
Turbidez	NTU	123	263	129	76,5
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	7,14	8,29	7,9	7,29
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,123	0,04	0,055	0,097
Salinidade	ppt	0,1	0	0	0,1
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	110000	110000	240000	240000

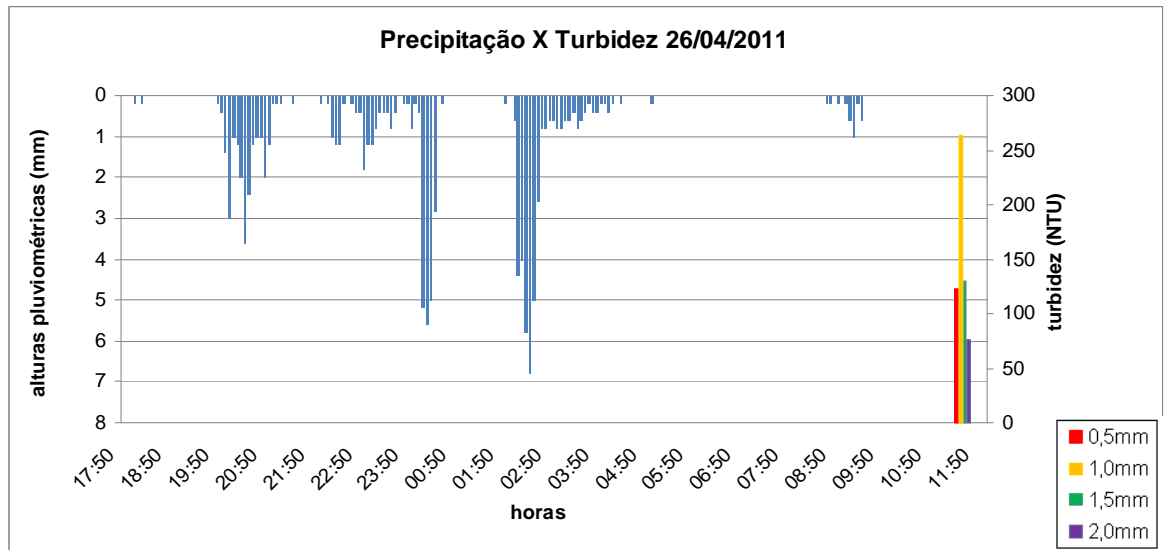
**Figura 91.** Precipitação *versus* temperatura da coleta do dia 26/04/2011.**Figura 40.** Precipitação *versus* pH da coleta do dia 26/04/2011.



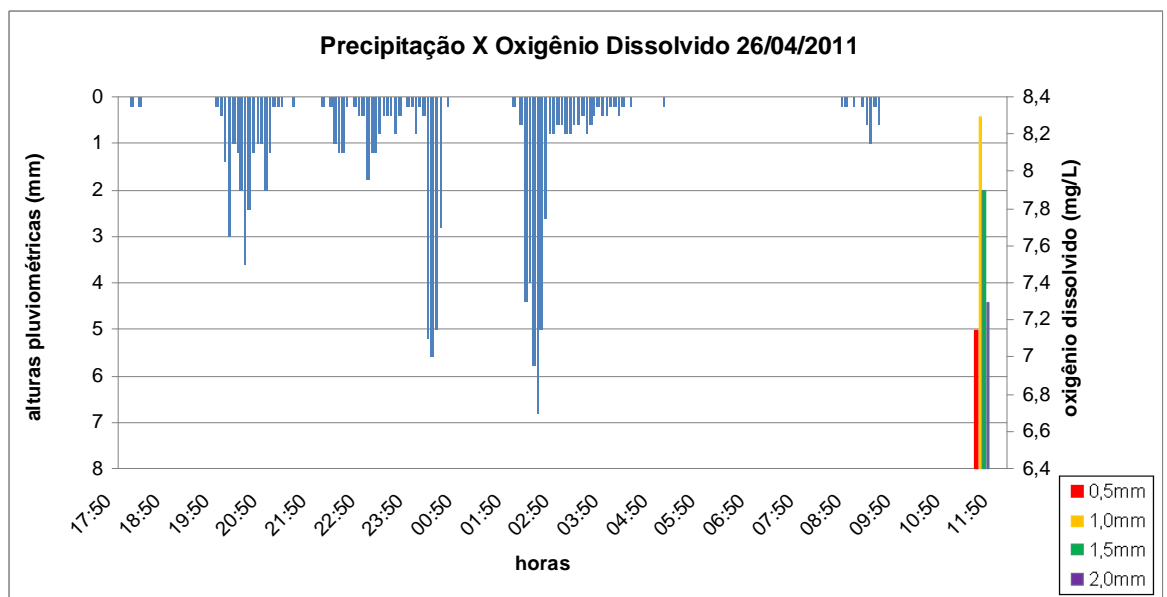
**Figura 92.** Precipitação versus potencial de oxi- redução da coleta do dia 26/04/2011.



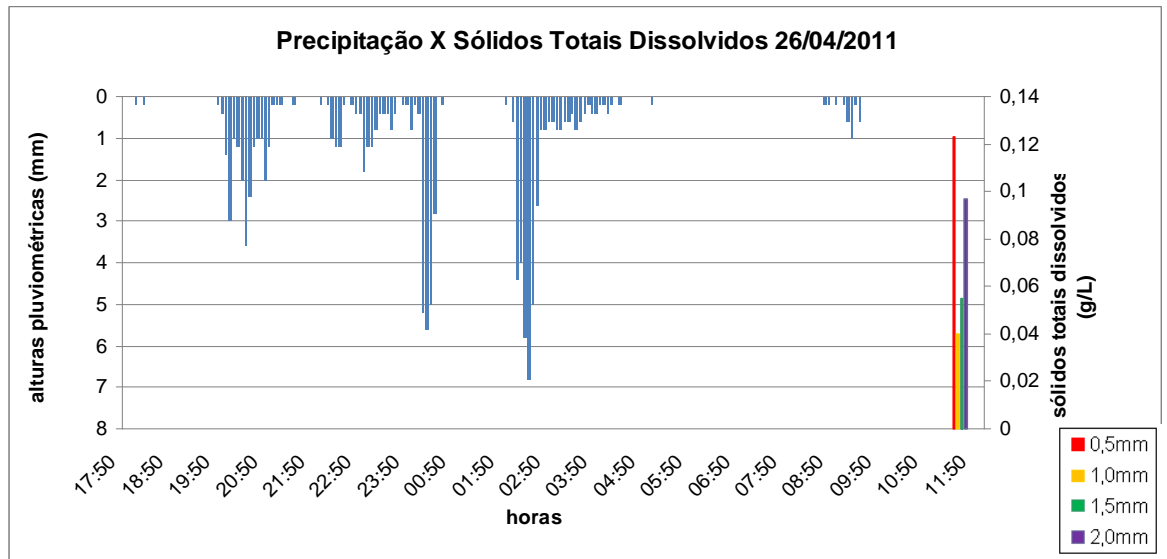
**Figura 93.** Precipitação versus condutividade da coleta do dia 26/04/2011.



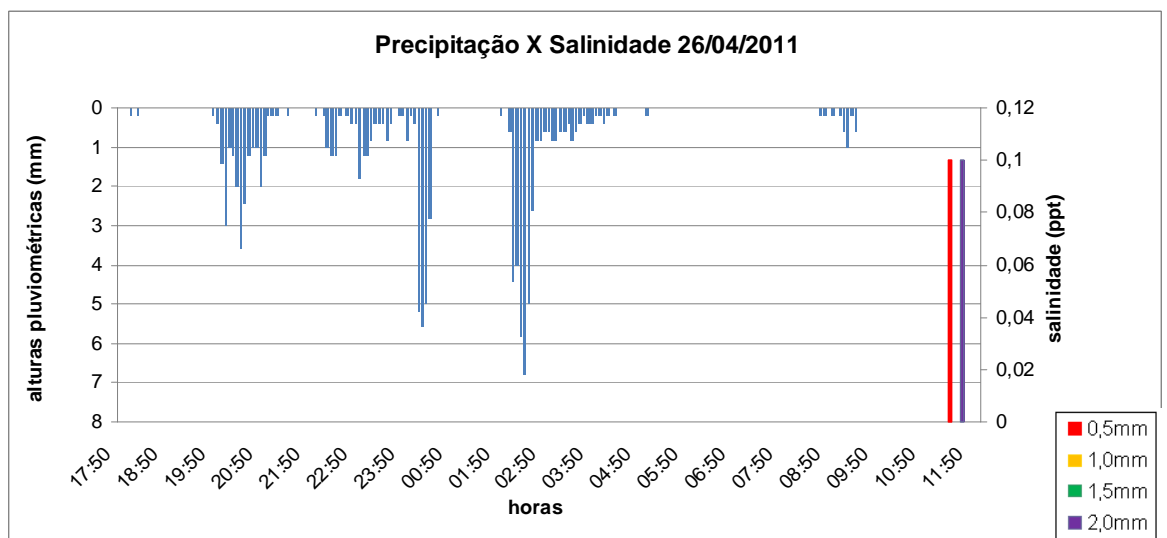
**Figura 94.** Precipitação *versus* turbidez da coleta do dia 26/04/2011.



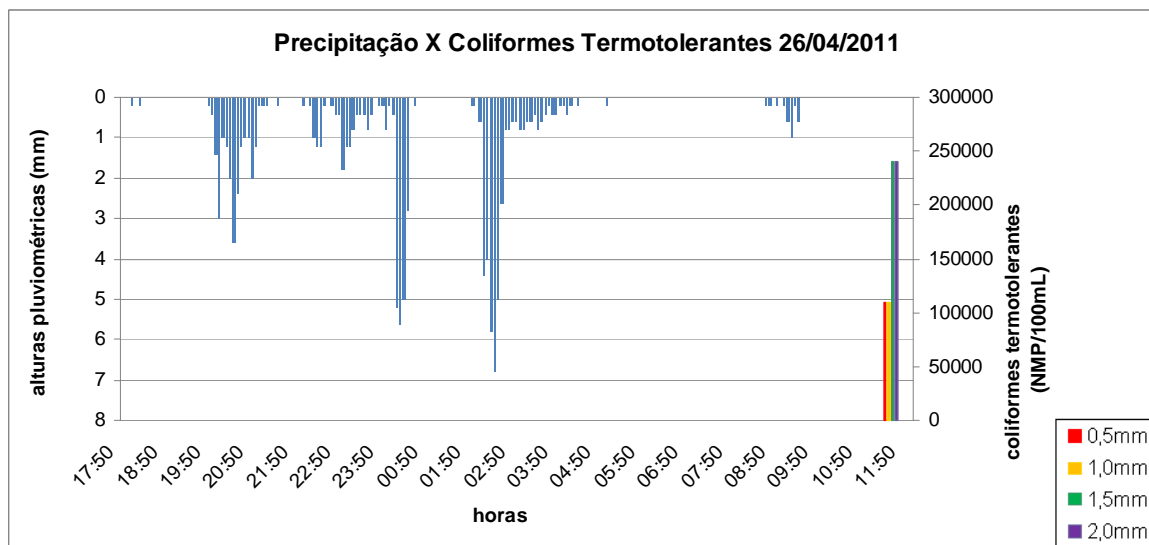
**Figura 95.** Precipitação *versus* oxigênio dissolvido da coleta do dia 26/04/2011.



**Figura 96.** Precipitação *versus* sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 26/04/2011.



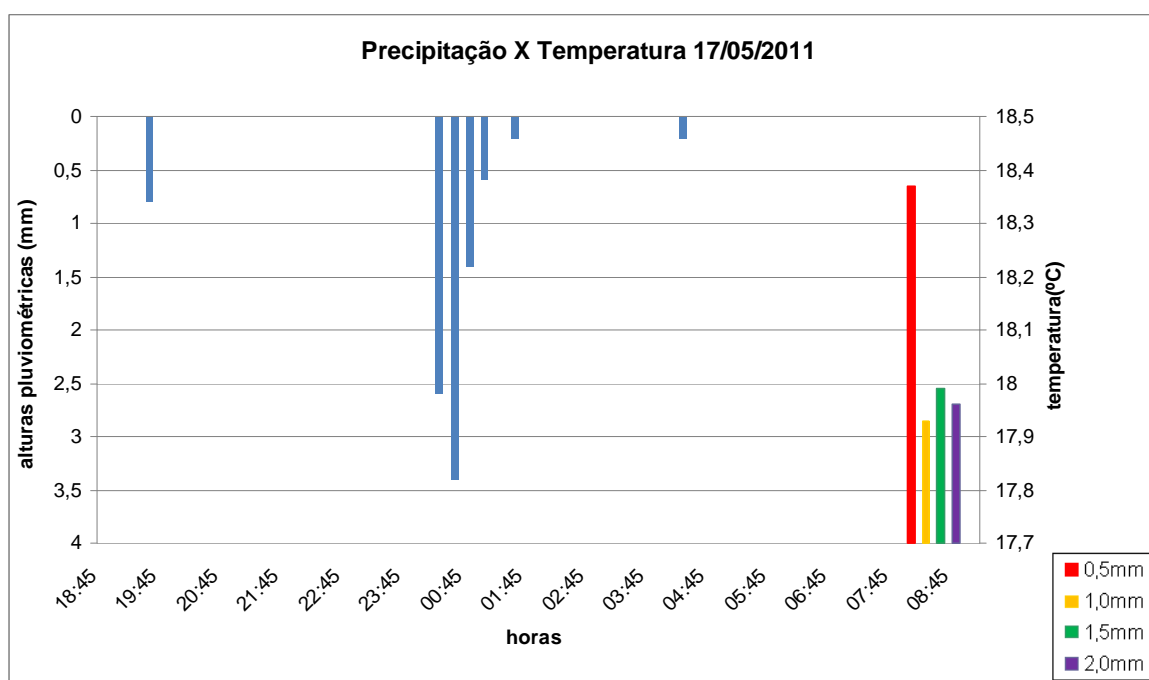
**Figura 97.** Precipitação *versus* salinidade da coleta do dia 26/04/2011.



**Figura 98.** Precipitação versus coliformes termotolerantes da coleta do dia 26/04/2011.

**Tabela 17.** Dados encontrados na coleta do dia 17/05/2011.

Total Precipitado: 9,2 mm					
		0.5 mm	1.0 mm	1.5 mm	2.0 mm
Parâmetro	Unidade	17/05/2011 07:55:19	17/05/2011 07:57:47	17/05/2011 08:00:35	17/05/2011 08:03:40
Temperatura	°C	18,37	17,93	17,99	17,96
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		4,19	4,3	4,52	4,54
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	285	295	290	262
Condutividade	mS/cm	0,142	0,116	0,14	0,127
Turbidez	NTU	6,5	76,7	15,5	39,4
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	6,51	8,17	8,06	8,56
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,092	0,076	0,091	0,083
Salinidade	ppt	0,1	0,1	0,1	0,1
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	4300	15000	24000	46000



**Figura 99.** Precipitação versus temperatura da coleta do dia 17/05/2011.

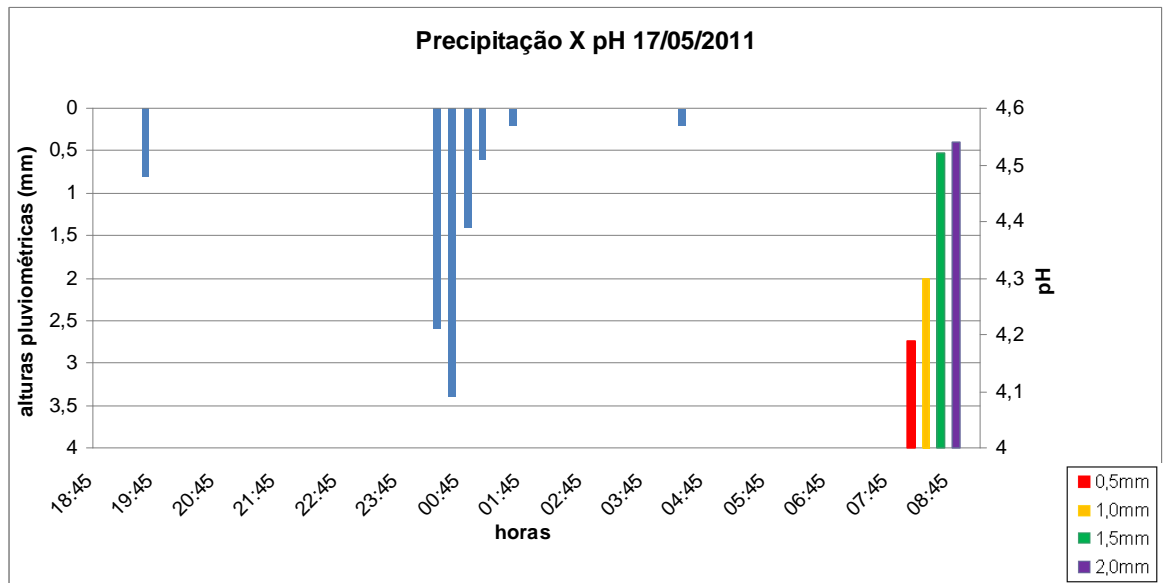


Figura 41. Precipitação versus pH da coleta do dia 17/05/2011.

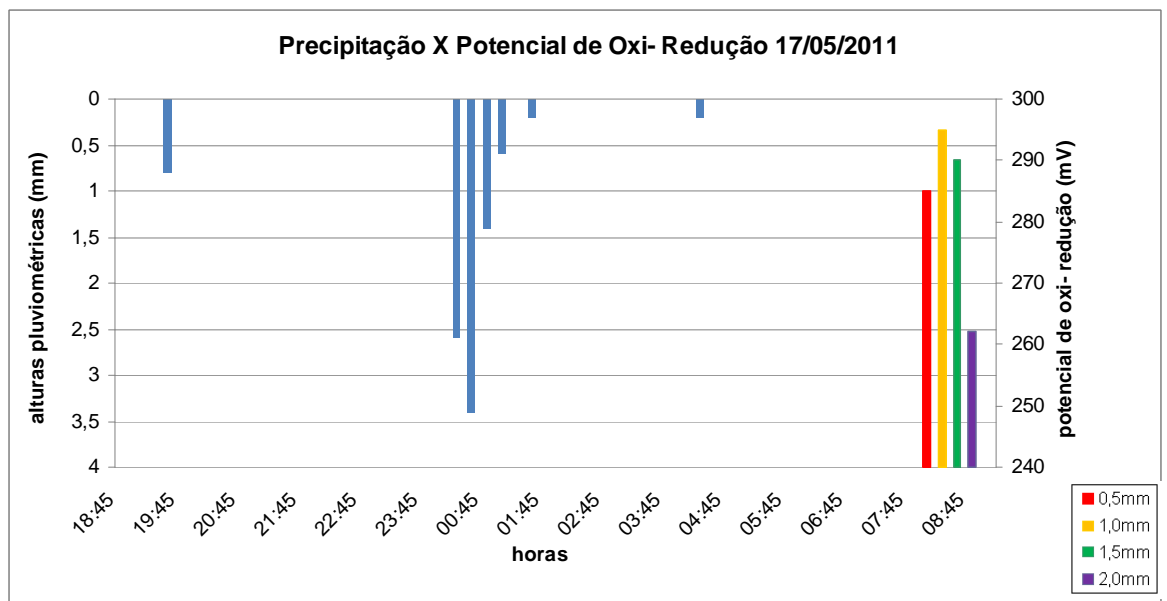
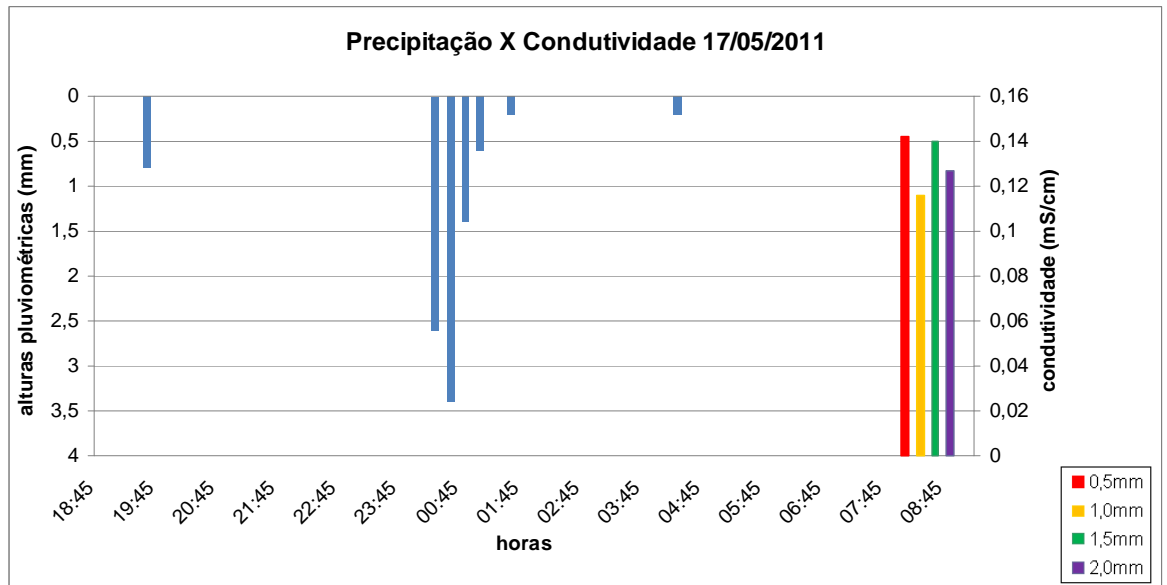
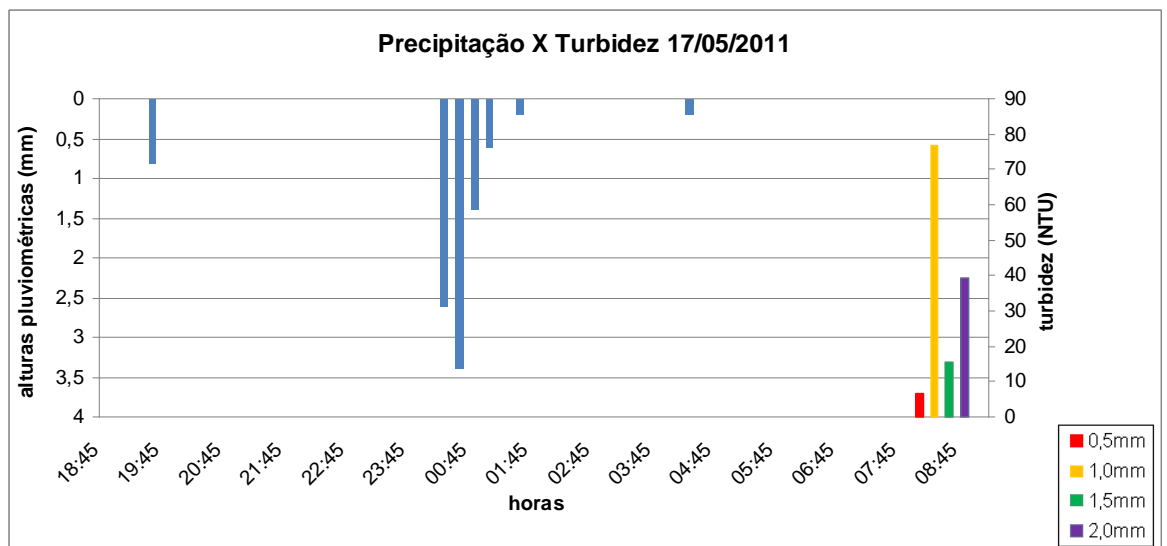


Figura 100. Precipitação versus potencial de oxi- redução da coleta do dia 17/05/2011.

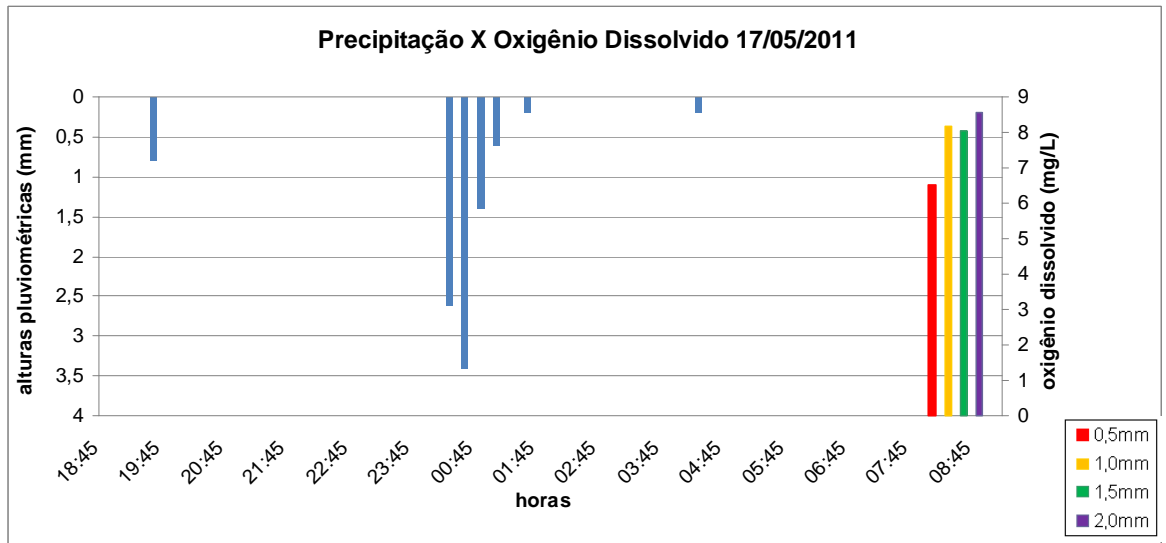


**Figura 101.** Precipitação *versus* condutividade da coleta do dia 17/05/2011.

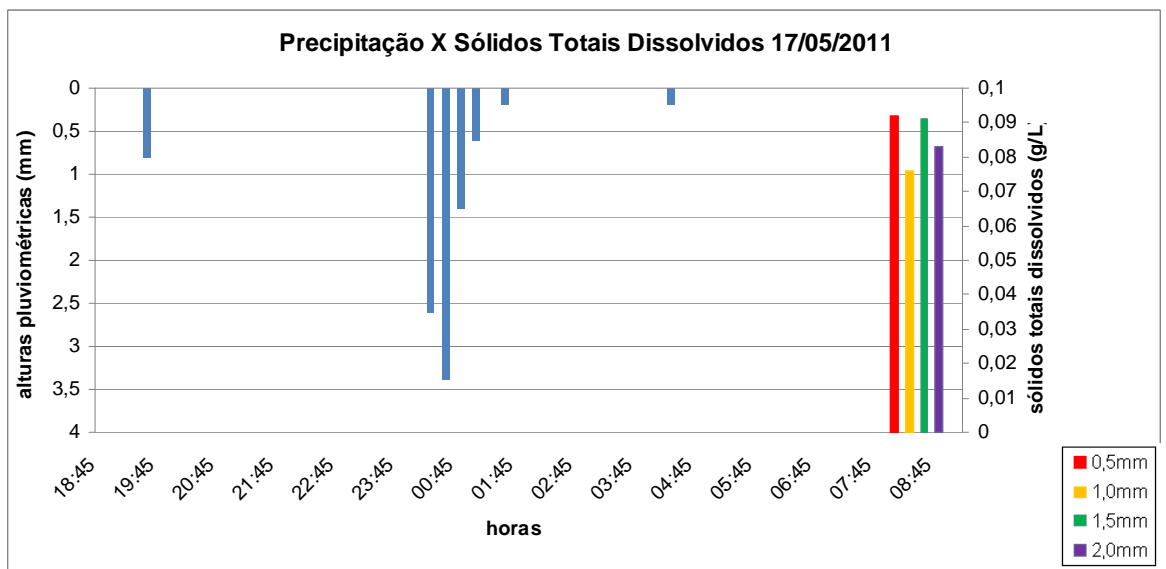


**Figura 102.** Precipitação *versus* turbidez da coleta do dia 17/05/2011.





**Figura 103.** Precipitação versus oxigênio dissolvido da coleta do dia 17/05/2011.



**Figura 104.** Precipitação versus sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 17/05/2011.

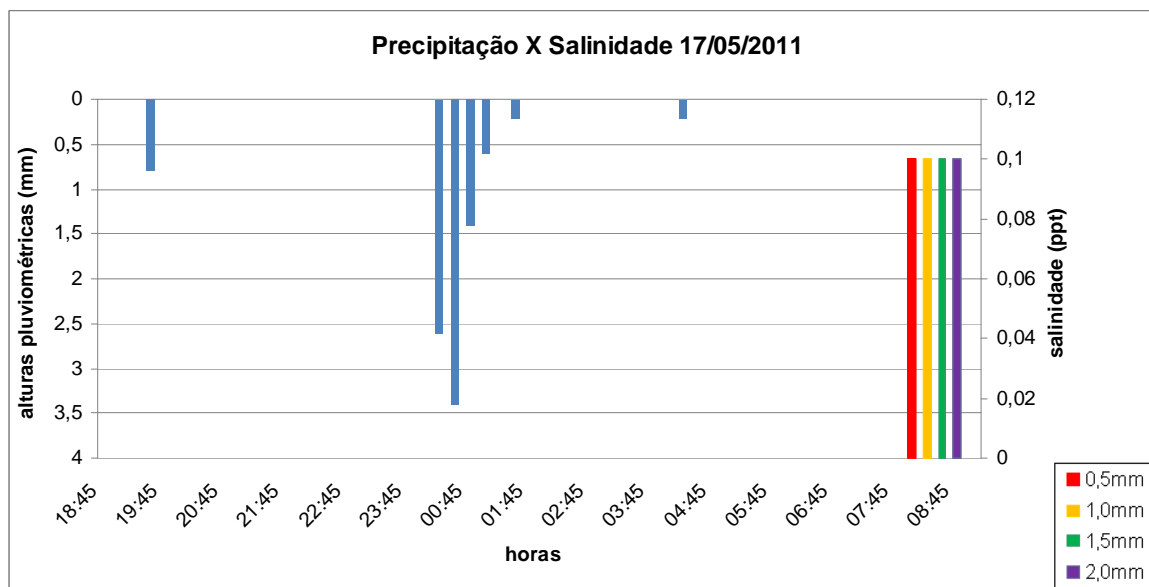


Figura 105. Precipitação versus salinidade da coleta do dia 17/05/2011.

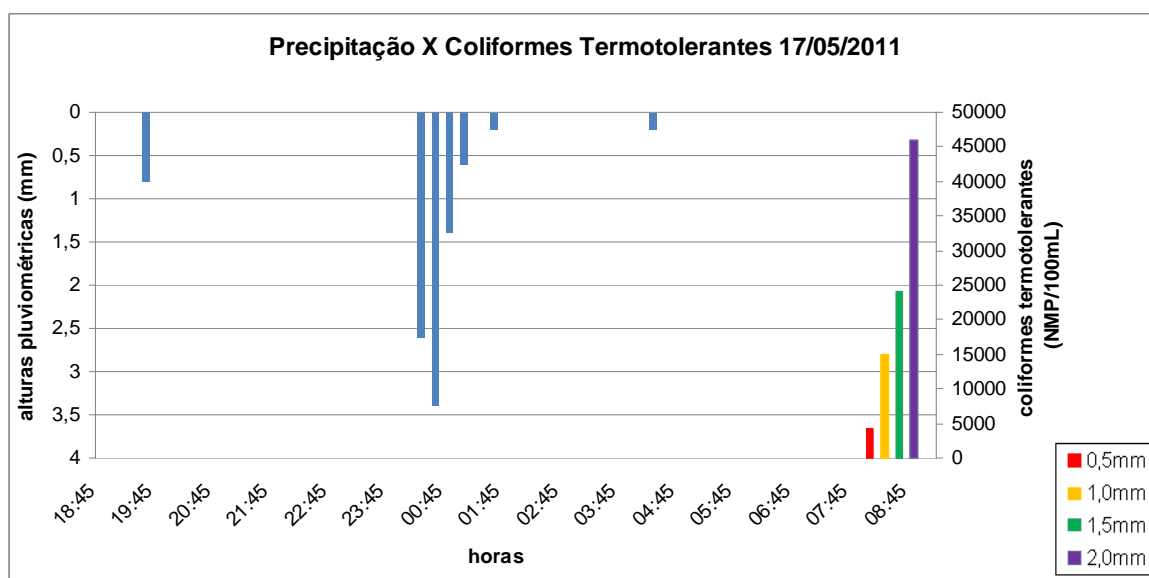
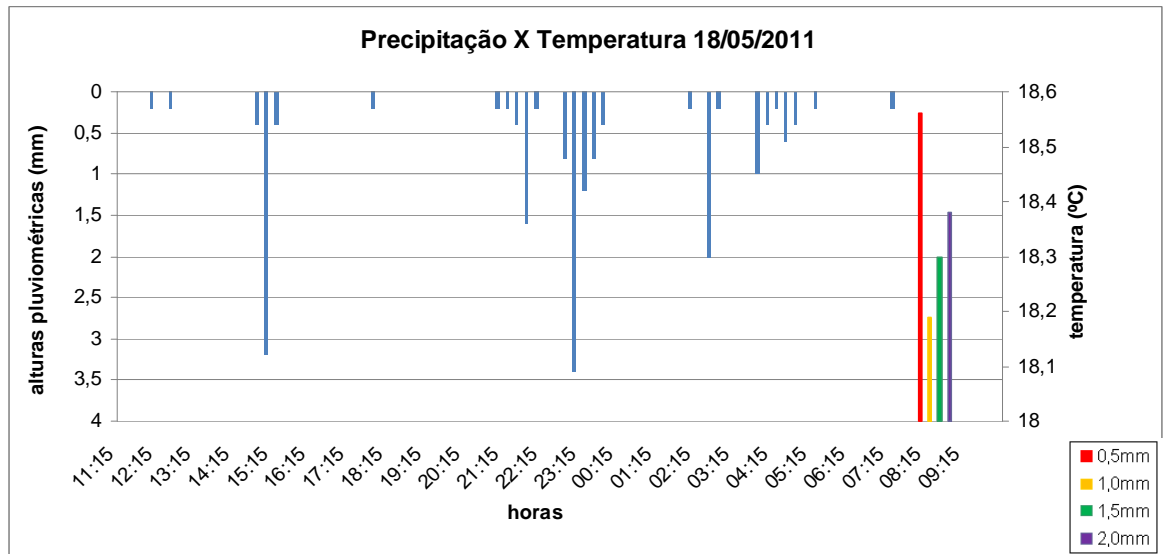


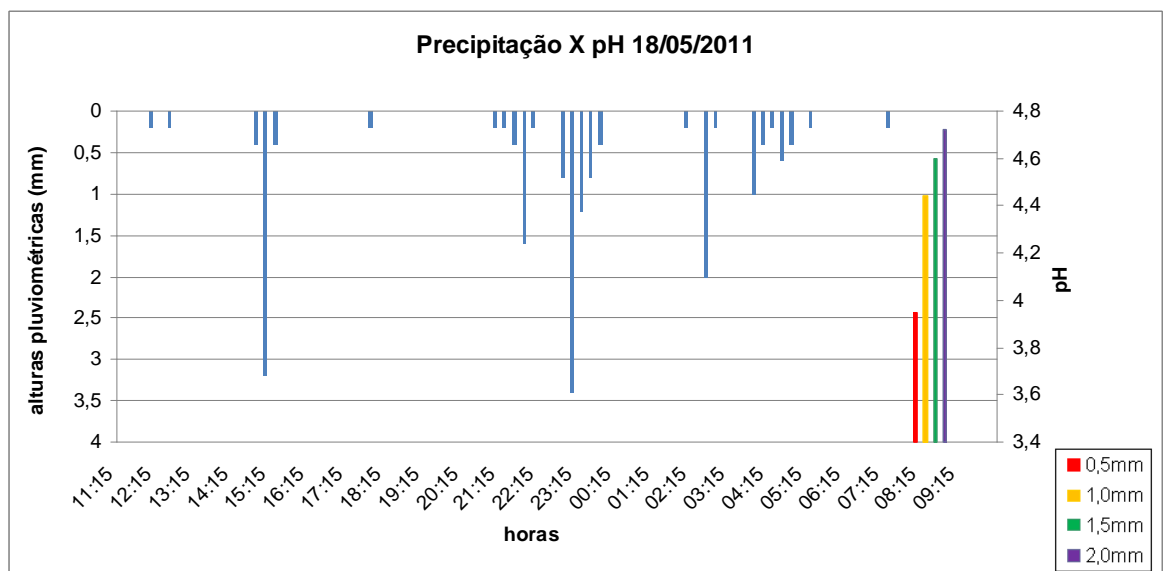
Figura 106. Precipitação versus coliformes termotolerantes da coleta do dia 17/05/2011.

Tabela 18. Dados encontrados na coleta do dia 18/05/2011.

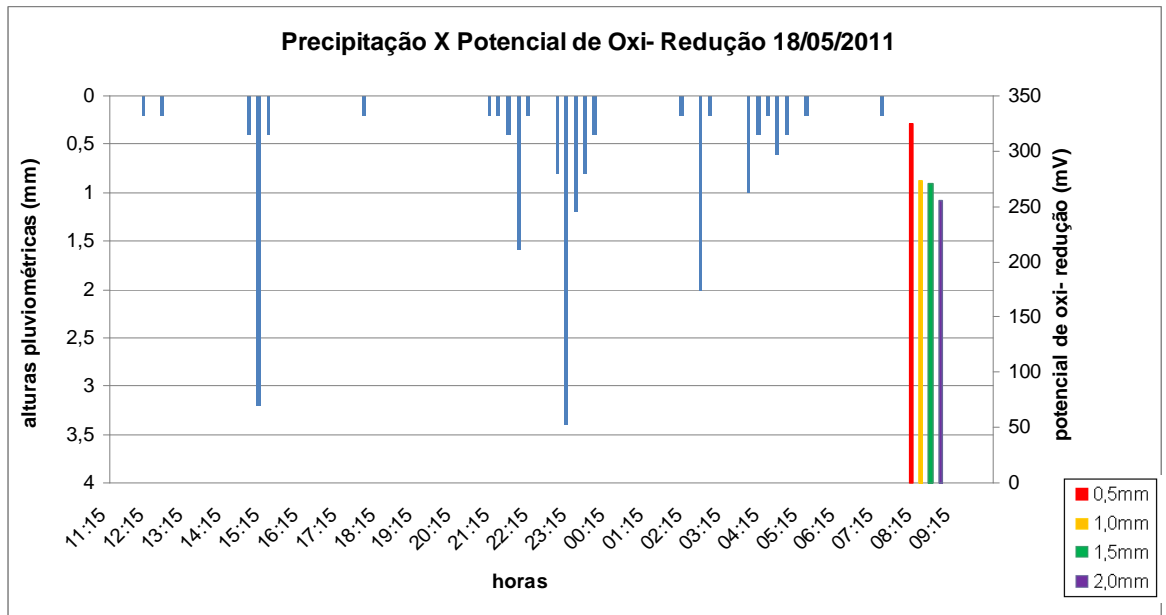
Total Precipitado: 19,2 mm		0,5 mm	1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm
Parâmetro	Unidade	18/05/2011 08:15:21	18/05/2011 08:18:04	18/05/2011 08:21:19	18/05/2011 08:24:37
Temperatura	°C	18,56	18,19	18,3	18,38
Potencial de Hidrogênio Iônico (pH)		3,95	4,44	4,6	4,72
Potencial de Oxi-redução (ORP)	mV	325	274	271	255
Condutividade	mS/cm	0,058	0,051	0,053	0,053
Turbidez	NTU	5,2	46,9	5	56
Oxigênio Dissolvido (OD)	mg/L	9,39	9,2	9,35	9,65
Sólidos Totais Dissolvidos (STD)	g/L	0,038	0,033	0,035	0,034
Salinidade	ppt	0	0	0	0
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	4300	9300	24000	110000



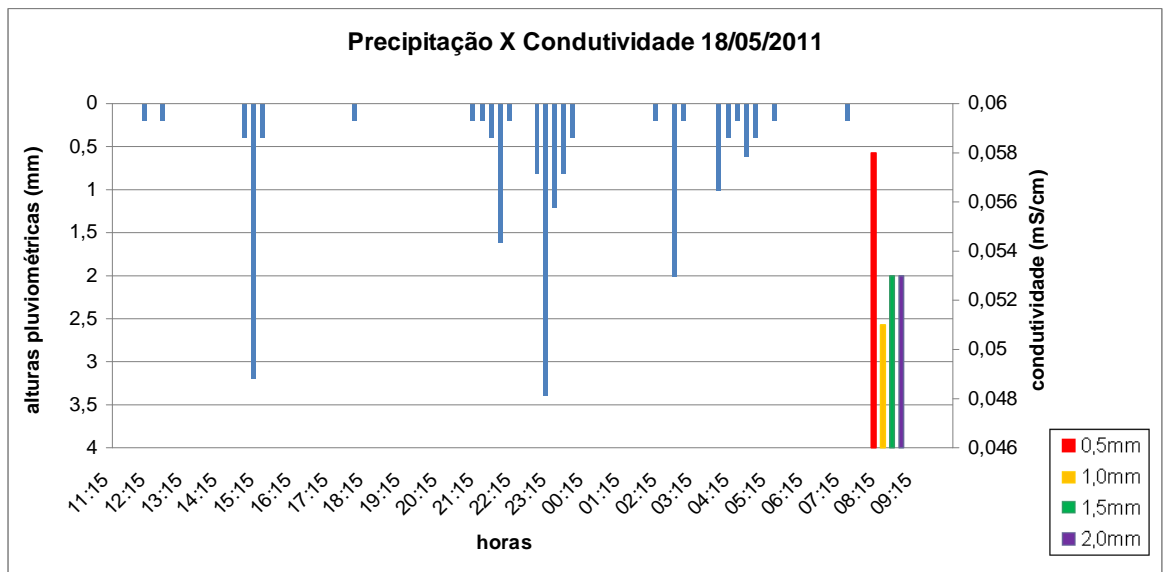
**Figura 107.** Precipitação versus temperatura da coleta do dia 18/05/2011.



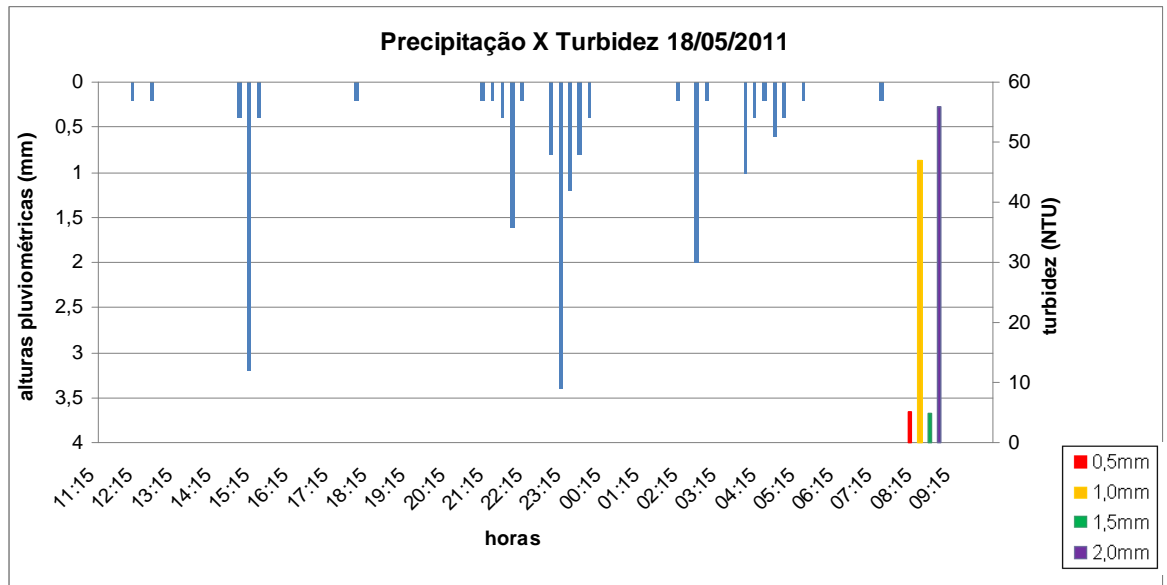
**Figura 42.** Precipitação versus pH da coleta do dia 18/05/2011.



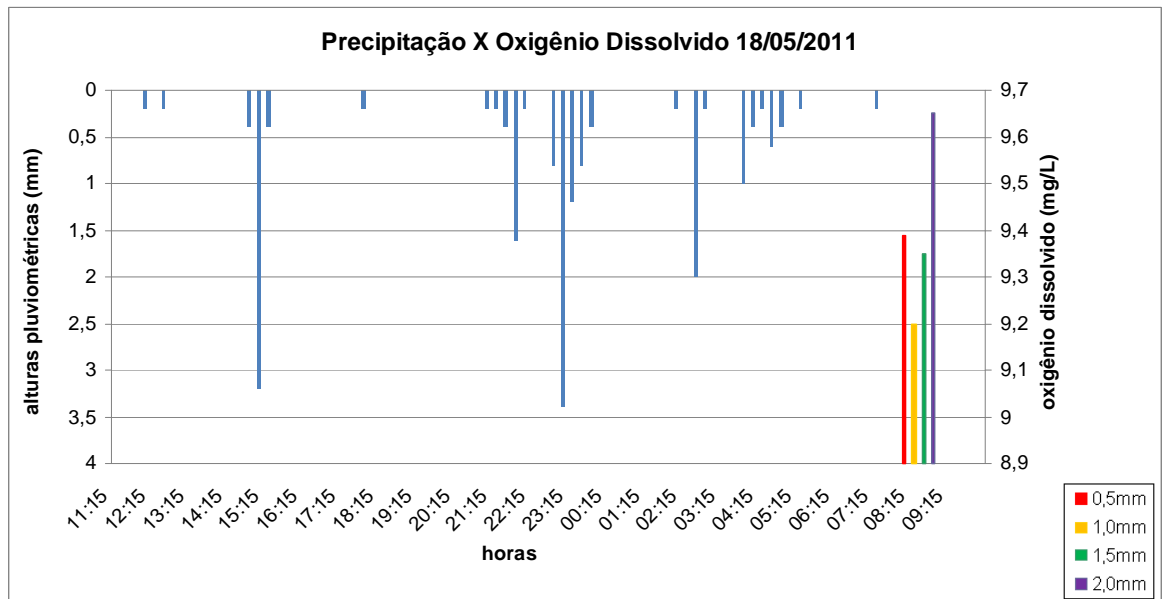
**Figura 108.** Precipitação *versus* potencial de oxi- redução da coleta do dia 18/05/2011.



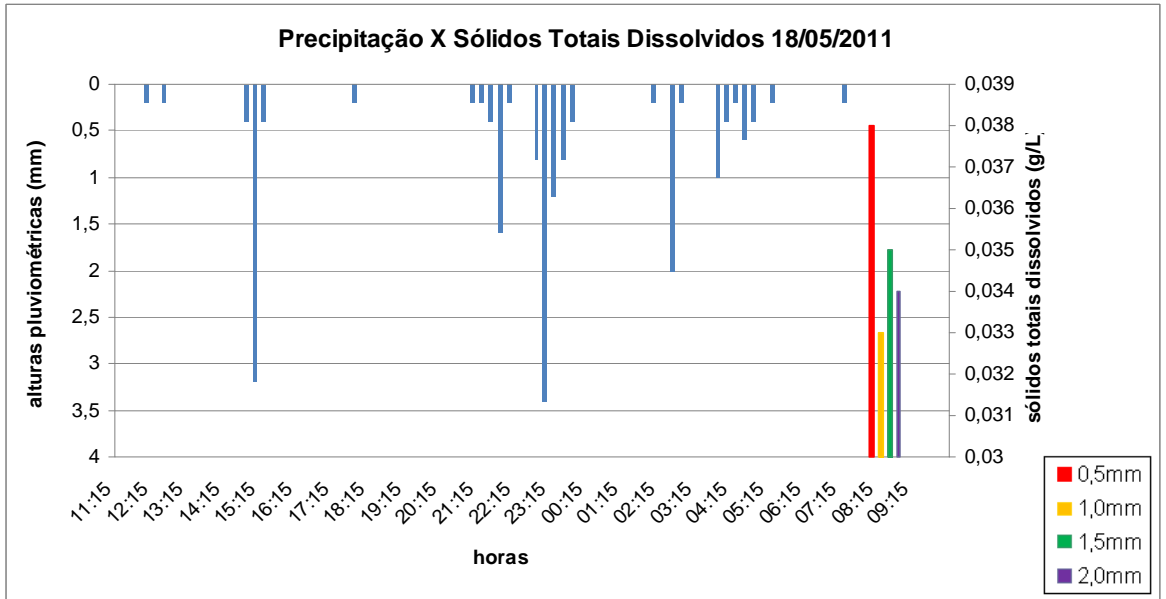
**Figura 109.** Precipitação *versus* condutividade da coleta do dia 18/05/2011.



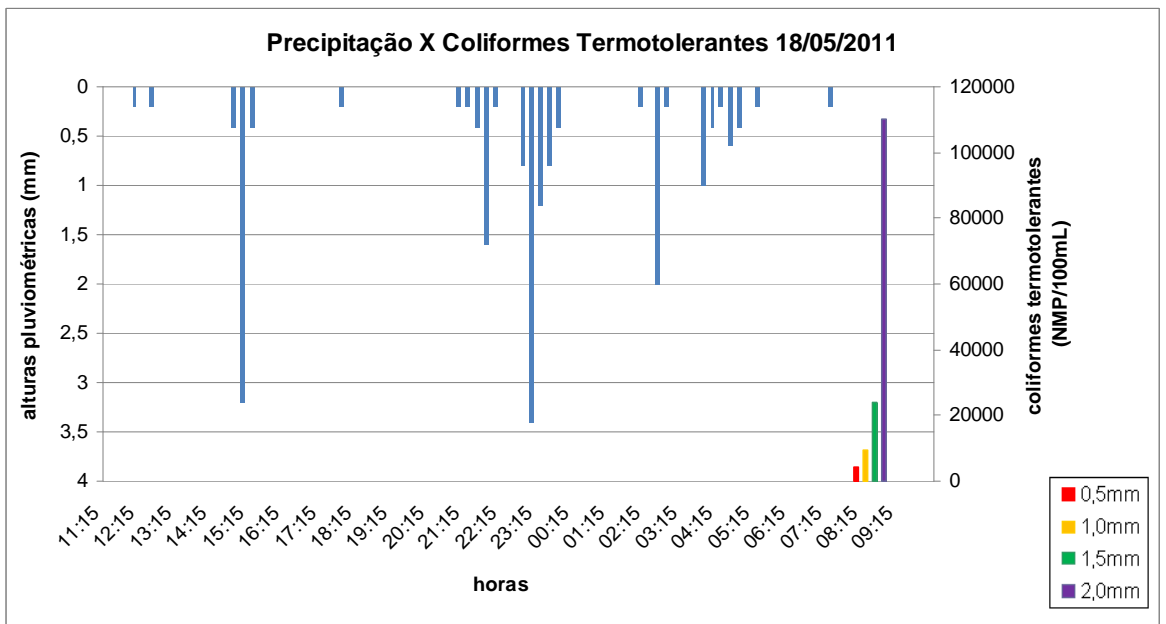
**Figura 110.** Precipitação *versus* turbidez da coleta do dia 18/05/2011.



**Figura 111.** Precipitação *versus* oxigênio dissolvido da coleta do dia 18/05/2011.



**Figura 112.** Precipitação versus sólidos totais dissolvidos da coleta do dia 18/05/2011.



**Figura 113.** Precipitação versus coliformes termotolerantes da coleta do dia 18/05/2011.