

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**MARINA BOLDO LISBOA**

***PROPOSIÇÃO E AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA  
SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA***

**Florianópolis – SC  
2011**



MARINA BOLDO LISBOA

*PROPOSIÇÃO E AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA  
SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Henrique de Melo Lisboa, Dr.

Co-orientador: Marcio Antonio Nogueira Andrade, Dr.

Florianópolis, SC  
(2011)

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária  
da  
Universidade Federal de Santa Catarina

L769p Lisboa, Marina Boldo  
Proposição e avaliação de tecnologias para sistemas de aproveitamento de água da chuva [dissertação] / Marina Boldo Lisboa ; orientador, Henrique de Melo Lisboa. - Florianópolis, SC, 2011.

215 p.: il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

Inclui referências

1. Engenharia ambiental. 2. Águas pluviais. 3. Reservatórios. 4. Ardósia. 5. Aço galvanizado. 6. Água - Qualidade. I. Lisboa, Henrique de Melo. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. III. Título.

CDU 628.4

# “PROPOSIÇÃO E AVALIAÇÃO DE TECNOLOGIAS PARA SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA”

MARINA BOLDO LISBOA

Dissertação submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de

## MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL

na área de Engenharia Ambiental.


Aprovado por:



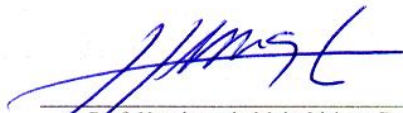
Prof. Paulo Belli Filho, Dr.



Prof. Flávio Rubens Lapolli, Dr.



Prof. Luiz Rafael Palmier, Dr.



Prof. Henrique de Melo Lisboa, Dr.  
(Orientador)



Prof. Flávio Rubens Lapolli  
(Coordenador)

FLORIANÓPOLIS, SC – BRASIL  
SETEMBRO/2011



## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho à minha família, meu bem mais precioso. Mãe, pai  
e Lilly, amo vocês!*

## AGRADECIMENTOS

Eu gostaria de agradecer:

À Deus, por me proporcionar tantas alegrias, por me oferecer tantas oportunidades, saúde e amor.

Ao meu pai e orientador desta pesquisa, pelo apoio no momento em que eu mais precisei, possibilitando o desenvolvimento desta pesquisa de mestrado, por todo seu amor e carinho.

À minha mãezinha amada, o meu porto seguro, minha grande amiga, o meu maior tesouro.

À minha irmã Lilly, cada dia mais linda, super dedicada e inteligente, meu orgulho e minha maior confidente.

Ao Marcio Andrade, co-orientador desta pesquisa, pelos ensinamentos, paciência e parceria constante em todas as etapas desta pesquisa.

Aos professores Luiz Rafael Palmier, Paulo Belli e Flávio Lapolli, por terem aceitado a fazer parte de minha banca avaliadora, pelas devidas correções e recomendações.

Aos meus amigos verdadeiros, por todo carinho e momentos de descontração. Em especial agradeço à Amanda Lentz, Luciana Rocha, Syama Reyes, Mariana Aléssio, Ariana Vieira, Camila Funari e Juliana Ramos, minhas amigas do coração.

À toda equipe do LCQAr, pelo companheirismo e pela “bagunça garantida”, como diz o Leo. Em especial agradeço ao Marlon Brancher, Isabel Moreira e Valéria de Oliveira.

À equipe do laboratório de análises físico-químicas da Embrapa, em especial agradeço ao Paulo Armando, Rosemari, Magda e Vivan.

À equipe do Cedisa, pela realização das análises bacteriológicas.

Ao Vitor, técnico do LIMA, por me permitir a usar o espaço do laboratório para a realização de algumas análises.

Ao Jaime, Paulo, Bea, Fernando Volpini, Bili, Binho, Marcelo, Evandro, Antônio, funcionários da FAMA e a todos que se envolveram de alguma forma com este trabalho no oeste do Estado. Em especial agradeço ao Seu Bortoli, por ter me tratado que nem filha ao longo desses dois anos, por todo carinho e pela sua disposição constante em nos ajudar.

À SDS, FAPESC e FEPESE, pelo financiamento, repasse de recursos e execução, respectivamente.

À Capes, pelo apoio financeiro.

A todos que contribuíram de alguma forma para o bom andamento desta pesquisa.



## RESUMO

No contexto da crescente pressão exercida sobre os recursos hídricos, que traz conseqüências tanto em relação aos aspectos quantitativos quanto qualitativos, o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para sistemas de aproveitamento de água da chuva surge como uma alternativa promissora. Este trabalho tem como principal objetivo propor e avaliar tecnologias inovadoras para sistemas de aproveitamento de água da chuva, com enfoque no reservatório de armazenamento e nos dispositivos de descarte de sólidos e desvio dos primeiros escoamentos. No desenvolvimento das tecnologias aqui propostas, são apresentados três reservatórios com placas de ardósia, de 50, 80 e 250 m<sup>3</sup>, e um reservatório de chapas de aço galvanizado de 200 m<sup>3</sup>. Os dois primeiros foram executados em escolas públicas (sistemas piloto S1 e S2) e armazenam água da chuva para fins não-potáveis. Os outros dois foram construídos em instalações suinícolas e armazenam água da chuva para dessedentação animal e higienização das instalações (sistemas piloto S3 e S4). Após a execução dos sistemas piloto, foi calculada a eficiência dos mesmos. Paralelamente, foram feitas análises físico-químicas e bacteriológicas da água da chuva em diversos pontos dos sistemas piloto a fim de verificar sua qualidade ao longo do percurso no sistema, com enfoque na qualidade da água armazenada nos reservatórios. Nessa perspectiva, realizou-se um ensaio de potabilidade com o objetivo de verificar se os materiais utilizados em contato com a água armazenada nos reservatórios comprometem a potabilidade da água. Com os resultados de qualidade de água de chuva, foi possível calcular a eficiência dos conjuntos de dispositivos desenvolvidos e utilizados neste trabalho para tratamento físico da água da chuva. Por fim, foi realizada uma análise comparativa de custos entre os reservatórios de ardósia, os reservatórios de chapas de aço galvanizado e outros tipos de reservatórios comumente encontrados na região de estudo. Também foram verificados os custos dos dispositivos de descarte de sólidos e desvio dos primeiros escoamentos aqui desenvolvidos e propostos. Observando os resultados obtidos no cálculo da eficiência dos sistemas piloto, constatou-se que os sistemas piloto S1 e S2 atendem a 100% das demandas de água da chuva, respectivamente. Já os sistemas piloto S3 e S4 atendem a 41 e 40% das demandas, respectivamente. Na etapa de monitoramento da qualidade da água da chuva, pode-se concluir que a água armazenada nos reservatórios é de excelente qualidade. A grande maioria dos parâmetros estava de acordo com os padrões de potabilidade da Portaria n° 518 do MS e observaram

as condições ou padrões para as águas de classe 3 da Resolução CONAMA 357. Em alguns casos, somente o pH e/ou o teor de coliformes totais estavam fora dos padrões. A água da chuva, após passar pelo processo de desinfecção, se apresentou com melhor qualidade que as águas superficiais também fornecidas aos animais. Os resultados também comprovam que a água armazenada nos reservatórios, sem desinfecção, também se apresentou com melhor qualidade que as águas superficiais, para praticamente todos os parâmetros. O ensaio de potabilidade mostrou que a grande maioria dos elementos verificados se apresentou bem abaixo dos valores máximos permitidos pela Portaria nº 518, do MS. Dois parâmetros, o ferro e o alumínio, apresentaram valores superiores ao máximo permitido pela Portaria. Porém, seus respectivos brancos também ficaram acima do máximo permitido, com exceção de dois dias de coleta, para o ferro. Isso significa que o problema pode não estar relacionado com os materiais imersos na água, e sim com o próprio branco. Apesar dos valores mais elevados destes dois elementos, verificou-se que a ardósia e a chapa metálica, em contato com a água, não comprometem sua qualidade. Os conjuntos de dispositivos de tratamento físico instalados neste trabalho apresentaram boa eficiência de remoção, todos acima de 50%. O método construtivo do reservatório de ardósia possibilitou a execução do mesmo com facilidade e rapidez, bom desempenho estrutural, e baixo custo de execução. O reservatório de aço é também uma boa opção devido à disponibilidade de empresas capacitadas, que trabalham com materiais similares, na execução de silos metálicos na região. Este reservatório apresentou maior facilidade e rapidez na execução, embora tenha apresentado um custo mais elevado em comparação ao reservatório de ardósia. Os dispositivos de descarte de sólidos e dispositivos de desvio dos primeiros escoamentos, desenvolvidos neste trabalho, e portanto, inovadores, também apresentaram baixo custo de execução, viabilidade técnica e ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** Água da chuva, reservatório, descarte de sólidos, desvio dos primeiros escoamentos, ardósia, aço galvanizado, qualidade da água da chuva.

## ABSTRACT

In the context of the increasing pressure on water resources, bringing consequences both in relation to qualitative and quantitative aspects, the development of appropriate technologies for rainwater harvesting systems emerges as a promising alternative. This work aims to propose and evaluate innovative technologies to rainwater harvesting systems, focusing on storage tank and on devices for solid disposal and first flush diverter. In the development of the technologies proposed, three slate tanks of 50, 80 and 250 m<sup>3</sup> and one galvanized steel tank of 200 m<sup>3</sup> are presented here. The first two were executed in public schools and they store rainwater to non-potable purposes (pilot systems S1 and S2). The other two were built in pig installations and they store rainwater to livestock drinking and sanitation farms (pilot systems S3 and S4). After the execution of the pilot systems, the efficiency of them was calculated. Parallel, physical-chemical and bacteriological analysis were made of rainwater at various points of pilot systems in order to verify the water quality along the system, with a focus on the quality of stored water in tanks. From this perspective, a potability test was realized in order to ascertain whether the materials used in contact with stored rainwater in tanks commit the drinking water. The efficiency of the sets of devices developed and used in this work to physical treatment of rainwater was evaluated. With the results of rainwater quality, it was possible to calculate the efficiency of the sets of devices developed and used in this work for rainwater physical treatment. Ultimately, a comparative analysis of costs between slate tanks, galvanized steel tanks and other types of tanks commonly found in the area of study was realized. The costs of devices for solid disposal and first flush diverter here proposed and developed were also verified. Observing the results obtained in calculating the efficiency of pilot systems, it was found that the pilot systems S1 and S2 meet 100% of rainwater demands, respectively. Already the pilot systems S3 and S4 meet 41 and 40% of demand, respectively. In the step of monitoring the rainwater quality, it can be concluded that the stored water in tanks has excellent quality. Most of parameters was in accordance with the standards of potability of Ordinance 518 of Ministry of Health and observed the conditions or standards for Class 3 waters of CONAMA Resolution 357. In some cases, only the pH and / or the content of total coliforms were not in accordance with the standard. The rainwater, after passing through the disinfection process, performed with better quality than surface water also supplied to the animals. The results also prove that the stored water

in reservoirs, without disinfection, also performed with better quality than surface water, for almost all parameters. The potability test showed that the vast majority of items checked performed below the maximum allowed by Ordinance 518. Two parameters, iron and aluminum, had values above the maximum allowed by Ordinance. However, in these days its respective whites had also been above of the allowed maximum, with exception of two days of collection, for the iron. This means that the problem may not be related to the materials immersed in water, but with the control sample. Despite the higher values of these two elements, it was found that slate and metal plate in contact with water, do not compromise quality. The sets of physical treatment devices installed in this work showed good removal efficiency, all above 50%. The constructive method of slate tank allowed the execution with ease and speed, good structural performance, and low cost of implementation. The steel tank is also a good option due to the availability of qualified companies who work with similar materials, in the performance of metal silos in the region. This reservoir has greater ease and speed of execution, although he has presented a higher cost in comparison to slate tank. Alternative devices were also developed for solid disposal and diversion devices of the first flush, which have provided low cost of implementation. The steel tank is also a good option because of the wide range of material in the region, to the ease and speed of execution, even showing a higher cost in comparison to slate tank. The devices for solid disposal and first flush diverter developed in this work, innovative, also had low cost of implementation, technical and environmental feasibility.

**KEYWORDS:** Rainwater, tank, solid disposal, first flush diverter, slate, galvanized steel, rainwater quality.

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Médias anuais de precipitação no Estado de Santa Catarina.	12
Figura 2: Abanbar, tradicional sistema comunitário de captação de água pluvial no Irã.	16
Figura 3: <i>Rojison</i> de Tóquio.	19
Figura 4: Jarras da Tailândia.	20
Figura 5: Reservatórios de armazenamento de água da chuva construídos por “Fundis” no Quênia.	21
Figura 6: Amostrador utilizado na pesquisa de Hagemann.	27
Figura 7: Filtros a) VF1; b) VF6; c) 3P Rainus.	42
Figura 8: Sistema de peneiramento.	42
Figura 9: Dispositivos de desvio das águas das primeiras chuvas do tipo bóia flutuante.	44
Figura 10: Descarte das primeiras águas de chuva utilizando tonel.	45
Figura 11: Desviador com válvula de desvio horizontal (a) e vertical (b).	45
Figura 12: Croqui de um reservatório de armazenamento.	48
Figura 13: Método construtivo da cisterna de placas.	51
Figura 14: Reservatório em concreto armado.	52
Figura 15: Reservatório em ferro-cimento construída no Nordeste Brasileiro.	53
Figura 16: Fábrica de reservatórios em fibra de vidro.	54
Figura 17: Método construtivo do reservatório com chapa de aço galvanizado.	55
Figura 18: Etapas construtivas da cisterna em geomembrana de PEAD.	57
Figura 19: Etapas de construção de um reservatório em madeira.	58
Figura 20: Dispositivos de proteção sanitária instalados na cisterna de água de chuva: (a) freio d’água; (b) conjunto flutuante de sucção; (c) sifão extravasor.	65
Figura 21: Localização dos municípios onde foram implantados os sistemas piloto.	75
Figura 22: Placas de ardósia.	78
Figura 23: Chapas de aço galvanizado corrugadas e calandradas.	80
Figura 24: a) Funil Coador; b) peneira superior; c) peneira intermediária; d) peneira inferior.	82
Figura 25: a) Bombona Coadora; b) telas para retenção dos resíduos.	83
Figura 26: a) Filtro Volumétrico VF6; b) detalhe da tubulação de descarte.	84
Figura 27: Princípio de funcionamento do filtro VF6.	85

Figura 28: Dimensões e informações técnicas do filtro VF6. ....	85
Figura 29: Dispositivo de desvio das primeiras águas de cada chuva com destaque na expansão onde se localiza a bóia flutuante.....	86
Figura 30: a) anel de borracha e “fatias” de cano de PVC; b) ressaltos de PVC; c) vedação da tampa da bombona; d) bóia. ....	88
Figura 31: Descarga de fundo do dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos. ....	89
Figura 32: Sifão extravasor. ....	90
Figura 33: a) freio d’água; b) conjunto flutuante de sucção. ....	91
Figura 34: Escola pública onde foi implantado o Sistema piloto S1.....	92
Figura 35: Desenho esquemático dos reservatórios interconectados e dispositivos. ....	94
Figura 36: Croqui do Sistema piloto S1 (vista em planta). ....	94
Figura 37: Escola pública onde foi implantado o Sistema piloto S2.....	95
Figura 38: Croqui do Sistema piloto S2 (vista em planta). ....	96
Figura 39: Instalação suinícola onde foi implantado o Sistema piloto S3. ....	97
Figura 40: Croqui do Sistema piloto S3 (vista em planta). ....	98
Figura 41: a) Instalação suinícola onde foi implantado o Sistema piloto S4; b) Croqui do Sistema piloto S4 (vista em planta). ....	100
Figura 42: a) Obtenção do pó de ardósia; b) Difratômetro Philips X’Pert. ....	106
Figura 43: a) Amostrador para coleta da água da chuva que cai diretamente da atmosfera; b) peneira de malha fina para retenção de materiais ou animais trazidos pelo vento ou por locomoção própria. .	111
Figura 44: Amostrador para coleta da água da chuva após passagem pela área de captação. ....	112
Figura 45: Pontos P3 dos sistemas piloto S1 (a); S2 (b); e S4 (c).....	113
Figura 46: Ponto P3 do Sistema piloto S3. ....	113
Figura 47: Pontos P4 do S3 (a) e S4 (b).....	114
Figura 48: Pontos P5 do S3(a) e S4 (b).....	115
Figura 49: Ensaio de potabilidade segundo NBR 12170. ....	117
Figura 50: a) montagem das placas de ardósia; b) cabos de aço.....	120
Figura 51: a) geomembrana de PVC; b) cobertura metálica. ....	120
Figura 52: a) medidor de nível; b) vista geral do reservatório. ....	120
Figura 53: a) reservatório intermediário do Sistema piloto S1; b) dispositivo de descarte de sólidos e desvio dos primeiros escoamentos. ....	121
Figura 54: a) montagem das placas de ardósia; b) armadura e argamassagem manual. ....	121

Figura 55: a) processo de cura da argamassa; b) parede do reservatório: camada de pedra mais camada de ferrocimento. ....	122
Figura 56: a) montagem da cobertura metálica do reservatório; b) vista geral do reservatório. ....	122
Figura 57: Reservatório intermediário do Sistema piloto S2. ....	122
Figura 58: Dispositivos de descarte sólidos tipo VF6 (a) e desvio dos primeiros escoamentos (b) instalados no Sistema piloto S2. ....	123
Figura 59: a) execução da base de concreto armado; b) montagem das placas de ardósia. ....	123
Figura 60: a) camada estrutural; b) vista geral do reservatório. ....	124
Figura 61: a) reservatório intermediário (superior); b) dispositivo Gutwasser para desinfecção da água. ....	124
Figura 62: Dispositivos de descarte de sólidos (a) e desvio dos primeiros escoamentos (b) instalados no Sistema piloto S3. ....	125
Figura 63: a) base de concreto armado; b) montagem das chapas de aço galvanizado. ....	125
Figura 64: a) parafusamento das chapas; b) tesouras metálicas para sustentação das telhas. ....	126
Figura 65: a) saída para alimentação e mangueira de nível; b) vista geral do reservatório de chapas de aço galvanizado. ....	126
Figura 66: a) reservatório intermediário; b) dispositivo de desinfecção Mega Clorador. ....	126
Figura 67: Dispositivos de descarte de sólidos (a) e desvio dos primeiros escoamentos (b) instalados no Sistema piloto S4. ....	127
Figura 68: Diferentes aspectos visuais das amostras. ....	143
Figura 69: Resultados referentes à concentração de amônia nas amostras de água potável. ....	159
Figura 70: Resultados referentes à concentração de nitrato nas amostras de água potável. ....	160
Figura 71: Resultados referentes ao pH nas amostras de água potável. ....	161
Figura 72: Resultados referentes à alcalinidade nas amostras de água potável. ....	162
Figura 73: Resultados referentes à concentração de sólidos totais dissolvidos nas amostras de água potável. ....	164
Figura 74: Resultados referentes à condutividade nas amostras de água potável. ....	165
Figura 75: Resultados referentes à concentração de cloro nas amostras de água potável. ....	166
Figura 76: Resultados referentes à concentração de cloreto nas amostras de água potável. ....	167

Figura 77: Resultados referentes à concentração de fluoreto nas amostras de água potável. ....	168
Figura 78: Resultados referentes à concentração de fluoreto nas amostras de água potável. ....	169
Figura 79: Resultados referentes à concentração de cálcio nas amostras de água potável. ....	170
Figura 80: Resultados referentes à concentração de magnésio nas amostras de água potável. ....	171
Figura 81: Resultados referentes à concentração de sódio nas amostras de água potável. ....	172
Figura 82: Resultados referentes à concentração de zinco nas amostras de água potável. ....	173
Figura 83: Resultados referentes à concentração de alumínio nas amostras de água potável. ....	174
Figura 84: Resultados referentes à concentração de ferro nas amostras de água potável. ....	175
Figura 85: Resultados referentes à concentração de chumbo nas amostras de água potável. ....	177
Figura 86: Resultados referentes à concentração de arsênio nas amostras de água potável. ....	178
Figura 87: Resultados referentes à concentração de cromo nas amostras de água potável. ....	179
Figura 88: Resultados referentes à concentração de manganês nas amostras de água potável. ....	180



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Variação da qualidade da água da chuva em função da região de coleta. ....	25
Tabela 2: Média dos resultados de Jaques (2005) para cada parâmetro avaliado nos pontos P2, P3 e P4. ....	29
Tabela 3: Tratamento necessário para os diferentes usos da água da chuva. ....	32
Tabela 4: Tipos de tratamento para melhorar a qualidade da água de chuva. ....	33
Tabela 5: Faixa do coeficiente de escoamento superficial para cada tipo de material por diferentes autores. ....	38
Tabela 6: Tipos de reservatórios para armazenamento de água da chuva. ....	49
Tabela 7: Características e cuidados com alguns tipos de reservatórios. ....	50
Tabela 8: Demanda residencial não potável. ....	65
Tabela 9: Consumo residencial. ....	66
Tabela 10: Uso da água em cinco escolas e universidades em Denver, Colorado. ....	67
Tabela 11: Usos finais de água em três tipologias diferentes de escolas. ....	68
Tabela 12: Estimativa de consumo diário de água em mL por frango. .	69
Tabela 13: Estimativa de consumo diário de água (L/dia) por suíno. ...	69
Tabela 14: Exigências de água de acordo com a fase do ciclo de produção. ....	70
Tabela 15: Composição química da ardósia de Trombudo Central. ....	78
Tabela 16: Composição mineralógica da ardósia. ....	79
Tabela 17: Características das chapas de aço galvanizado ZAR - 345. .	81
Tabela 18: Características de cada sistema piloto. ....	101
Tabela 19: Ocorrência das coletas nos sistemas piloto S1 e S2. ....	108
Tabela 20: Ocorrência das coletas nos sistemas piloto S3. ....	109
Tabela 21: Ocorrência das coletas nos sistemas piloto S4. ....	109
Tabela 22: Parâmetros analisados e respectivos métodos e equipamentos de análise. ....	110
Tabela 23: Especificações do kit técnico de potabilidade. ....	117
Tabela 24: Análise estatística dos dados de precipitação do CETREDIA. ....	128
Tabela 25A: Análise estatística dos dados de precipitação da Estação Concórdia 2752005 (1955 a 1986). ....	129

Tabela 25B: Análise estatística dos dados de precipitação da Estação Concórdia 2752005 (1987 a 2002).....	130
Tabela 26: Médias da precipitação total anual e dos dias com chuva na região de Concórdia. ....	131
Tabela 27: Histórico de consumo de água potável no Sistema piloto S2. ....	132
Tabela 28: Histórico de consumo de água da chuva no Sistema piloto S2. ....	133
Tabela 29: Relação quantitativa entre água potável e água da chuva no Sistema piloto S2. ....	133
Tabela 30: Histórico de consumo de água potável no Sistema piloto S1. ....	134
Tabela 31: Relação quantitativa entre água potável e água da chuva no Sistema piloto S1. ....	134
Tabela 32: Demanda diária total de água da chuva para os sistemas piloto S3 e S4. ....	135
Tabela 33: Volume calculado e real dos reservatórios e porcentagem de demanda requerida atendida.....	136
Tabela 34: Volume de água da chuva disponível para cada sistema piloto. ....	138
Tabela 35: Eficiência dos sistemas piloto. ....	138
Tabela 38: Fases identificadas através de difração de raios-X.....	139
Tabela 39: Resultados de qualidade da água do Sistema piloto S1.....	141
Tabela 40: Resultados de qualidade da água do Sistema piloto S2.....	142
Tabela 41: Resultados de qualidade da água do Sistema piloto S3.....	144
Tabela 42: Resultados de qualidade da água do Sistema piloto S4.....	145
Tabela 36: Precipitação pluviométrica no período de coleta de amostras. ....	157
Tabela 37: Quantidade de chuva nos intervalos dos dias de coleta.....	158
Tabela 43: Eficiência do conjunto de dispositivos de tratamento físico da água. ....	183
Tabela 44: Custos de execução dos reservatórios de placas de ardósia. ....	186
Tabela 45: Custos de execução do reservatório de aço. ....	186
Tabela 46: Custos e tempo de execução de alguns modelos de reservatórios de armazenamento. ....	187
Tabela 47: Custos de execução dos dispositivos de descarte de sólidos. ....	188
Tabela 48: Custos de execução dos dispositivos de desvio das águas dos primeiros escoamentos.....	189

## LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS E ABREVIATURAS

Al	Alumínio
Ca	Cálcio
CaCO <sub>3</sub>	Carbonato de cálcio
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CETREDIA	Centro de Treinamento da Epagri em Concórdia
CF	Coliformes Fecais
Cl	Cloro
CO <sub>2</sub>	Gás Carbônico
Cr	Cromo
CT	Coliformes Totais
Cu	Cobre
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EPA	Agência de Proteção Ambiental Americana
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural em Santa Catarina
FAPEU	Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária
Fe	Ferro
H <sup>+</sup>	Íon Hidreto
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Ácido carbônico
Hg	Mercúrio
HNO <sub>3</sub>	Ácido Nítrico
H <sub>2</sub> O	Água
IARC	Agência Internacional de Pesquisa do Câncer
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MS	Ministério da Saúde
N	Nitrogênio
NH <sub>3</sub>	Amônia
OH	Hidroxila
O <sub>2</sub>	Oxigênio
Pb	Chumbo
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
pH	Potencial Hidrogeniônico
P1MC	Programa Um Milhão de Cisternas
PR	Paraná

PVC	Policloreto de Vinila
SO <sub>4</sub>	Sulfato
ST	Sólidos Totais
SST	Sólidos Suspensos Totais
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
VMP	Valor Máximo Permitido
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	1
2.	OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS .....	8
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	8
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	8
2.3.	JUSTIFICATIVAS.....	8
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1.	PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS .....	11
3.2.	O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA.....	13
3.2.1.	Histórico.....	15
3.2.2.	Qualidade da Água da Chuva.....	22
3.2.2.1.	Antes de Atingir a Área de Captação.....	22
3.2.2.2.	Após o Escoamento pela Área de Captação.....	23
3.2.2.3.	No Interior do Reservatório .....	23
3.2.2.4.	Nos Pontos de Utilização .....	24
3.2.2.5.	Qualidade da Água da Chuva para Dessedentação de Suínos e Aves.....	25
3.2.2.6.	Padrões de Qualidade da Água .....	25
3.2.2.7.	Estudos sobre Qualidade de Água da Chuva .....	26
3.2.3.	Tratamento da Água da Chuva.....	32
3.2.4.	Legislação e Normas para Aproveitamento de Água da Chuva	34
3.2.4.1.	Legislação e Normas Internacionais .....	34
3.2.4.2.	Legislação e Normas Brasileiras.....	35
3.2.5.	<i>Disponibilidade de Água de Chuva</i> .....	36
3.2.5.1.	Coeficiente de Escoamento Superficial (C).....	37
3.2.6.	Viabilidade Econômica .....	38
3.3.	SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA .....	40
3.3.1.	Área de Captação .....	40
3.3.2.	Calhas e Condutores.....	41
3.3.3.	Dispositivos de Descarte de Sólidos .....	41
3.3.4.	Dispositivos de Desvio dos Primeiros Escoamentos (Água das Primeiras Chuvas).....	43
3.3.5.	Reservatórios de Armazenamento de Água de Chuva .	47
3.3.5.1.	Modelos de Reservatórios de Armazenamento....	48
3.3.5.2.	Dimensionamento dos Reservatórios de Armazenamento.....	58
3.3.6.	Dispositivos de Proteção Sanitária .....	64
3.3.7.	Previsão de Consumo .....	65

3.3.7.1.	Consumo Urbano.....	65
3.3.7.2.	Consumo de Água em Instalações de Suínos e Aves	68
3.4.	MATERIAIS EM CONTATO COM ÁGUA POTÁVEL ...	70
3.4.1.	Revestimento de Reservatórios.....	71
3.4.2.	Legislação Internacional sobre os Materiais em Contato com Água Potável.....	72
3.4.3.	Legislação Nacional sobre os Materiais em Contato com Água Potável.....	73
4.	MATERIAIS E MÉTODOS .....	75
4.1.	CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO.....	75
4.2.	DEFINIÇÃO DAS TECNOLOGIAS PROPOSTAS .....	76
4.2.1.	Reservatórios de Armazenamento .....	76
4.2.1.1.	Reservatório de Placas de Ardósia .....	76
4.2.1.2.	Reservatório de Chapas de Aço Galvanizado.....	79
4.2.2.	Componentes e Dispositivos.....	81
4.2.2.1.	Calhas e Condutores Verticais e Horizontais .....	81
4.2.2.2.	Dispositivo de Descarte de Sólidos .....	81
4.2.2.3.	Dispositivo de Desvio das Águas dos Primeiros Escoamentos.....	85
4.2.2.4.	Dispositivos de Proteção Sanitária .....	89
4.3.	DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS PILOTO.....	91
4.3.1.	Sistema Piloto S1 .....	91
4.3.2.	Sistema Piloto S2 .....	95
4.3.3.	Sistema Piloto S3 .....	96
4.3.4.	Sistema Piloto S4 .....	98
4.3.5.	Tabela Resumo.....	100
4.4.	EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS PILOTO .....	102
4.4.1.	Redimensionamento dos Reservatórios .....	102
4.4.2.	Cálculo da Eficiência .....	105
4.5.	MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA.....	105
4.5.1.	Análise da Composição da Ardósia .....	105
4.5.2.	Qualidade da Água da Chuva ao Longo dos Sistemas Piloto	107
4.5.3.	Precipitação Pluviométrica no Período de Coleta de Amostras	115
4.5.4.	Ensaio de Potabilidade da Água.....	115
4.6.	EFICÊNCIA DOS CONJUNTOS DE DISPOSITIVOS DE TRATAMENTO FÍSICO DA ÁGUA DA CHUVA.....	118
4.7.	ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS .....	118

5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	119
5.1.	EXECUÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E DISPOSITIVOS 119	
5.1.1.	Sistema Piloto S1 .....	120
5.1.2.	Sistema Piloto S2 .....	121
5.1.3.	Sistema Piloto S3 .....	123
5.1.4.	Sistema Piloto S4 .....	125
5.2.	EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS PILOTO.....	127
5.2.1.	Redimensionamento dos Reservatórios.....	127
5.2.2.	Eficiência.....	137
5.3.	MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA .....	139
5.3.1.	Análise da Composição Química da Ardósia.....	139
5.3.2.	Qualidade da Água da Chuva ao Longo dos Sistemas Piloto 140	
5.3.2.1.	Amônia, Nitrito e Nitrato .....	146
5.3.2.2.	pH .....	146
5.3.2.3.	Alcalinidade .....	147
5.3.2.4.	Turbidez.....	148
5.3.2.5.	Ferro e Manganês.....	148
5.3.2.6.	Coliformes Totais e Coliformes Fecais.....	149
5.3.2.7.	Fluoreto .....	151
5.3.2.8.	Cálcio, Magnésio, Potássio, Cloreto e Sulfato ...	151
5.3.2.9.	Fósforo .....	151
5.3.2.10.	Sólidos Totais (ST) e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) 152	
5.3.2.11.	Condutividade.....	153
5.3.2.12.	Zinco e Cobre .....	153
5.3.2.13.	Cloro Residual Livre .....	154
5.3.3.	Conclusões e Observações do Monitoramento da Qualidade da Água.....	154
5.3.4.	Precipitação Pluviométrica no Período de Coleta de Amostras 156	
5.3.5.	Ensaio de Potabilidade da Água.....	158
5.3.5.1.	Amônia.....	159
5.3.5.2.	Nitrato .....	160
5.3.5.3.	pH .....	161
5.3.5.4.	Alcalinidade .....	162
5.3.5.5.	Turbidez.....	163
5.3.5.6.	Sólidos Dissolvidos Totais.....	163
5.3.5.7.	Condutividade .....	164

5.3.5.8.	Cloro Residual Livre .....	165
5.3.5.9.	Cloreto .....	166
5.3.5.10.	Fluoreto .....	167
5.3.5.11.	Sulfato .....	168
5.3.5.12.	Cálcio e Magnésio.....	169
5.3.5.13.	Sódio .....	171
5.3.5.14.	Zinco .....	172
5.3.5.15.	Alumínio .....	173
5.3.5.16.	Ferro .....	175
5.3.5.17.	Cobre.....	176
5.3.5.18.	Chumbo.....	176
5.3.5.19.	Cádmio .....	177
5.3.5.20.	Arsênio.....	177
5.3.5.21.	Cromo.....	178
5.3.5.22.	Manganês .....	179
5.3.5.23.	Merúrio.....	180
5.3.6.	Conclusões e Observações sobre os Ensaios de Potabilidade .....	180
5.4.	ANÁLISE ECONÔMICA.....	185
5.4.1.	Custos de Execução dos Reservatórios .....	185
5.4.2.	Custos de execução dos Dispositivos de Descarte de Sólidos	188
6.	CONCLUSÕES .....	190
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	193
8.	APÊNDICE.....	205



## 1. INTRODUÇÃO

Um grave problema mundial que pode afetar a sobrevivência dos seres humanos é a falta de água. O uso desordenado, o desperdício e o crescimento da demanda são fatores que contribuem com a intensificação da escassez de água no planeta (TOMAZ, 2003).

A necessidade de conservação da água é notória e medidas já estão sendo instituídas pelos governos e órgãos não governamentais para uma ação de controle dos desperdícios e uma política de redução no consumo da água.

Na busca de se promover a conservação da água, pode-se atuar tanto na gestão da demanda quanto na gestão da oferta. O aproveitamento da água da chuva de captação direta – utilizada junto de onde é captada – é uma fonte alternativa de oferta que pode contribuir para minorar a escassez de água.

O aproveitamento da água de chuva é, portanto, um meio de racionalizar o uso da água, que pode servir tanto para o meio urbano quanto para o meio rural. No meio urbano, seu uso tem sido priorizado para fins não potáveis, como: descarga de vaso sanitário, irrigação de pequenas áreas (jardins e hortas), lavagem de roupa, de veículos e de pisos. Já no meio rural, além destes usos, tem-se também as demandas para dessedentação de animais e “irrigação de salvação”. Cabe ressaltar que o aproveitamento de água de chuva também reduz os riscos de enchentes em regiões que possuem solos altamente impermeabilizados.

Para uma redução efetiva do consumo de água, a literatura aponta para a eliminação ou a redução do uso de água potável como meio de transporte para dejetos humanos considerando-se que, aproximadamente, 30% da água utilizada em uma residência destina-se a este fim. Presume-se que a utilização de águas menos nobres, associadas às águas de chuva possa viabilizar, tanto sob aspectos técnicos como econômicos, a redução do consumo de água potável (PETERS, 2006).

A água da chuva pode ser ainda utilizada, após tratamento adequado, para abastecimento humano, pois em algumas situações é a água de melhor qualidade disponível. O governo brasileiro implantou promissores programas que incentivam pequenos agricultores a construir cisternas, principalmente no semi-árido da Região Nordeste. O programa “Um Milhão de Cisternas – P1MC”, elaborado em parceria com organizações não governamentais (ONG), como a Articulação no Semi-Árido Brasileiro (ASA) e financiado por

organizações governamentais e pelo setor privado, tinha o objetivo de construir um milhão de cisternas. Este também é o caso do programa “Uma Terra e Duas Águas – P1+2”, que contemplou não apenas o aproveitamento da água da chuva para consumo humano, mas também para a produção de alimentos (GNADLINGER, 2006).

Os riscos à saúde associados a sistemas de aproveitamento de água da chuva dependem do uso da água e da manutenção dos sistemas. Pesquisas anteriores relatam que, se adequadamente concebidos, construídos e mantidos, em sistemas envolvendo telhados como áreas de captação e reservatórios de armazenamento, a água da chuva pode ter qualidade aceitável para beber e cozinhar (DILLAHA & ZOLAN, 1985; BLOOMINGTON et al., 2006; LYE, 2009).

Países como a Alemanha, Dinamarca, Índia, Japão e Austrália são líderes na instalação de sistemas de aproveitamento de água da chuva, com sistemas de armazenamento e linhas de distribuição (ALBRECHTSEN, 2002 apud LYE, 2009). Os órgãos legislativos nacionais em muitos destes países estão elaborando leis que obrigam todas as novas construções a incorporar sistemas de aproveitamento de água da chuva para fins não-potáveis.

A legislação relativa à qualidade das fontes de água, em todos os países do mundo, parte do princípio de que toda a água que entra em uma construção, provinda de uma central de abastecimento de água, atende a definição de qualidade potável, referente a cada país. Presume-se que qualquer outra fonte de água não pública é considerada não-potável e não apta para o contato/consumo humano. Um problema mundial constante é a falta de diretrizes locais que especifiquem qual a variação da qualidade química e microbiológica é adequada para aplicações não-potáveis e potáveis da água da chuva proveniente do escoamento de telhados (LYE, 2009).

Em 2007, foi elaborada a norma brasileira para aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, a norma da ABNT NBR 15527. Esta norma se aplica a usos não potáveis em que as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado como, por exemplo, descargas de vasos sanitários, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d’água e usos industriais. Quanto ao meio rural, apesar de várias utilizações, ainda não existe uma norma brasileira particular para estas aplicações. Na NBR 15527/2007 também é possível observar a falta de especificação sobre a qualidade da água para diferentes usos não potáveis. Com relação aos dispositivos de descarte de sólidos e desvio dos primeiros escoamentos, a NBR

15527/2007 aborda somente a frequência de manutenção dos mesmos, sem abordar detalhes técnicos e dimensionamento. Esta norma, apesar de representar um avanço no que diz respeito ao aproveitamento de água da chuva no Brasil, precisa ser aprimorada. Além do meio rural, os usos potáveis também deveriam ser considerados, já que em muitas regiões do país a água da chuva é utilizada para consumo humano.

Apesar das vantagens desta fonte alternativa de água, a ampla aplicação de sistemas de aproveitamento de água da chuva tem sido dificultada por uma falta de conhecimento do público em geral, e das agências governamentais locais, relativo às qualidades química e microbiológica deste tipo de água e sua regulamentação (LYE, 2009).

Diversas pesquisas vinculadas ao aproveitamento da água de chuva já foram desenvolvidas por diversas instituições no Brasil e em outros países do mundo. Na Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, alguns trabalhos de conclusão de curso de Engenharia Sanitária e Ambiental podem ser citados. Gonçalves (2004) realizou um estudo de viabilidade econômica com vistas à implantação de um sistema de captação, armazenamento e uso das águas pluviais no prédio de salas de aula do Centro Tecnológico – CTC, UFSC. Nesta perspectiva, Lisboa (2008) fez uma análise de viabilidade econômica relativa à implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva em uma escola pública no município de Seara - SC. Silveira (2008) analisou a viabilidade técnica do aproveitamento da água da chuva para fins não-potáveis em edificações de grande porte da área urbana do município de Rio Negrinho/SC.

Na Engenharia Civil, Marinowski (2007) verificou o potencial de economia de água potável obtido através da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, em um Centro de Tecnologia em Automação e Informática, em Florianópolis – SC. Rocha (2009) validou o algoritmo do programa computacional Netuno, utilizado para avaliar o potencial de economia de água de potável e o dimensionamento de reservatórios para o aproveitamento de água pluvial em edificações.

No âmbito do Programa de Pesquisas em Saneamento Básico – PROSAB (PROSAB, 2006), foi realizada uma pesquisa em 2005, cujos objetivos eram a caracterização e quantificação da água chuva em um bairro periférico do município de Florianópolis – SC, bem como a implantação e avaliação de unidades de tratamento e armazenamento desta água. Já no âmbito do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental – PPGEA, na UFSC, De Oliveira (2004) demonstrou através de exemplos práticos a viabilidade da utilização do “Balanço Hídrico

Seriado” para o dimensionamento de estruturas de coleta e armazenamento de água da chuva, seu funcionamento, operação, viabilidade técnica e econômica. Jaques (2005) e Peters (2006) também trabalharam nessa linha de pesquisa, cujos trabalhos são mencionados em parágrafo posterior. No período entre 2007 e 2009, a UFSC juntamente com a EPAGRI, a EMBRAPA e a FAPEU trabalharam no projeto “Tecnologias Sociais para a Gestão da Água – TSGA”, patrocinado pela PETROBRÁS. Um dos objetivos esperados deste projeto era o desenvolvimento de tecnologias de coleta de água de chuva.

Vialle et al. (2011) verificaram a qualidade da água da chuva aproveitada para a descarga de vasos sanitários, em uma residência no sudoeste da França, ao longo de um período de um ano. Em geral, a água da chuva tinha boa qualidade físico-química, mas não cumpriu os requisitos para a água potável. A água da chuva armazenada caracterizou-se pela baixa condutividade, dureza e alcalinidade em comparação com a água corrente. Os três indicadores bacterianos amplamente usados - coliformes totais, E. coli e enterococos - foram detectados na maioria das amostras, indicando contaminação microbiológica da água.

Vários estudos têm indicado que o escoamento de telhados pode ser um dos principais contribuintes de metais pesados na água da chuva. Uma pesquisa feita por Good (1993, citado por Lye, 2009) relativa ao escoamento de telhados de serrarias, ao longo da Costa de Washington, Estados Unidos, verificou que as concentrações de alguns metais presentes na água do escoamento de telhados excederam os padrões de qualidade da água da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – USEPA, como o cobre, chumbo e zinco, em todas as amostras analisadas.

De acordo com Lye (2009), riscos a longo prazo sobre produtos químicos normalmente presentes nas águas de chuva providas do escoamento de telhados são conhecidos por causar inúmeros transtornos biológicos. Segundo o autor, não há evidências sobre os riscos à saúde associados ao contato humano, inalação ou ingestão de águas pluviais contendo poluentes químicos. A água da chuva proveniente do escoamento de telhados é, até então, considerada uma fonte de água relativamente segura para a variedade de usos não-potáveis e até mesmo para uso potável (LYE, 2009).

O território catarinense se divide em três áreas básicas, com condições de relevo e clima distintas: o oeste, o centro e o leste. No oeste estão concentrados os grãos, especialmente feijão, milho e soja,

além da criação de suínos e aves. No centro, com regiões mais elevadas, com clima mais frio, se destacam produções que dependem de temperaturas mais baixas, tais como maçã e uva. Já no leste, na costa oceânica, com clima mais tropical, espécies como arroz irrigado, hortaliças e banana se desenvolvem bem na região, além da criação de bovinos. Essas regiões já estão acostumadas com eventos climáticos extremos que costumam afetar a produção de alimentos ou a criação de animais. O oeste costuma ser afetado por estiagem, apesar da abundância dos recursos hídricos nesta região, contemplada com altos índices de precipitação pluviométrica (com médias anuais em torno de 1700 mm) e com boa distribuição (espacial e temporal) de chuvas. Já o leste costuma passar por chuvas intensas seguidas de alagamentos. Mais ao sul, uma área de baixa pressão e instabilidade meteorológica favorece o aparecimento de ventos fortes e tornados (ENVOLVERDE, 2011).

De acordo com Denardin & Sulzbach (2005) no oeste catarinense, o choque existente é entre o uso de água tratada, para atender à população urbana, com a sua utilização para receber dejetos agropecuários, industriais e urbanos.

Vários fatores são responsáveis pela crise da água do Oeste Catarinense, e a solução desta crise deve contemplar um planejamento integrado dos recursos hídricos locais, pensando e agindo localmente e globalmente. Assim, o aproveitamento da água da chuva pode contribuir para minimizar os problemas de estiagem na Região.

Este trabalho tem como principal objetivo apresentar tecnologias inovadoras e apropriadas para sistemas de aproveitamento de água da chuva, com enfoque no reservatório de armazenamento e nos dispositivos de descarte de sólidos e desvio dos primeiros escoamentos. Neste trabalho, são propostos e avaliados dois tipos de reservatório: o reservatório de placas de ardósia e o de chapas de aço galvanizado. Em um sistema de aproveitamento de água de chuva, o componente mais oneroso é quase sempre o reservatório de acumulação. Daí a importância de se desenvolver tecnologias que viabilizem este componente, principalmente quando são requeridos grandes volumes de água.

No desenvolvimento das tecnologias inovadoras aqui propostas, são apresentados três reservatórios com placas de ardósia (folhelhos ardosianos), e um reservatório de chapas de aço galvanizado calandradas e onduladas. Estes reservatórios são elementos constituintes de sistemas piloto de aproveitamento de água da chuva implantados no Oeste Catarinense. Cabe ressaltar que a tecnologia de construção de reservatórios de ardósia foi descoberta pelo Eng. Marcio Andrade, o

qual utilizou esta técnica pela primeira vez em uma cisterna de 10 m<sup>3</sup> executada no Município de Urupema-SC em dezembro de 2007, conforme divulgado em Schweitzer & Andrade (2009).

Trata-se de grandes reservatórios cilíndricos, apoiados na superfície do solo. Os reservatórios de ardósia apresentados neste trabalho têm capacidades para 50, 80 e 250 m<sup>3</sup>, sendo que os dois primeiros foram executados em escolas públicas e armazenam água da chuva para fins não-potáveis. Já o reservatório de 250 m<sup>3</sup> foi executado em uma instalação suinícola e armazena água da chuva para dessedentação animal e higienização das instalações. O reservatório de chapas de aço galvanizado, de 200 m<sup>3</sup>, foi executado em uma instalação suinícola e armazena água da chuva para dessedentação animal e higienização das instalações.

Após a execução dos sistemas piloto, inicialmente foi verificada a eficiência dos mesmos. Para tanto, foi necessário calcular a disponibilidade de chuva e demanda atendida de água da chuva, para cada sistema piloto.

Paralelamente foi feito o monitoramento da qualidade da água da chuva. Nesta etapa do trabalho foram feitas análises físico-químicas e exames bacteriológicos da água da chuva em diversos pontos dos sistemas piloto a fim de verificar sua qualidade ao longo do percurso no sistema, com enfoque na qualidade da água armazenada nos reservatórios. Nessa perspectiva, realizou-se um ensaio de potabilidade com base na NBR 12170, a fim de verificar se os materiais em contato com a água armazenada nos reservatórios comprometem a potabilidade desta água.

Com os resultados de qualidade da água da chuva, foi possível calcular a eficiência dos conjuntos de dispositivos desenvolvidos e utilizados neste trabalho para tratamento físico da água, tais como: dispositivo de descarte de sólidos; dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos e dispositivos de proteção sanitária.

Realizou-se, por fim, uma análise comparativa de custos entre os reservatórios de ardósia, os reservatórios de chapas de aço galvanizado e outros tipos de reservatórios comumente encontrados na região de estudo, tais como os reservatórios em fibra de vidro, em concreto armado e feitos com geomembrana. Também foram verificados os custos dos dispositivos de descarte de sólidos e dispositivos de desvio dos primeiros escoamentos aqui desenvolvidos e propostos.

Este trabalho está inserido no âmbito do Projeto “Desenvolvimento de Tecnologias Apropriadas para Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva”, financiado pela Fundação de

Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica do Estado de Santa Catarina - FAPESC, com recursos repassados pela Secretária de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável – SDS, do Governo de Santa Catarina. Tem como executora a Fundação de Estudos e Pesquisas Sócio-Econômicos – FEPESE. Na UFSC, este trabalho está inserido no âmbito do Laboratório de Controle da Qualidade do Ar – LCQAr, orientado pelo Prof. Dr. Henrique de Melo e Lisboa, pesquisador do Laboratório de Controle da Qualidade do Ar - LCQAr, e co-orientado pelo Dr. Marcio Andrade, coordenador do Projeto e pesquisador do Laboratório de Eficiência Energética nas Edificações – LabEEEE.

Este Projeto foi efetivamente iniciado no ano de 2008 e foi finalizado em 2011, com três anos de duração.

## **2. OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Propor e avaliar tecnologias para sistemas de aproveitamento de água da chuva, que sejam economicamente viáveis e que não comprometam a qualidade da água armazenada ou que promovam a melhoria na sua qualidade.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Executar e propor tecnologias para sistemas de aproveitamento de água da chuva, tais como reservatórios de armazenamento de placas de ardósia e de chapas de aço galvanizado, dispositivos de descarte de sólidos e dispositivos de desvio dos primeiros escoamentos;
- Calcular a eficiência dos sistemas piloto, re-dimensionando os reservatórios de armazenamento;
- Verificar a qualidade da água da chuva ao longo dos sistemas piloto e a influência dos materiais dos reservatórios na qualidade da água armazenada;
- Calcular a eficiência dos conjuntos de dispositivos de tratamento físico da água da chuva;
- Levantar os custos dos reservatórios de armazenamento de água da chuva deste trabalho, assim como dos dispositivos de descarte de sólidos e desvio dos primeiros escoamentos.

### **2.3. JUSTIFICATIVAS**

Devido à limitação de reservas de água doce no planeta, o aumento da demanda de água para atender, principalmente, os consumos humano, agrícola e industrial, e a prioridade de utilização dos recursos hídricos disponíveis para abastecimento público, torna-se necessária a adoção de estratégias que visem racionalizar a utilização dos recursos hídricos. Além disso, a heterogeneidade da distribuição dos recursos hídricos e das populações nas diversas regiões do planeta e mesmo no Brasil, dificulta cada vez mais o abastecimento de algumas regiões, tendo por consequência aumentos gradativos dos custos de fornecimento de água (FIESP, 2008).



Coletar água da chuva não é apenas conservar a água, mas também a energia, considerando o consumo necessário para a operação de uma estação de tratamento de água, o bombeamento e as operações correlatas de distribuição entre reservatórios. Estudos mostram que o custo energético tem se constituído num montante aproximado de 25% a 45% do custo total de operações de sistemas de abastecimento de água. Por outro lado ainda, o aproveitamento da água da chuva reduz a erosão local e as enchentes causadas pela impermeabilização de áreas como coberturas, telhados e pátios, captando-a e armazenando-a (PROSAB, 2006).

O aproveitamento da água de chuva para fins não potáveis torna-se uma maneira inteligente de não desperdiçar uma água pura e tratada na irrigação de jardins, gramados, descargas de banheiros e usos industriais, que não necessitam de água potável (TOMAZ, 2003). O aproveitamento da água da chuva, além de trazer o benefício da conservação da água e reduzir a dependência das fontes superficiais e subterrâneas de abastecimento, reduz o escoamento superficial e da chance à restauração do ciclo hidrológico nas áreas urbanas (ANNECCHINI, 2005).

A estiagem no Oeste Catarinense é um fenômeno cíclico. Quase todos os anos a região passa por um período de pouca chuva, durante o qual há falta de água para suprir a demanda de consumo humano (usos não-potáveis), animal e agrícola. A falta de água compromete, portanto, a economia da região, já que o setor agroindustrial é predominante. A falta de água na região vem preocupando muito a população e os governantes, já que a cada ano a situação piora, segundo o Noticiário Regional, do dia 27 de março de 2009. Portanto, para a região Oeste Catarinense, torna-se necessária a utilização de recursos hídricos alternativos, como o aproveitamento de água de chuva. Além disso, é preciso que os conceitos de conservação da água e uso eficiente sejam finalmente colocados em evidência, e acima de tudo, sejam colocados em prática. É de extrema importância a implementação de programas de apoio à conscientização do uso eficiente da água.

Em muitas regiões, o crescimento populacional e mudanças de hábitos de uso de água e de alimentação exercem pressão sobre o abastecimento de água para consumo humano, para os animais e para a agricultura. Projetos baseados em alto consumo de energia e tecnologias sofisticadas se mostram cada vez menos sustentáveis. Ao mesmo tempo, novos métodos construtivos, técnicas e materiais de construção, permitem uma nova abordagem na construção de sistemas de aproveitamento de água da chuva, principalmente no que diz respeito às

tecnologias de construção dos reservatórios de armazenamento. Além disso, os riscos de contaminação das águas pluviais costumam ser limitados aos sistemas de aproveitamento de água da chuva que não têm bom dimensionamento, materiais, procedimentos de tratamento ou de desinfecção adequados. Há muitos aspectos referentes aos sistemas de aproveitamentos de água da chuva que precisam ser atendidos através do desenvolvimento de tecnologias (LYE, 2009).

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS

De acordo com Tucci (2000) em hidrologia a precipitação é entendida como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Chuva, neblina, granizo, saraiva, orvalho, geada e neve são formas diferentes de precipitação, sendo o estado em que a água se encontra o fator diferenciador.

A disponibilidade de precipitação durante o ano, em uma bacia hidrográfica, é o parâmetro determinante para se quantificar a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento doméstico e industrial. A chuva, ou precipitação pluviométrica, é o tipo de precipitação de maior relevância para a hidrologia, devido à sua capacidade de produzir escoamento (TUCCI, 2000).

A precipitação pluviométrica é um dos elementos meteorológicos de maior variabilidade, tanto na intensidade como no período de ocorrência. Períodos longos sem chuva acarretam conseqüências negativas, como deficiência hídrica no solo, interrupção da vazão nos sistemas de drenagem e abaixamento do nível de água nos açudes a limites críticos. Chuvas intensas e/ou vários dias consecutivos de chuva provocam inundações, erosão do solo e desmoronamentos de taludes, intensificando o transporte de sedimentos que assoreiam os leitos dos reservatórios d'água e dos rios (BURIOL et al. 2005, apud SEEGER, 2008).

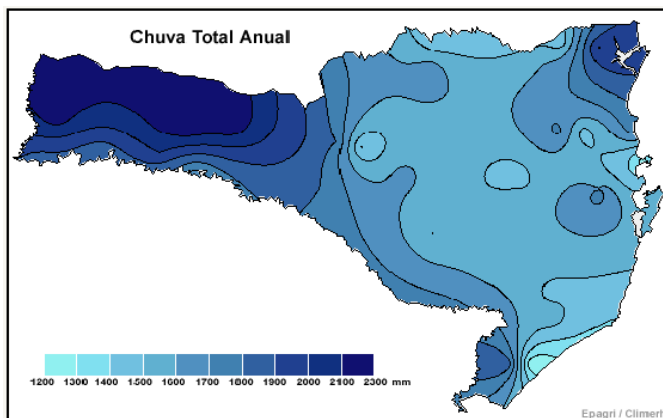
O Brasil, em virtude de suas dimensões continentais, possui diversificação climática ampla, influenciada por sua configuração geográfica, sua significativa extensão costeira, seu relevo e a dinâmica das massas de ar sobre seu território. Este último fator assume grande importância, pois atua diretamente sobre os índices pluviométricos nas diferentes regiões do país (ANA, 2006). A precipitação média anual no Brasil é de 1.797 mm, variando de 550 mm, na região semi-árida do Nordeste, a mais de 2.500 mm na Amazônia (ANA, 2005).

A região sul do Brasil possui grande variabilidade da precipitação no tempo, onde atuam sistemas sinóticos, como a passagem de frentes frias e a ação de massas de ar de alta e baixa pressão. A região também sofre influências físicas que interferem na precipitação, como a proximidade do mar e a altitude (HARTER, 2004).

Azevedo Netto & Alvarez (1991) classifica as regiões hidrológicas conforme o potencial da precipitação média anual (P) em:

- Baixo:  $P < 1.000$  mm;
- Razoável:  $1.000 \text{ mm} \leq P < 1.500$  mm;
- Muito bom:  $1.500 \leq P < 2.000$  mm;
- Excelente:  $P > 2.000$  mm.

O Estado de Santa Catarina possui um bom índice de médias anuais de precipitação, variando de 1.200 a 2.300 mm/ano, mostrando assim seu grande potencial para o aproveitamento de água de chuva, como mostra a Figura 1 (EPAGRI, 2010).



**Figura 1: Médias anuais de precipitação no Estado de Santa Catarina.**  
Fonte: EPAGRI (2010).

No Oeste Catarinense, a precipitação da região é boa, variando entre 1.600 e 2.000 mm/ano, e se apresenta bem distribuída ao longo do ano. Porém, apesar disto, há deficiência hídrica principalmente para as culturas de verão. As causas para tal deficiência são: a) o uso intensivo do solo, sem respeitar sua real aptidão agrícola e o seu manejo inadequado (provocando altas taxas de erosão) e; b) predominância de solos com capacidade de armazenamento de água naturalmente baixa, aliado a paisagem com relevo declivoso (DENARDIN, 2004).

Os meses mais chuvosos no Oeste de Santa Catarina costumam ser setembro, outubro e novembro. A bacia do Rio Uruguai, na qual se localiza a Região do Oeste Catarinense, caracteriza-se pela falta de sazonalidade nas precipitações, sem períodos secos ou úmidos típicos (SILVA DIAS et al., 2002 apud LINDNER et al., 2007).

### 3.2. O APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

A água da chuva pode ser considerada um recurso hídrico com qualidade e quantidade que podem atender a diversas demandas, principalmente aquelas não-potáveis. Em alguns casos, a água da chuva pode ser a fonte mais viável de ser utilizada ou mesmo a única fonte de água disponível, ou de melhor qualidade entre as acessíveis. Em outra situação, quando o regime pluviométrico local é favorável, a água de chuva pode ser utilizada como um recurso hídrico alternativo, complementar ao abastecimento, como é o caso da região oeste catarinense.

Em áreas descentralizadas ou isoladas, o aproveitamento da água da chuva pode apresentar grandes possibilidades de uso já que ela é captada junto ao local onde será consumida, dispensando o transporte ou construção de estruturas adutoras (ANDRADE et al., 2009).

A captação de água da chuva, além de contribuir para o uso racional da água, minimiza o impacto das precipitações pluviais, podendo assim, em regiões de maior impermeabilização dos solos, ser enquadrada no conceito de medida não-estrutural da drenagem urbana. Canholi (1995, citado por Fernandes et al., 2007), descreve medidas não-estruturais como toda e qualquer ação que busca reduzir os danos ou conseqüências das inundações, não por intervenções constituídas por obras, mas fundamentalmente pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação dos sistemas de apoio à conscientização da população à manutenção dos diversos componentes do sistema de drenagem e outros.

O aumento do interesse por este tipo de sistema é principalmente devido aos seguintes fatores:

- Crescente custo ambiental e econômico de fornecimento de água tratada em sistemas centralizados;
- Poluição das águas superficiais, trazendo risco à saúde, onerando os sistemas de tratamento;
- A percepção de que existe uma eficiência econômica associada ao uso da água de chuva.

No seu pronunciamento de abertura na 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas de Captação de Água de Chuva, realizado em Petrolina – PE, em julho de 1999, Adhityan Appan, o então presidente da Associação Internacional de Sistemas de Captação de Água de Chuva - IRCSA, disse (GNADLINGER, 2006):

*“As tecnologias de sistemas de captação de água de chuva são tão antigas quanto às montanhas. O senso comum diz – como em todos os projetos de abastecimento de água – armazene a água (em tanques / reservatórios) durante a estação chuvosa para que ela possa ser usada quando mais se precisa dela, que é durante o verão. Em outras palavras: ‘Guarde-a para o dia da seca!’ As tecnologias, os métodos de construção, uso e manutenção estão todos disponíveis. Além disso, o mais importante é que ainda existem muitos modelos financeiros que vêm ao encontro das necessidades de países desenvolvidos e em desenvolvimento. O que mais precisamos é de uma aceitação geral dessas tecnologias e vontade política de pôr em prática estes sistemas”.*

Embora o aproveitamento da água da chuva seja muito útil, recomenda-se que esta água não seja considerada como única fonte de suprimento de água. A água da chuva deve ser considerada uma fonte alternativa de água, suplementando o sistema de abastecimento de água potável, sendo utilizada para fins não-potáveis (ANNECCHINI, 2005).

É altamente recomendável que o aproveitamento da água da chuva - e isto é ainda mais verdadeiro para as grandes cidades - seja integrado ao abastecimento de água potável, no sentido de substituí-la sempre que possível, tornando-se assim uma contribuição descentralizada e importantíssima para a retenção das águas pluviais. Certamente, nisso é imperioso um tratamento destas águas, que garanta uma qualidade compatível com os usos pretendidos (SICKERMANN, 2004).

É preciso considerar a possível falha do sistema de captação de água da chuva, devido à sazonalidade e irregularidade das precipitações pluviométricas. Necessita-se, portanto, de um dispositivo que permita a entrada de água potável no reservatório intermediário de água de chuva, para garantir o abastecimento nos pontos de utilização de água de chuva nos períodos de estiagem. Para tal finalidade, aconselha-se utilizar uma válvula solenóide conectada a uma bóia eletromecânica. Ao projetar essa “auto-alimentação”, é preciso se certificar que somente a água potável possa entrar no sistema de água não-potável, e não o contrário. Para tanto, recomenda-se utilizar uma válvula de retenção na tubulação que interliga os dois sistemas. : É preciso ainda que seja uma “ligação atmosférica”, “não cruzada”.

Outro cuidado importante que deve ser tomado nos sistemas de fontes alternativas de água é promover a identificação do sistema, no caso de não ser o único sistema de água da residência. Essa identificação pode ser feita por meio de placas com o símbolo de “não-potável”, as quais alertarão o usuário sobre a qualidade da água, evitando a sua contaminação. Além disso, nos pontos de consumo de água da chuva (não-potável) são necessárias torneiras de uso restrito, identificando o uso impróprio dessa água para o consumo humano.

### **3.2.1. Histórico**

O manejo e o aproveitamento da água de chuva tem sido uma prática exercida por diferentes civilizações e culturas ao longo do tempo. Passando pelo Oriente, Oriente Médio, Europa, e pelos Incas, Maias e Astecas na América Latina, relatos de dispositivos de coleta e armazenamento de água de chuva remontam a sistemas construídos e operados há mais de 2.000 anos (PROSAB, 2006).

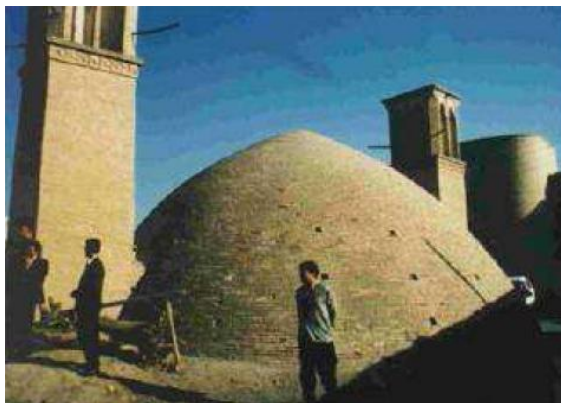
A coleta de água de chuva é uma técnica popular em muitas partes do mundo, especialmente em regiões áridas e semi-áridas (que abrangem mais ou menos 30 % da superfície da terra), onde as chuvas ocorrem somente em poucos meses do ano e com bastante variabilidade interanual. A coleta de água de chuva foi inventada independentemente em diversas partes do mundo e em diferentes continentes há milhares de anos (GNADLINGER, 2006).

No Sul da África, o “*Homo sapiens*” colhia água de chuva em ovos de avestruz, os enterrava e guardava para tomar a água na estação de seca, há 200.000 anos atrás. Os romanos eram famosos por terem levado água para as cidades através de aquedutos, mas usavam também a captação de água de chuva em larga escala. Deles, os árabes herdaram as tecnologias, as quais novamente serviram de exemplo para os espanhóis e portugueses. Os portugueses implantaram a captação de água de chuva em vários lugares do mundo. Cita-se como exemplo as Ilhas Madeira e Porto Santo, porém não no Brasil, visto que para os portugueses se tratava de um país rico em água, sendo o sertão utilizado para criação de animais, e não para a agricultura (GNADLINGER, 2006).

No Oriente Médio, foi encontrada uma das inscrições mais antigas do mundo, a conhecida Pedra Moabita, datada de 850 a.C. Nela o Rei Mesha, dos Moabitas, sugere que seja feito um reservatório em cada casa para aproveitamento da água da chuva. Na Mesopotâmia, há

2.750 a.C já era utilizada água da chuva e foram descobertos mais recentemente, na mesma região, 12 reservatórios subterrâneos utilizados no processo de armazenamento de águas pluviais (TOMAZ, 2003).

No Irã, as cisternas subterrâneas feitas com massa de cal e tijolos são utilizadas há mais de 3 mil anos. Neste país, são chamados de *Abanbars* (Figura 2) os sistemas tradicionais comunitários de captação de água pluvial (PROSAB, 2006).



**Figura 2: Abanbar, tradicional sistema comunitário de captação de água pluvial no Irã.**

Fonte: PROSAB (2006).

Na França, em 1703, Philippe La Hire desenvolveu equipamentos, como um filtro de areia e um reservatório, que tratava e armazenava água das chuvas de Paris para uso residencial (VIDAL, 2002, apud JAQUES, 2005).

Nas Américas, os povos pré-colombianos usavam a captação e o manejo de água de chuva em larga escala. O México é um país rico em antigas tecnologias tradicionais de armazenamento de água pluvial, datadas da época dos Astecas e Maias. Ao sul da cidade de Oxkutzcab, junto ao monte Puuc, ainda hoje podem ser vistas as obras do povo Maia. No século X existia ali uma agricultura baseada no aproveitamento de água pluvial. As pessoas viviam nas encostas e a água potável era recolhida nos *Chultuns*, cisternas com capacidade de 20 a 45 m<sup>3</sup> (GNADLINGER, 2006).

No semi-árido brasileiro, a agricultura foi introduzida somente em um passado recente. A população local não teve muita oportunidade de fazer experiências com métodos de manejo de água de chuva e



menos ainda, de aprender a viver e trabalhar em um clima semi-árido (GNADLINGER, 2006).

Os primeiros relatos de utilização da água de chuva no Nordeste brasileiro datam de 1587, referindo-se ao uso, pela população de Olinda-PE, de água de chuva captada dos telhados do Colégio dos Jesuítas. Em 1624, Frei Jaboatão, do Convento Franciscano, em seu “Novo Orbe Seráfico Brasilico” descreve a construção de uma grande cisterna usando como área de captação os telhados altos do Convento Franciscano de Olinda, e armazenando água em quantidade suficiente para o convento e para a população circunvizinha (MELLO, 1991, apud XAVIER, 2010). Em 1943, o exército norte-americano construiu um sistema de aproveitamento de água da chuva na Ilha Fernando de Noronha (PROSAB, 2006).

Em Santa Catarina, tem-se o primeiro uso comprovado da chuva no século XVIII, por ocasião da construção das Fortalezas de Florianópolis. Na Fortaleza de Ratoles, que está situada na pequena ilha de Ratoles, sem fonte de água, foi construída uma cisterna que coletava a água dos telhados, e que era usada para fins diversos, inclusive para o consumo das tropas (PIAZZA, 1983, apud DE OLIVEIRA, 2004).

Nos tempos modernos, as tecnologias de captação de água de chuva começaram a ser menos utilizadas. Na península de Yucatã, o desaparecimento do uso de coleta de água de chuva aconteceu em parte pelas lutas entre os diversos povos indígenas, mas principalmente pela invasão espanhola no século XVI, com a introdução de outro sistema de agricultura, vários novos animais domésticos, plantas e métodos de construção europeus (GNADLINGER, 2006).

O progresso técnico do século XIX e XX ocorreu principalmente nos assim chamados países desenvolvidos, em zonas climáticas moderadas e mais úmidas, sem estação de seca expressiva, e portanto, sem necessidade de captação de água de chuva. Como consequência da colonização, práticas de agricultura de zonas climáticas moderadas foram implantadas em zonas climáticas mais secas. Além disso, no século XX, houve uma ênfase em megaprojetos tecnológicos, como na construção de grandes barragens, no desenvolvimento do aproveitamento de águas subterrâneas, e em projetos de irrigação encanada, com altos índices de uso de energia fóssil e elétrica. Estas são algumas razões – em parte ainda hoje defendidas – porque as tecnologias de coleta de água de chuva foram postas de lado ou completamente esquecidas (GNADLINGER, 2006).

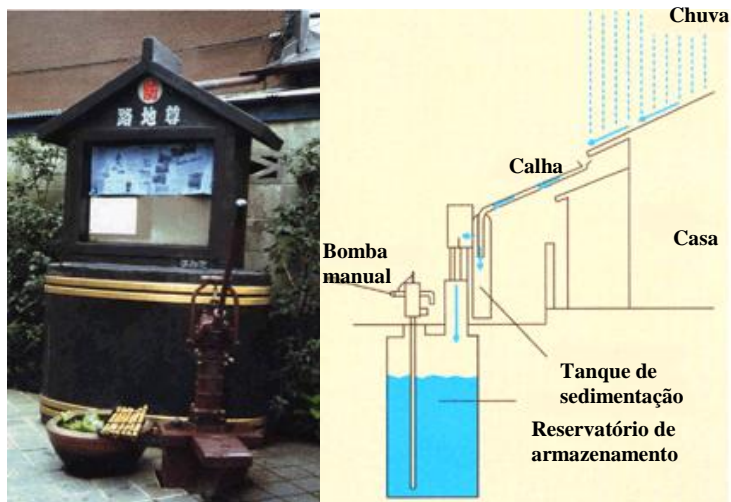
Em muitas regiões semi-áridas do mundo, o crescimento populacional e mudanças de hábitos de uso de água e de alimentação

exercem pressão sobre o abastecimento de água para consumo humano, para os animais e para a agricultura. Projetos de agricultura e água baseados em alto consumo de energia e tecnologias sofisticadas se mostram cada vez menos sustentáveis. Ao mesmo tempo, tecnologias e descobertas e/ou materiais modernos, permitem uma nova abordagem na construção de tanques de armazenamento e áreas de captação. Tudo isso levou a uma nova expansão dos sistemas de captação de água de chuva, tanto em regiões onde já eram usados anteriormente, como em áreas onde até então eram desconhecidos (GNADLINGER, 2006).

### **Exemplos de Sistemas de Aproveitamento de Água da Chuva**

Em Berlim, foram introduzidos sistemas de águas pluviais, no final do século passado, como parte de uma estratégia de desenvolvimento urbano. A coleta da água de chuva era realizada em 19 edifícios, totalizando uma área de captação de 32.000 m<sup>2</sup>. Esses edifícios possuem um sistema de canalização da água coletada que a direcionava para um tanque de 3.500 m<sup>3</sup>, com objetivo de controlar as inundações urbanas e armazenar água para regar zonas verdes, reposição de um lago artificial e outras funções menos nobres (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Em Tóquio, A arena Royogoku Kokugikan, construída em 1985, utiliza a água pluvial em grande escala para descarga de vasos sanitários e uso no condicionamento do ar. A água pluvial é captada a partir do telhado (com uma área de 8400 m<sup>2</sup>) e encaminhada para um tanque de armazenamento subterrâneo de 1000 m<sup>3</sup>. O edifício Sumida City Hall usa um sistema semelhante. O *Rojison* (Figura 3) é um sistema simples e único de utilização de água pluvial a nível comunitário, erguido pelos residentes locais, que visa utilizar a água pluvial recolhida dos telhados das habitações unifamiliares para rega de jardins, combate a incêndios e obtenção de água potável em casos de emergência (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).



**Figura 3: *Rojison* de Tóquio.**

Fonte: Rainwater Harvesting and Utilisation (2002).

Nas Filipinas, um programa de aproveitamento da água foi iniciado em 1989, na província de Capiz, com o apoio da Canadian International Development Research Centre (IDRC). Cerca de 500 reservatórios de armazenamento de águas pluviais foram construídos, em ferro-cimento e com capacidade variando de 2 a 10 m<sup>3</sup> (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).

Na Tailândia, foi criado em 1980 o PNJAP (Programa Nacional de Jarras de Água Potável), cujo objetivo foi a promoção do uso de jarras de 2m<sup>3</sup> pelas famílias rurais como meio de armazenamento de água potável (Figura 4). Foram estabelecidos 50 litros de água por dia como quantidade necessária para uma pessoa na área rural - 5 litros para consumo humano e 45 litros para outros usos domésticos. O governo subsidiou os custos de pesquisa (para definir desenhos e técnicas de fabricação adequadas), treinamentos, e o material de construção. Atualmente, na área rural do Nordeste da Tailândia, praticamente não existem casas sem jarras para o armazenamento de água da chuva. Um grupo de 5 operários - dois homens e 3 mulheres - executa 8 jarras por dia, trabalhando-se 5 horas por dia. O formato da jarra é esférico e, portanto, uma forma estruturalmente otimizada. A tecnologia de construção é simples, rápida e barata, usam-se apenas areia grossa, argila e cimento. Depois da jarra pronta, a água da chuva é coletada por uma calha, que conduz a água a um funil conectado a uma mangueira

flexível que pode ser colocada nas diferentes jarras. Uma jarra é vendida por THBs 700,00 (moeda local), o que equivale a R\$ 40,00 (quarenta reais). Os fabricantes dão uma garantia de 5 anos contra rachaduras, mas a vida útil é estimada em 20 anos (GNADLINGER, 2009).



**Figura 4: Jarras da Tailândia.**

Fonte: Gnadlinger (2009).

No Planalto de Loess, do norte e noroeste da China, a agricultura depende principalmente da chuva como fonte de água. Nos últimos anos, o governo local da província de Gansu colocou em prática o projeto de captação de água de chuva denominado “121”: o governo auxiliou cada família a construir uma (1) área de captação de água, dois (2) tanques de armazenamento de água e um (1) lote para plantação de culturas comercializáveis. Atualmente, o método é usado em 17 províncias da China para fornecer água potável para 15 milhões de pessoas e praticar irrigação suplementar em 1,2 milhão de hectares, através de 5,5 milhões de cisternas construídas nos últimos sete anos (GNADLINGER, 2006).

Na África, a coleta de água da chuva está cada vez mais difundida, com recentes projetos em Botswana, Togo, Mali, Malawi, África do Sul, Namíbia, Zimbábwe, Moçambique, Serra Leoa e Tanzânia, entre outros. No Quênia, muitos projetos surgiram em diferentes partes do país desde o final dos anos 1970, cada um com seus próprios modelos e estratégias de implementação. Esses projetos, em associação com os esforços dos construtores locais chamados de "Fundis", têm sido responsáveis pela construção de muitas dezenas de milhares de cisternas de ferro-cimento em todo o país, como mostra a Figura 5 (RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION, 2002).



**Figura 5: Reservatórios de armazenamento de água da chuva construídos por “Fundis” no Quênia.**

Fonte: Rainwater Harvesting and Utilisation (2002).

No Brasil, destaca-se o programa “Um Milhão de Cisternas – P1MC”, elaborado pela Articulação no Semi-Árido Brasileiro – ASA, e financiado por organizações governamentais e pelo setor privado. Iniciado em julho de 2003, O P1MC vem desencadeando um movimento de articulação e de convivência sustentável com o ecossistema do Semi-Árido, através do fortalecimento da sociedade civil, da mobilização, envolvimento e capacitação das famílias, com uma proposta de educação processual. O objetivo do P1MC é beneficiar cerca de 5 milhões de pessoas em toda região semi-árida, com água potável para beber e cozinha. Dos modelos de cisternas existentes, o P1MC escolheu a cisterna de placas pré-moldadas, principalmente pela facilidade de construção e de reprodução da tecnologia de construção, e baixos custos. O modelo tem capacidade de armazenamento de água de  $16 \text{ m}^3$ , suficientes para atender às necessidades básicas de uma família com cinco pessoas, por um período sem chuvas de até 240 dias (ASA BRASIL, 2009).

No setor de agricultura, o P1MC foi complementado pelo programa “Uma Terra e Duas Águas – P1+2”. O objetivo deste programa é ir além da captação de água de chuva para o consumo humano, avançando para a utilização sustentável da terra e o manejo adequado dos recursos hídricos para produção de alimentos (animal e vegetal), promovendo a segurança alimentar e a geração de renda. O número “1” significa terra suficiente para se desenvolver processos produtivos visando segurança alimentar e nutricional, e o “2” corresponde a duas formas de utilização da água - água potável para cada família do Semi-Árido e água para a produção agropecuária. Em janeiro de 2007, o P1+2 iniciou sua fase demonstrativa, na qual pretende uma maior interação entre as experiências de manejo produtivo e sustentável da terra e dos recursos hídricos (ASA BRASIL, 2009).

Além dos programas de combate à seca, existem instituições internacionais e nacionais que promovem congressos, reunindo estudos sobre o aproveitamento da água da chuva realizados pelo mundo, como a International Rainwater Catchment Systems Association (IRCSA), a American Rainwater Catchment Systems Association (ARCSA) e a Associação Brasileira de Captação e Manejo de Água de Chuva (ABCMAC).

### 3.2.2. Qualidade da Água da Chuva

Pode-se dizer que, em um sistema de aproveitamento de água de chuva, a qualidade da água varia de acordo com a posição que esta se encontra no sistema (ANDRADE et al., 2009). A água da chuva pode, portanto, se encontrar em quatro posições distintas:

- Antes de atingir a área de captação;
- Após o escoamento pela área de captação;
- No interior do reservatório;
- Nos pontos de utilização.

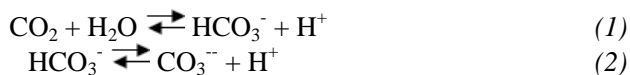
De acordo com Morrow et al. (2010) a entrada de contaminantes em sistemas de aproveitamento de água da chuva, como metais e não-metais, pode ocorrer diretamente da precipitação com contribuições das superfícies de captação, detritos acumulados e lixiviados provenientes de sistemas de armazenamento, tubos e torneiras.

#### 3.2.2.1. Antes de Atingir a Área de Captação

Antes de atingir a área de captação, a qualidade da água da chuva é influenciada pela presença de poluentes atmosféricos. O pH da água da chuva é regulado principalmente pela presença dos gases  $\text{CO}_2$  (gás carbônico),  $\text{SO}_2$  (dióxido de enxofre),  $\text{HNO}_3$  (ácido nítrico) e  $\text{NH}_3$  (amônia) presentes na atmosfera (ANDRADE et al., 2009).

De acordo com Figueiredo (2001, citado por Jaques, 2005), a água de chuva é naturalmente ácida. O gás carbônico presente na atmosfera se solubiliza nas nuvens e na chuva transformando-se em o ácido carbônico. O ácido fraco  $\text{H}_2\text{CO}_3$  confere à chuva um pH de 5,60, indicando que a chuva já é levemente ácida.

O pH da água de chuva é expresso essencialmente por duas equações de equilíbrio:



Estudos realizados por De Melo Lisboa et al. (1992) mostram alguns dados sobre a qualidade da água da chuva em Florianópolis-SC. Os autores analisaram 23 amostras no período de maio de 1991 a janeiro de 1992. Das 23 amostras, 56,52 % apresentaram pH normais e 43,48% foram enquadradas como chuvas ácidas.

Segundo o químico e climatologista inglês Robert Angus Smith (HAAG, 1985 citado por JAQUES, 2005), a química da precipitação pluvial sofre influência da:

- Distância ao oceano;
- Velocidade e direção dos ventos;
- Quantidade e frequência de chuva e neve;
- Combustão e emissão de origem industrial;
- Decomposição da matéria orgânica.

### 3.2.2.2. Após o Escoamento pela Área de Captação

De acordo com Andrade et al. (2009) após escorrer pela superfície de captação, a água da chuva sofre perda de qualidade, pois acumula sujeira, como poeira de diversas origens, fezes de animais e matéria orgânica originária de folhas e detritos de árvores. No meio rural, pode-se ainda ter a ocorrência de agrotóxicos que são pulverizados sobre as plantações e contribuem para a diminuição da qualidade da água de chuva.

Visto isso, faz-se necessária a utilização de um dispositivo de desvio das primeiras águas de cada chuva, também conhecido por auto-limpeza de água da chuva, um procedimento simples para remoção dos primeiros milímetros de precipitação (TOMAZ, 2003). Este procedimento, assim como as tecnologias mais empregadas para esta finalidade, serão apresentados posteriormente para melhor entendimento.

### 3.2.2.3. No Interior do Reservatório

Outros fatores interferem na qualidade das águas de chuva, sendo o tempo de armazenamento e a temperatura os mais relevantes. Quando o tempo de armazenamento é prolongado, como ocorre frequentemente em grandes reservatórios, é possível que haja uma deterioração da água,

principalmente por ação microbiológica, que, por sua vez, tem normalmente sua atividade acrescida com o aumento da temperatura até o ápice da fase termofílica (ANDRADE et al., 2009).

As águas de chuva armazenadas também estão sujeitas a contaminação devido à falta de conservação ou manejo inadequado do reservatório de armazenamento, como tampas de visitas mal projetadas, instaladas, mantidas ou operadas. Uma impermeabilização deficiente pode levar à penetração de microrganismos indesejáveis ao sistema, como os de origem fecal (ANDRADE et al., 2009).

Em pesquisa realizada na Universidade de São Paulo, foram constatadas as seguintes características da água de chuva coletada e armazenada em reservatório (ANA/FIESP/SindusCon/SP, 2005):

- Propriedades de água mole;
- pH entre 5,8 e 7,6;
- DBO<sub>5,20</sub> : menor que 10;
- Presença de coliformes fecais em mais de 98% das amostras realizadas;
- Presença de bactérias:
  - ❖ Clostrídio sulfito redutor (91% das amostras) que pode causar intoxicação alimentar, entre outras doenças;
  - ❖ Enterococos (98% das amostras) que podem causar diarreia aguda; e
  - ❖ Pseudomonas (em 17% das amostras) que podem ocasionar infecções urinárias.

#### 3.2.2.4. *Nos Pontos de Utilização*

Segundo Group Raindrops (2002) a qualidade requerida para a água de chuva depende da finalidade a que se destina. Assim, caso a água for utilizada para consumo humano (fins potáveis), deve-se atender a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde (2004). A qualidade da água da chuva também depende do local onde foi coletada, conforme apresentado na Tabela 1.



**Tabela 1: Variação da qualidade da água da chuva em função da região de coleta.**

<b>Grau de Limpeza</b>	<b>Região de Coleta</b>	<b>Usos</b>
A	Telhados (lugares não freqüentados por pessoas e animais)	Descarga de vasos sanitários, regar as plantas, a água filtrada é potável.
B	Telhados (lugares freqüentados por pessoas e animais)	Descarga de vasos sanitários, regar as plantas, não pode ser usada para beber.
C	Pisos, estacionamentos	(necessita tratamento)
D	Estradas, vias férreas elevadas	(necessita tratamento)

Fonte: Group Raindrops (2002).

### 3.2.2.5. *Qualidade da Água da Chuva para Dessedentação de Suínos e Aves*

A água, na produção de suínos e aves, não é simplesmente um recurso natural, ela é o principal alimento destas criações. E sendo um alimento, deve ser oferecido em quantidade e qualidade.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, órgão vinculado ao Ministério do Meio Ambiente determinou, através da Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, a qualidade que as águas superficiais devem possuir para serem fornecidas aos animais. De acordo com esta Resolução, estas águas devem atender os padrões estipulados para a Classe 3.

### 3.2.2.6. *Padrões de Qualidade da Água*

Para que se possa fazer o aproveitamento seguro da água da chuva, é necessário estabelecer os padrões de qualidade que a mesma deve atender, sendo que estes devem estar de acordo com os usos que se pretende fazer da mesma (PROSAB, 2006).

Na ausência de uma legislação específica para o aproveitamento da água da chuva de maneira a estabelecer os padrões de qualidade que esta água deva atender em função dos diferentes usos, torna-se necessário adotar, mesmo em caráter temporário, a legislação disponível.

## **Padrão de Potabilidade**

A água potável é definida como a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde, segundo a Portaria Nº. 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde que regulamenta os padrões de potabilidade para água de consumo humano no Brasil.

## **Padrão de Corpos d'Água**

A Resolução CONAMA nº 357/05 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. Ela enquadra as águas doces em 4 classes mais uma classe especial. Ressalta-se que as águas doces de Classe 3 podem ser destinadas à dessedentação animal.

### *3.2.2.7. Estudos sobre Qualidade de Água da Chuva*

Anecchini (2005) avaliou a qualidade da água da chuva na cidade de Vitória em duas etapas. Na primeira etapa, foram coletadas amostras de água da chuva diretamente da atmosfera e após passar por um telhado, sem a ocorrência de qualquer tipo de tratamento. Na segunda etapa, verificou a qualidade da água após a mesma passar por um filtro auto limpante e um dispositivo de eliminação da primeira chuva, em que foram estudados três volumes de descarte: 0,5; 1 e 1,5 mm de chuva. Foram coletadas amostras de chuva deste dispositivo de descarte e do reservatório de armazenamento.

A autora verificou que apenas 11% das amostras coletadas da chuva da atmosfera de Vitória apresentaram valores de pH inferiores a 5,0. Também foi constatado que a qualidade da água da chuva piora ao passar pela superfície de captação, pois a mesma carrega o material que se depositou sobre esta durante o período de estiagem. Por esta razão, verificou-se um aumento mais significativo para os parâmetros de dureza, cloretos, sulfato, DQO e Sólidos Totais (ST). Pouca diferença foi observada na qualidade da água da chuva do reservatório de armazenamento após a eliminação de 0,5, 1,0 e 1,5 mm de primeira chuva com relação aos parâmetros de DBO, DQO, cloretos, sulfato e Coliformes Totais. A exceção ocorre para os parâmetros de Sólidos

Suspensos Totais (SST), Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) e ST, nos quais se verifica uma grande redução de concentração dos valores médios na chuva do reservatório, a partir da eliminação de 1,0 mm de primeira chuva. Conclui-se que apenas promovendo um tratamento simplificado à água da chuva, como a remoção de folhas e de, pelo menos, 1,0 mm de chuva, a mesma apresenta qualidade compatível para ser aproveitada para fins não potáveis. A água de chuva captada desta forma atendeu à maioria dos parâmetros estabelecidos em padrões de balneabilidade da Resolução CONAMA N°274/00, da Resolução CONAMA N°357/05 para corpos de água doce, e de potabilidade da Portaria N°518/04 do Ministério da Saúde.

No estudo de Hagemann (2009) a água da chuva foi coletada diretamente da atmosfera e após a passagem por telhados, a fim de analisar as alterações na sua qualidade após passar pela área de captação. A autora verificou a qualidade da água da chuva por meio de dois amostradores. O primeiro consistia em coletar e armazenar os cinco primeiros milímetros de chuva, como mostra a Figura 6. O segundo recebia as águas do telhado de uma escola. As características de qualidade da água da chuva foram avaliadas através dos parâmetros: pH, condutividade elétrica, turbidez, DBO<sub>5</sub>, DQO, ST, SST, SDT, e *Escherichia coli*.



**Figura 6: Amostrador utilizado na pesquisa de Hagemann.**

Fonte: Hagemann (2009).

Constatou-se que a primeira amostra coletada dos telhados apresentou maior teor de impurezas em relação às demais na maioria dos eventos. Porém, em diversas coletas foram verificadas concentrações elevadas e até superiores dos parâmetros verificados na segunda amostra coletada, correspondente ao segundo milímetro de chuva. De acordo com o pesquisador, isso ocorreu devido à intensidade da chuva, a qual apresentou influência direta na concentração de certos

parâmetros, como a turbidez, sólidos suspensos e DBO. Essa influência está no fato de que o poder de carreamento da chuva varia com a intensidade da mesma. Para as águas que escorreram pelo telhado da escola, foram observadas melhorias significativas quanto aos padrões exigidos pela Portaria MS 518/04 a partir do terceiro milímetro coletado. A partir do terceiro milímetro estas águas têm potencial, no estado bruto, para as aplicações de que trata a Resolução CONAMA n° 357/05, tais como proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins campos de esporte e lazer.

Jaques (2005) avaliou a qualidade da água de chuva em quatro diferentes pontos de coleta de um sistema de aproveitamento de água de chuva localizado no município de Florianópolis-SC, os quais estão apresentados a seguir: P1 - Coleta direta da chuva; P2 - Após passar por telhado de cimento amianto; P3 - Após passar por telhado cerâmico; P4 - Reservatório de armazenamento. A Tabela 2 apresenta a média dos resultados para cada parâmetro avaliado nos pontos P2, P3 e P4. Os valores em vermelho identificam os parâmetros em desacordo com a Portaria N°. 518 do Ministério da Saúde. Com exceção dos parâmetros bacteriológicos, a maioria dos parâmetros avaliados atende os limites impostos pela Portaria n° 518/2004. Nos pontos P2 e P3, a turbidez e a cor apresentaram-se ligeiramente superiores aos limites máximos permitidos. Destaca-se que os valores utilizados para esta comparação foram as médias dos resultados.

**Tabela 2: Média dos resultados de Jaques (2005) para cada parâmetro avaliado nos pontos P2, P3 e P4.**

Parâmetro	Unidade	Telhado amianto	Telhado Cerâmico	Reservatório	VMP Portaria N°. 518
Alumínio	mg/L	0,01	0,00	0,00	
Amônia (NH <sub>3</sub> )	mg/L	0,83	0,90	0,68	
Cloreto	mg/L	11,92	10,90	13,95	
Coliformes fecais	NMP	<b>6,14x10<sup>2</sup></b>	<b>2,96x10<sup>2</sup></b>	<b>1,31x10<sup>1</sup></b>	Ausência
Coliformes totais	NMP	<b>1,40x10<sup>3</sup></b>	<b>1,79x10<sup>3</sup></b>	<b>2,49x10<sup>3</sup></b>	Ausência
Cor aparente	mg PtCo/L	<b>30,04</b>	<b>21,07</b>	5,00	15
Dureza	mg/L CaCO <sub>3</sub>	38,43	16,37	11,78	500
Ferro	mg/L	<b>0,49</b>	0,21	0,02	0,3
Odor	-	NO*	NO*	NO*	NO*
Gosto	-	NO*	NO*	NO*	NO*
pH	-	7,35	6,49	<b>5,13</b>	6,0 a 9,5
Turbidez	UT	<b>8,68</b>	<b>8,24</b>	4,70	5

NOTA: \*não objetável

Fonte: Adaptada de Jaques (2005).

A água de chuva sem a interferência de superfície de coleta apresentou-se isenta de coliformes fecais. Porém, foi confirmada a presença desses microorganismos nas amostras de águas coletadas nos telhados.

Peters (2006) realizou a caracterização da água de chuva durante um período de 12 meses, dividida em três aspectos realizados simultaneamente: análise da qualidade da água de chuva da atmosfera; análise da água de lavagem do telhado ou de descarte; análise da água da cisterna. A autora verificou que o descarte de um volume inicial de chuva e a posterior utilização de um processo de filtração melhora significativamente a qualidade da água na cisterna. Isto pode ser observado no parâmetro de turbidez, que sofreu uma redução de 4,56 NTU, no descarte das primeiras águas, para 2,54 NTU, após a passagem pelo filtro de areia.

Analisando o sistema de aproveitamento de chuva como um todo, quanto aos parâmetros pH e alcalinidade, Peters (2006) observou um aumento destes valores na água de chuva após a sua passagem pela

superfície de captação. Observou-se que, após o descarte dos primeiros escoamentos, o valor de pH aumentou de 5,9 para 7,50, e na cisterna (depois da passagem pelo filtro de areia) o seu valor médio foi de 7,60. Para a alcalinidade, a água da chuva captada diretamente da atmosfera apresentou valor médio de 3,9 mg/L, aumentando significativamente após a passagem pelo telhado, apresentando valor médio de 31,2 mg/L. Na cisterna este valor decaiu para 23,1 mg/L.

Simmons et al (2001) investigaram cento e vinte cinco sistemas de aproveitamento de água da chuva em quatro distritos rurais da Auckland, Nova Zelândia. Objetivou-se verificar a qualidade da água da chuva recolhida de telhados. Foram analisadas amostras de água fria de torneira para verificação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, incluindo metais (zinco, cobre e chumbo), organismos indicadores bacterianos, tais como: contagem de heterotróficos, coliformes totais, coliformes fecais, enterococos; bactérias patogênicas incluindo *Salmonella* spp., *Legionella* spp., *Campylobacter* spp., *Aeromonas* spp.; e os protozoários, *Cryptosporidium* e *Giardia*. Vinte e duas fontes (17,6%) superaram um ou mais dos valores máximos permitidos ou valores de referência máximos para os parâmetros químicos das Normas de Água Potável da Nova Zelândia (NZDWS) e 70 (56,0%) fontes excederam os critérios microbiológicos de 51 CF/100 mL. Dezoito fontes (14,4%) superaram os valores máximos permitidos da NZDWS para o chumbo de 0,01 mg/L e três (2,4%) para o cobre, de 2 mg/L. Este estudo demonstra que os sistemas de aproveitamento de água da chuva recolhida de telhado fornecem fontes de água potável com qualidade físico-química e microbiológica relativamente pobre na área de Auckland.

Morrow et al (2010) selecionaram dez sistemas de aproveitamento de água da chuva na costa leste da Austrália para amostragem da água da chuva após passagem pelo telhado, da água armazenada no reservatório e da água da chuva retirada da torneira, a fim de investigar as variações na composição das águas pluviais ao longo do percurso no sistema para identificar potenciais pontos de contaminação. Os resultados ressaltaram a variabilidade da composição química da água da chuva coletada nos diferentes locais de estudo e entre os diferentes pontos de amostragem. A deposição atmosférica não foi um dos principais contribuintes para a carga de contaminantes das águas pluviais. Os materiais das tubulações, no entanto, mostraram-se fortes contribuintes para a carga elementar total em alguns locais.

A qualidade química da água da chuva armazenada em cisternas e usada para consumo doméstico nas Ilhas Bermudas, foi avaliada por

Peters et al. (2008). Eles analisaram uma série de elementos químicos na água da chuva captada em 112 residências e verificaram que o chumbo excedeu apenas 1% dos padrões para qualidade da água e o nitrato excedeu apenas 3% dos padrões para uma fonte primária de água potável. Os autores sugeriram, portanto, que a poeira local depositada nos telhados foi uma fonte significativa de sedimentos na água da chuva armazenada. Sugeriu-se também que o tipo de material dos telhados não foi uma fonte importante de contaminantes nas águas pluviais armazenadas.

Vialle et al. (2011) verificaram a qualidade da água da chuva aproveitada para a descarga de vasos sanitários, em uma residência no sudoeste da França, ao longo de um período de um ano. A temperatura, pH, condutividade, cor, turbidez, ânions, cátions, alcalinidade, dureza total e carbono orgânico total foram rastreados usando técnicas analíticas padrões. A flora total a 22 e 36 °C, coliformes totais, *E. coli* e enterococos também foram analisados. Em geral, a água da chuva tinha boa qualidade físico-química, mas não cumpriu os requisitos para a água potável. A água da chuva armazenada caracterizou-se pela baixa condutividade, dureza e alcalinidade em comparação com a água corrente. Os três indicadores bacterianos amplamente usados - coliformes totais, *E. coli* e enterococos - foram detectados na maioria das amostras, indicando contaminação microbiológica da água da chuva após passagem por telhados. Os parâmetros químicos e microbiológicos oscilaram durante o curso do estudo, com os mais altos níveis de contaminação microbiológica observada nos escoamentos de telhado coletados durante o verão. *E. coli* e enterococos ocorreram simultaneamente, e sua presença foi vinculada à precipitação. Neste sistema, a água era armazenada dentro de um reservatório subterrâneo de PEAD. Antes de entrar no reservatório, a água passava através de uma malha, e também foi utilizada uma bomba submersa com um conjunto de sucção “filtro-bóia”. Coletou-se a água no interior do reservatório.

### 3.2.3. Tratamento da Água da Chuva

Segundo Group Raindrops (2002) o tratamento da água da chuva depende do uso requerido pela água, como mostra a Tabela 3.

**Tabela 3: Tratamento necessário para os diferentes usos da água da chuva.**

<b>Uso da Água de Chuva</b>	<b>Tratamento da Água</b>
Rega das plantas	Não é necessário.
Irrigação, combate ao fogo Para refrescar o ar	É necessário para se manter os equipamentos em boas condições.
Lagoas/Fontes Banheiro, Lavar roupas Lavar carros	É necessário, pois a água entra em contato com o corpo humano.
Banho/Piscina Para beber Para cozinhar	A desinfecção é necessária, pois a água é ingerida direta ou indiretamente.

Fonte: Group Raindrops (2002).

De acordo com o Manual da ANA/FIESP/SindusCon/SP (2005) considerando os usos não potáveis mais comuns em edifícios, são empregados sistemas de tratamento compostos de unidades de sedimentação simples, filtração simples e desinfecção com cloro ou com radiação ultravioleta. Eventualmente, pode se utilizar sistemas mais complexos que proporcionem níveis de qualidade mais elevados.

De acordo com Santos (2002, apud PROSAB, 2006) o filtro de areia é uma boa alternativa ao reservatório de auto-limpeza, pois contribui para remoção de cor e turbidez da água. Já a desinfecção é importante para a remoção dos microorganismos presentes, os quais são oriundos das áreas de captação ou dos próprios reservatórios, que são meios para seu desenvolvimento.

De acordo com Group Raindrops (2002) não é necessária a desinfecção da água da chuva caso esta não for utilizada para fins potáveis como beber, cozinhar e tomar banho. Este tipo de tratamento aumentaria os custos e exigiria do usuário uma permanente manutenção.

A Tabela 4 mostra alguns tipos de tratamento para melhorar a qualidade da água de chuva.



**Tabela 4: Tipos de tratamento para melhorar a qualidade da água de chuva.**

<b>Método</b>		<b>Localização</b>	<b>Função</b>
Peneiras	Peneiras e cobertura para folhas	Calha e canalização	Prevenir folhas e outros detritos de entrarem no reservatório
Sedimentos	Sedimentação	Dentro do reservatório	Resolver problema de material particulado
Filtração	Em linha / vários cartuchos	Depois da motobomba	Reeter sedimentos
	Carvão ativado	Na torneira	Remover cloro
	Osmose inversa	Na torneira	Remover contaminantes
	Mídias misturadas	Reservatório separado	Apanhar material particulado
	Filtro lento de areia	Reservatório separado	Apanhar material particulado
Desinfecção	Ferver / destilação	Antes de uso	Matar microorganismos
Tratamentos químicos	Cloração ou iodo	Dentro do reservatório ou na bomba (líquido, tablete ou grânulo)	Matar microorganismos
	Luz ultravioleta	Sistemas luz ultravioleta devem ser localizados depois do filtro de carvão ativado antes do sifão	Matar microorganismos
	Ozonização	Depois da torneira	Matar microorganismos

Fonte: Adaptada de Texas (1997, apud De Oliveira, 2004).

O reservatório de armazenamento de água de chuva pode funcionar como um tanque de sedimentação, conforme observado na pesquisa realizada pela Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, na cidade de Vitória. Após sete dias de armazenamento, verificou-se uma redução significativa nos valores de turbidez com o armazenamento a partir da eliminação de 1,0 mm de primeira chuva. O mesmo pode ser observado para os resultados de SST, onde em todas as análises realizadas, as concentrações de SST encontrados para a água da chuva

após 7 dias de armazenamento foram iguais a zero. Não foram observadas grandes variações para os demais parâmetros como alcalinidade, dureza, acidez, fósforo e nitrogênio. Também não foi observada uma redução significativa com relação aos coliformes totais (PROSAB, 2006).

### **3.2.4. Legislação e Normas para Aproveitamento de Água da Chuva**

#### *3.2.4.1. Legislação e Normas Internacionais*

Na Alemanha, estão em vigor as séries da Norma DIN 1989, da *German National Standard*, as quais consistem em quatro partes:

- Parte I: planejamento, instalação, operação e manutenção de sistemas de aproveitamento de água da chuva;
- Parte II: Filtro para Aproveitamento de Água da Chuva.
- Parte III: Reservatórios para água da chuva;
- Parte IV: Componentes para controle e abastecimento suplementar.

As séries da norma DIN 1989 são aplicadas para sistemas que utilizam água de chuva em residências e estabelecimentos comerciais e industriais. Em organizações públicas, a água de chuva pode ser utilizada para descarga de vasos sanitários; para fins de resfriamento; para lavagem e limpeza de equipamentos; e para irrigação de áreas verdes.

Nos Estados Unidos, ainda não se tem conhecimento de leis municipais que restrinjam o aproveitamento de chuva neste momento. Em 2007, dois projetos de lei, denominados de AB 1420 e AB 1560, foram aprovados na Assembléia Legislativa do Estado da Califórnia. Eles obrigam as empresas locais de água a criar programas de conservação de água e normas de construção (WATER CONSERVATION PROGRAM, 2010).

Na Inglaterra, está em vigor a norma BS 8515 de 2009, da *British Standards Institution*. Esta norma é a primeira proposta sobre o aproveitamento de água, incluindo as águas cinzas. Além disso, ela dá orientações sobre a concepção, instalação, testes e manutenção de sistemas de água de chuva destinados a usos não-potáveis. Trata-se de um código de conduta, sem ser obrigatório.

Na Austrália, no ano de 2004 o Conselho enHealth (ENHEALTH , 2010) desenvolveu diretrizes nacionais, devido ao aumento de interesse

no uso de reservatórios de água de chuva doméstica em zonas rurais e urbanas. Esse aumento de interesse tem surgido devido às condições de secas generalizadas, às previsões de escassez mundial de água doce, e às crescentes restrições do uso da água. Cabe salientar que o Conselho enHealth tem a liderança no país em questões de saúde ambiental; define prioridades; coordena as políticas e programas nacionais e estabelece uma ligação essencial entre as instâncias internacionais e interessados em saúde ambiental na Austrália.

Existem normas da Austrália e Austrália/Nova Zelândia que são aplicadas para reservatórios de armazenamento de água de chuva, seus equipamentos e instalações. Estas normas estão apresentadas a seguir:

- AS 2070: Materiais plásticos em contato com alimentos;
- AS/NZS 2179: Especificações para produtos de água da chuva, acessórios e parafusos;
- AS 2180: Produtos metálicos para água da chuva – seleção e instalação;
- AS/NZS 3500: Canalização e código de drenagem;
- AS/NZS 4020: Análise de produtos em contato com água potável;
- AS/NZS: 4130: Tubos de Polietileno (PE) para aplicações sob pressão.

Em países como a Austrália e Estados Unidos, ainda existem manuais e guias de orientações para a utilização da água da chuva de forma segura. Eles descrevem desde a implantação e escolha do material até as atividades de conservação da qualidade da água e manutenção dos reservatórios. São exemplos desses manuais o “Texas Guide to Rainwater Harvesting” e o “Water Safety” da Austrália.

#### *3.2.4.2. Legislação e Normas Brasileiras*

No Brasil, os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis são fornecidos pela NBR 15527:2007. Esta norma se aplica a usos não potáveis, nos quais as águas de chuva podem ser utilizadas após tratamento adequado, de acordo com a finalidade. Entre os usos não potáveis destacam-se as descargas em vasos sanitários, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de pisos e pavimentos, espelhos d’água e usos industriais como torres de resfriamento.

Mesmo antes da publicação da NBR 15527, algumas cidades brasileiras já possuíam legislação pertinente ao aproveitamento de água

da chuva, sendo as mais importantes a Lei nº 10785:2003 do Município de Curitiba – PR e a Lei nº 6345:2003 do Município de Maringá – PR.

Em São Paulo - SP, a Lei nº 13276:2002, conhecida como “Lei das Piscininhas”, obriga a construção de reservatórios para as águas coletadas em pisos ou coberturas nos lotes que tenham área impermeabilizada superior a 500 m<sup>2</sup>. Estas águas devem ser preferencialmente infiltradas no solo ou utilizadas para fins não potáveis, sendo que uma hora após a chuva a água poderá ser direcionada para a rede pluvial. Esta lei é de aplicação questionável já que nem todas as estruturas geológicas possibilitam infiltração de água.

Com relação ao aspecto econômico da utilização de águas de chuva, existe o Decreto nº 24643:1934 (Código das Águas), cujo Artigo 103, do Título V, determina que “As águas pluviais pertencem ao dono do prédio onde caírem diretamente, podendo o mesmo dispor delas a vontade”. Neste mesmo Título, no Artigo 104, determina que “Transpondo o limite do prédio em que caírem, abandonadas pelo proprietário do mesmo, as águas pluviais, no que lhes for aplicável, ficam sujeitas às regras ditadas para as águas comuns e para as águas públicas”. Também se destaca, no Artigo 106, que “é imprescritível o direito de uso das águas pluviais”. Para finalizar, em parágrafo único, é colocada em evidência a necessidade de licença da administração para a construção de reservatórios para aproveitamento de água de chuva.

Em Santa Catarina, o Decreto nº 099, de 1º de março de 2007, obriga todas as obras públicas ou privadas, financiadas ou incentivadas pelo Governo do Estado de Santa Catarina, a implantar sistema de captação ou retenção de águas pluviais. O Artigo 1º deste Decreto estabelece que “Todas as construções novas e reformas de prédios públicos deverão prever sistema para captação de águas pluviais, coletadas por telhados, coberturas, terraços e pavimentos descobertos”.

### 3.2.5. Disponibilidade de Água de Chuva

Segundo a Norma NBR 15527:2007, o volume de captação de água de chuva depende do coeficiente de escoamento superficial da cobertura bem como da eficiência do sistema de descarte do escoamento inicial, sendo calculado pela Eq. 3:

$$V_{aprov.} = P \times A \times C \times \eta_{fator\ de\ captação} \quad (3)$$

Em que:

$V_{aprov.}$	Volume anual, mensal ou diário de água de chuva aproveitável ( $m^3$ );
$P$	Precipitação média anual, mensal ou diária (m);
$A$	Área de coleta ( $m^2$ );
$C$	Coefficiente de escoamento superficial da cobertura (adimensional).
$\eta_{fator\ de\ captação}$	Eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e o desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado.

Assim, no cálculo de  $\eta_{fator\ de\ captação}$  deve-se levar em conta não apenas a água que é descartada juntamente com as folhas e detritos no dispositivo de descarte de sólidos, mas, também a que é descartada pelo dispositivo de desvio de água dos primeiros escoamentos (first flush ou água das primeiras chuvas), quando este for utilizado.

### 3.2.5.1. Coeficiente de Escoamento Superficial ( $C$ )

Observa-se, que nem todo volume de água de chuva precipitado é aproveitado, devido às perdas, provocadas, por exemplo, pela evaporação e infiltração. Para justificar estas perdas utiliza-se um valor a partir do quociente entre a água que esco superficialmente pelo total de água precipitada, denominado de Coeficiente de Escoamento Superficial ou Coeficiente de *Runoff*. Este coeficiente varia com a inclinação do telhado e com o material da superfície de captação. De acordo com Tomaz (2003), são estimadas perdas que variam de 10 a 33% do volume precipitado.

Define-se o coeficiente de escoamento superficial como sendo a relação existente entre o volume escoado e o volume precipitado. Esse coeficiente varia com a duração da chuva, com sua intensidade e com as condições físicas da área de captação, sendo adotado para cobertura com telha de barro o valor de 0,75% (SILVA et al., 1984 apud BRITO, 2010).

Tomaz (2003) pesquisou coeficientes que variaram de 0,67 a 0,90. E para cada tipo de material utilizado no sistema de captação há uma faixa de valores numéricos de  $C$  correspondentes. O autor também salienta que o melhor valor a ser adotado como coeficiente de escoamento superficial para o Brasil é  $C = 0,80$  (telha cerâmica).

No trabalho de Brito (2010) foi feito um estudo no semi-árido brasileiro sobre diferentes materiais de cobertura que apresentam

diferentes coeficientes de escoamento superficial. O autor verificou que o coeficiente de escoamento superficial, para as precipitações diárias, apresenta baixa eficiência para as coberturas de argamassa de cimento e areia, como também para as telhas de cerâmica. As coberturas com telhas de fibrocimento e lona plástica de polietileno são mais eficientes no aproveitamento da água de chuva para as condições do semi-árido brasileiro.

A Tabela 5 apresenta os valores encontrados na literatura para o de escoamento superficial (C) de acordo com o material empregado.

**Tabela 5: Faixa do coeficiente de escoamento superficial para cada tipo de material por diferentes autores.**

<b>Material</b>	<b>Faixa de C</b>	<b>Fonte</b>
Telha cerâmica	0,80 – 0,90	Hofkes e Frasier (1975, apud May, 2004)
	0,75 – 0,90	Van den Bossche (1997, apud Vaes e Berlamont, 1999)
	0,60	Haught e Wychkoff (2006)
	0,56	Khan (2001, apud May, 2004)
Telha metálica (chapas corrugadas)	0,70 – 0,90	Hofkes e Frasier (1975, apud May, 2004)
	0,85	Khan (2001, apud May, 2004)
	0,90 – 0,95	Waterfall (2004, apud Rocha, 2009)
Telha esmaltada	0,90 – 0,95	Vaes e Berlamont (1999)
	0,85	Haught e Wychkoff (2006)
	0,80 – 0,85	Van den Bossche (1997, apud Vaes e Berlamont, 1999)
Cobertura de PVC	0,94	Khan (2001, apud May, 2004)
Telha de amianto	0,80 – 0,90	DTU (2002, apud Rocha, 2009)
Telha de palha	0,39	Khan (1995, apud Rocha, 2009)
Telhado verde	0,27	Khan (2001, apud May, 2004)
Telha de alumínio	0,85	Haught e Wychkoff (2006)
Telha de plástico	0,94	Khan (2001, apud May, 2004)
Placa de pedra	0,80	Khan (1995, apud Rocha, 2009)
Pavimentos	0,40 – 0,90	Wilken (1978, apud Tomaz, 2003)
	0,68	Khan (2001, apud May, 2004)

### 3.2.6. Viabilidade Econômica

Um dos fatores mais importantes a serem considerados no desenvolvimento de sistemas de captação e aproveitamento de água de

chuva é a viabilidade econômica, principalmente em países em desenvolvimento, nos quais os recursos financeiros são escassos (THIESEN, 2004).

Fernandes et al. (2007) realizaram um estudo da viabilidade econômica de instalações de sistemas de coleta e aproveitamento de água de chuva, sendo o caso estudado o sistema já em funcionamento no edifício do Laboratório de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – LARHISA, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. O resultado garante que é mais viável instalar um sistema de aproveitamento de água da chuva do que continuar adquirindo a água por meio de um sistema público de distribuição de água.

No trabalho de conclusão de curso de Lisboa (2008), foi realizado um estudo de viabilidade econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva em uma escola pública no município de Seara – SC, com reservatório de armazenamento de ardósia (alternativa 1) e com reservatório de aço galvanizado (alternativa 2). Constatou-se que em se tratando do período de retorno do investimento, para as alternativas 1 e 2, este se apresentou muito baixo, de 2 anos e 4 anos, e investimento de implantação de R\$ 13.000,00 e R\$ 23.000,00, respectivamente.

No estudo de Kobiyama & Hansen (2002), o qual foi desenvolvido para a biblioteca central da Universidade Federal de Santa Catarina e na qual 75% da água é consumida nas instalações sanitárias, aproximadamente U\$ 15.000,00 seriam economizados por ano na conta de água e esgoto (considerando 80% da tarifa de esgoto), resultando num período de retorno de 2,7 anos.

Estudos provenientes da Austrália denotam que os sistemas de aproveitamento da água de chuva proporcionam uma economia no consumo de água nas residências de 45% e até 60% na agricultura (HEYWORTH et al., 1998, apud PROSAB, 2006).

Percebe-se atualmente que diferentes setores da sociedade passam a ver o aproveitamento da água da chuva como rentável. Assim, indústrias, instituições de ensino, estádios, e até mesmo estabelecimentos comerciais como empresas de lavagem de carros, empresas de ônibus, supermercados, empresas de limpeza pública, buscam utilizar água da chuva visando o retorno na economia de água consumida (PROSAB 2006).

### 3.3. SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA

Pode-se dizer que um sistema de aproveitamento de água de chuva é um sistema descentralizado e alternativo de suprimento de água, visando entre outros, a conservação dos recursos hídricos, reduzindo a demanda e o consumo de água potável (PROSAB, 2006).

O uso de sistemas de coleta e aproveitamento de águas pluviais propicia, além de benefícios de conservação de água e de educação ambiental, a redução do escoamento superficial e a conseqüente redução das vazões nos sistemas urbanos de coleta de águas pluviais e o amortecimento dos picos de enchentes, contribuindo para a redução de inundações (ANA/FIESP/SindusCon/SP, 2005).

Para o dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água pluvial devem ser considerados (ANA/FIESP/SindusCon/SP, 2005): área disponível para coleta; vazão de água calculada pela fórmula racional, considerando o índice pluviométrico médio da região; estimativa de demanda para o uso previsto; dimensionamento do reservatório.

Os principais componentes comumente encontrados em sistemas de aproveitamento de água de chuva são (ANDRADE et al., 2009): área de captação; calhas e condutores verticais e horizontais; dispositivo de descarte de sólidos; dispositivo de desvio das primeiras águas de cada chuva; reservatório de armazenamento; e dispositivos de proteção sanitária.

A seguir, será apresentada uma breve descrição de cada um dos principais componentes comumente encontrados em sistemas de aproveitamento de água de chuva.

#### 3.3.1. Área de Captação

Segundo a NBR 15527:2007, a área de captação é a área, em metros quadrados, da superfície impermeável da cobertura onde a água é captada, projetada na horizontal.

As áreas de captação podem ser de diversos materiais, como: cobertura das edificações (telhados, lajes de concreto, telhados vegetados); diretamente do solo, principalmente em encostas e de preferência áreas gramadas ou com vegetação similar; pavimentos (estradas, estacionamentos, pátios).

Sendo possível captar água de chuva de diversas áreas, deve-se dar preferência para as mais limpas, que não sejam destinadas para o



trânsito de pessoas ou animais e que estejam acima do local onde será instalado o reservatório de armazenamento, para sua alimentação ser por gravidade. Daí a preferência, inclusive na NBR 15527, por áreas de coberturas (ANDRADE et al., 2009).

### **3.3.2. Calhas e Condutores**

Para a captação da água de chuva são necessários calhas e condutores - verticais e horizontais - que podem ser de PVC, alumínio, chapas galvanizadas, geomembranas ou outros materiais.

As calhas apresentam geralmente as seções em forma de V, U, semicircular, quadrada ou retangular. Com relação aos tipos de calhas, estas podem ser de beiral, em platibanda ou podem se encontrar no encontro das águas do telhado (água furtada).

No caso da área de captação ser um telhado ou cobertura, as calhas e condutores devem ser dimensionados conforme a norma de instalações de águas pluviais, a NBR 10844:89.

### **3.3.3. Dispositivos de Descarte de Sólidos**

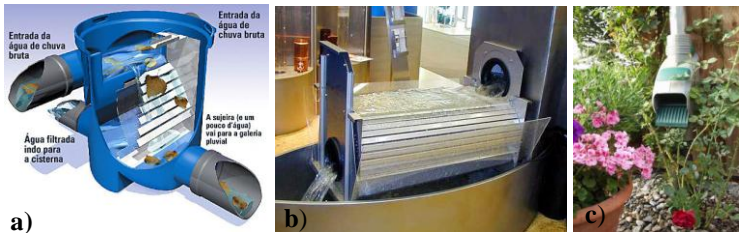
Independente do sistema adotado para a coleta da água da chuva, deve-se evitar a entrada de folhas, gravetos ou outros materiais grosseiros no interior do reservatório de armazenamento, uma vez que estes poderão se decompor, prejudicando a qualidade da água armazenada. A instalação de telas ou grades é uma maneira bastante simples para a remoção deste tipo de material.

De acordo com Andrade et al. (2009) para a remoção de sólidos podem ser empregados filtros, que para esta aplicação são mais comuns aqueles com meio filtrante inerte e com granulometria variável. Vale salientar que estes equipamentos necessitam de água para promover a lavagem do leito filtrante ou estes leitos precisam ser trocados quando os interstícios inter-granulares ficam preenchidos com impurezas, causando perda de carga excessiva para o sistema hidráulico.

De acordo com o Texas Water Development Board (2005) dependendo do tipo e tamanho das árvores próximas e dos resíduos acumulados sobre o telhado, o proprietário do sistema deve escolher o dispositivo de retenção mais adequado. Entre os materiais usados estão tela de arame, nylon, PVC e aço galvanizado.

Para o descarte de folhas, gravetos e detritos, pode-se também utilizar filtros comerciais com peneiras auto-limpantes. Estes filtros, ou

dispositivos de descarte de sólidos, estão disponíveis no mercado brasileiro. Os mais comercializados no Brasil, para residências e indústrias, são os dispositivos VF1 e VF6, respectivamente. Para áreas menores que 40 m<sup>2</sup>, existem no mercado dispositivos de descarte de sólidos que podem ser instalados diretamente nos condutores verticais, como o dispositivo 3P Rainus, ou mesmo no interior dos reservatórios de armazenamento de água de chuva. Estes dispositivos são fornecidos pela empresa Acquasave/3P Technik. A Figura 7 apresenta os filtros citados acima.



**Figura 7: Filtros a) VF1; b) VF6; c) 3P Rainus.**

Fonte: Acquasave (2010).

Magri et al. (2008) desenvolveram uma unidade de peneiramento constituída por uma caixa em fibra de vidro, dentro da qual quatro peneiras se posicionam a 60° com a horizontal, para facilitar o escoamento da água e a limpeza. As malhas das peneiras são de nylon, e tem o tamanho de 148 x 115 mm. A unidade de peneiramento foi fabricada sob medida em fibra de vidro (Figura 8). Foi testado um conjunto de peneiras removíveis com as seguintes aberturas de malhas: 0, 627, 0,385, 0,296 e 0,150 mm. Estas aberturas foram escolhidas levando-se em consideração a abertura da malha, seu custo e disponibilidade no mercado.



**Figura 8: Sistema de peneiramento.**

Fonte: Magri et al. (2008).

No sistema de aproveitamento de água da chuva da Casa Eficiente, executada na Eletrosul/Eletrabras em Florianópolis – SC, foram avaliados três modelos de dispositivos de descarte de sólidos, em que dois deles são destinados a pequenas áreas de captação (dispositivos Filtro Coletor 3P e 3P Rainus), e o outro modelo avaliado é destinado para áreas de captação maiores, de até 200 m<sup>2</sup> (dispositivo VF1). Estes dispositivos são fornecidos pela empresa Acquasave/3P Technik. Os resultados da avaliação possibilitaram verificar o desempenho desses dispositivos com relação às perdas de água. O dispositivo 3P Rainus apresentou excelente desempenho para a situação da Casa Eficiente. Verificou-se que o funcionamento do dispositivo de descarte de sólidos ocorreu adequadamente e as perdas de água foram insignificantes, menores que 0,5%. Porém, quando ensaiado com folhas pequenas, elas passam pela pré-peneira e tendem a ficar aderidas à peneira, dificultando a passagem da água e ocasionando maiores perdas do líquido. O dispositivo Filtro Coletor 3P na presença de folhas e detritos apresentou perdas de água superiores a 70%, não sendo aconselhável o seu uso. O dispositivo VF1 apresentou excelentes resultados: insignificantes perdas quando ensaiado apenas com água; e perdas em torno de apenas 8% quando ensaiado com folhas e detritos, mostrando-se apropriado para habitações com áreas de captação semelhantes à da Casa Eficiente (ANDRADE et al., 2009).

### **3.3.4. Dispositivos de Desvio dos Primeiros Escoamentos (Água das Primeiras Chuvas)**

As gotas de chuva trazem consigo as partículas que estão suspensas no ar e substâncias gasosas solúveis em meio líquido. Em áreas urbanas, constata-se a presença de substâncias nocivas como o Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>) e Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>), liberados pelos veículos e pelas fábricas. Além disso, a poeira e a fuligem contendo substâncias tóxicas se agregam, ou se depositam nas áreas de coleta das águas pluviais, contaminando as águas (FENDRICH, 2009).

A contaminação é particularmente forte nos primeiros milímetros de chuva, que “limpam” o ar e as áreas de coleta, após um longo período de estiagem. Os volumes descartados são determinados em função da qualidade da água durante as fases iniciais de precipitação, que ocorrem após diferentes períodos de estiagem (ANA/FIESP & SindusCon/SP, 2005).

Dentre as várias maneiras de se realizar o desvio das águas das primeiras chuvas, a utilização do dispositivo com “torneira de bóia” ou do dispositivo “bóia flutuante”, se destacam. Ambos seguem o mesmo princípio: com o início da chuva, o reservatório de desvio, que se encontra vazio, recebe a água transportada pelas calhas e condutores até que atinja seu limite. A entrada da água será então interrompida, através do fechamento automático de uma bóia, e a partir desse momento, a água passa a escoar para o reservatório de armazenamento. Ao término da chuva, a água retida no reservatório de desvio é descartada por meio de um pequeno orifício ou pela abertura de um registro (ANDRADE et al., 2009).

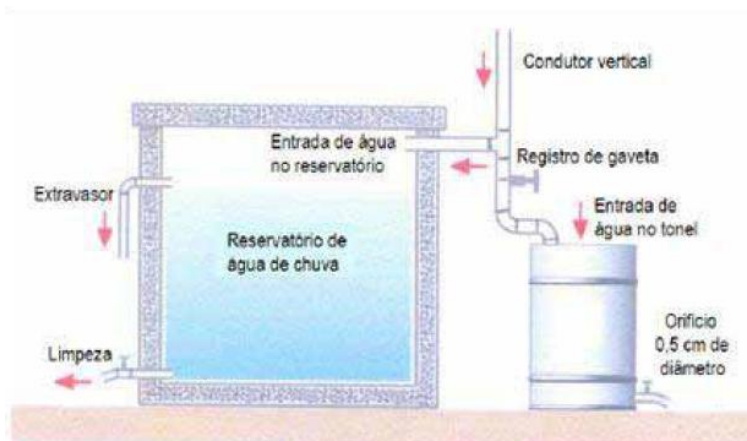
A Figura 9 apresenta dois dispositivos de desvio das águas das primeiras chuvas, do tipo bóia flutuante (AQUABARREL, 2011).



**Figura 9: Dispositivos de desvio das águas das primeiras chuvas do tipo bóia flutuante.**

Fonte: AQUABARREL (2011).

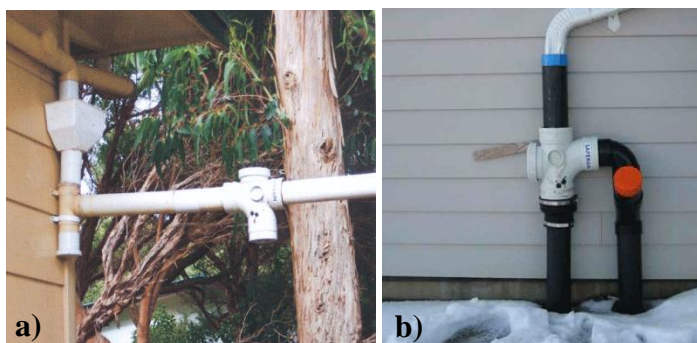
No estudo realizado por Dacach (1990, citado por Peters, 2007), utilizou-se um tonel com capacidade para 50 litros que funcionava da seguinte forma: a água de chuva coletada pelo telhado passava pelas calhas e descia através de um condutor vertical chegando até o tonel, que em sua parte inferior localizava-se um pequeno orifício (0,5 cm). 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 (Figura 10).



**Figura 10: Descarte das primeiras águas de chuva utilizando tonel.**

Fonte: Dacach (1990, apud Peters, 2007).

A Empresa Australiana SAFERAIN desenvolveu desviadores das primeiras águas de chuva, tais como o desviador com válvula de desvio horizontal e o desviador com válvula de desvio vertical, como podem ser vistos na Figura 11 (SAFERAIN, 2011).



**Figura 11: Desviador com válvula de desvio horizontal (a) e vertical (b).**

Fonte: SAFERAIN (2011).

De acordo com SAFERAIN (2011) o desviador com válvula de desvio horizontal deve ser instalado quando a tubulação de alimentação do reservatório encontra-se na horizontal. Já o desviador com válvula de desvio vertical deve ser instalado quando o tubo de queda que alimenta o reservatório tem um formato de “L”. Cabe ressaltar que para estes

dispositivos a válvula de desvio é ajustável, permitindo um controle completo sobre a quantidade de água a ser encaminhada ao reservatório.

No sistema de aproveitamento de água da chuva da Casa Eficiente, em Florianópolis – SC, foram testados três tipos de dispositivos de desvio das águas das primeiras chuvas. Dois destes equipamentos foram montados com materiais disponíveis em lojas de materiais de construção, como bombonas, tubos e conexões de PVC, e foram assim denominados de equipamentos de baixo custo destinados ao desvio de águas dos primeiros escoamentos. O terceiro equipamento foi adquirido da empresa australiana SAFERAIN. Os resultados mostraram que o dispositivo volumétrico com tubo de PVC funcionou perfeitamente, apresentando baixo custo, especialmente para pequenas áreas de captação. O dispositivo volumétrico de bombona, apesar de ser de baixo custo, não funcionou adequadamente, pois a vedação da tampa da bombona é de difícil manuseio e apresentou vazamentos. O dispositivo SAFERAIN apresentou baixa precisão, mostrando-se difícil de ser ajustado. Em alguns ensaios, este dispositivo desviou mais de 30% do volume esperado (ANDRADE et al., 2009).

O desvio das águas dos primeiros escoamentos resulta em um grande aumento na qualidade da água armazenada. No entanto, não há conhecimento suficiente sobre parâmetros geográficos, os efeitos dos padrões climáticos, os volumes necessários e propriedades das superfícies de captação para identificar exatamente o que constitui um dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos. Uma pesquisa realizada sobre quantificação e qualificação dos volumes desviados sugere que cada área de captação tem características únicas que exercem influência sobre o volume do escoamento superficial, o qual contém concentrações de contaminantes inicialmente elevadas. Áreas de captação próximas exigem muitas vezes o desvio de diferentes volumes de água da chuva (KIM et al., 2005). São necessárias maiores investigações nesta área.

Para o dimensionamento do dispositivo de desvio das águas dos primeiros escoamentos utiliza-se normalmente 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, geralmente é descartado 1,0 l/m<sup>2</sup> ou 1 mm de chuva por metro quadrado (TOMAZ, 2003). Andrade Neto (2003, citado por Fernandes et al., 2007), defende a retenção de um litro de água da chuva para cada metro quadrado de área de captação.

### 3.3.5. Reservatórios de Armazenamento de Água de Chuva

Em um sistema de aproveitamento de água de chuva, o componente mais oneroso é quase sempre o reservatório. É de grande importância o criterioso dimensionamento deste componente, que pode ser construído com diversos materiais: concreto armado, fibra de vidro, geomembrana de PVC ou de PEAD, ferrocimento, aço inoxidável ou galvanizado, alvenaria de tijolo, dentre outros.

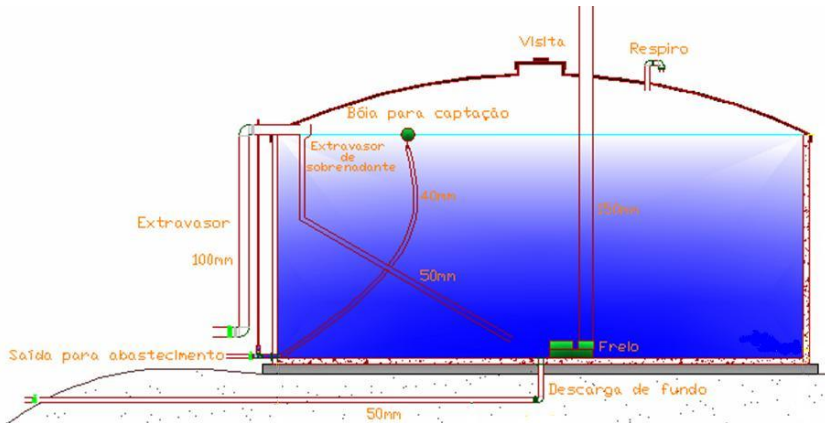
Os reservatórios em fibra de vidro e alvenaria são mais empregados para pequenos volumes (até 30 m<sup>3</sup>), enquanto que os reservatórios em PVC, PEAD e concreto armado são mais recomendados para armazenar grandes volumes (EMBRAPA, 2005). Segundo Gnadlinger (2006) os reservatórios que atualmente estão sendo construídos no Brasil, sobretudo nas comunidades rurais do Nordeste Brasileiro, são os reservatórios de: placas de cimento; tela-cimento; tijolos; ferrocimento; cal; e plástico.

De acordo com sua disposição no terreno, os reservatórios podem ser apoiados ou sobre o solo, semi-enterrados, enterrados (cisternas), ou elevados.

Os reservatórios de armazenamento requerem cuidados que possibilitem a segurança sanitária, com a manutenção da qualidade da água armazenada, ou mesmo melhoria da qualidade desta água. Eles devem ser periodicamente limpos (com frequência mínima entre limpezas de um ano), para remoção de depósitos de sedimentos. A tampa de inspeção destes reservatórios deve ser mantida fechada, para evitar contaminação da água por pássaros, insetos e outros animais. Também se deve evitar a entrada de luz do sol no reservatório, para diminuir a proliferação de algas e outros microrganismos. Os reservatórios deverão, portanto, ser dotados de visitas com portas para inspeção e manutenção, suspiro com tela para evitar a entrada de insetos, tubulação de esgotamento para esvaziamento e limpeza do reservatório. Preferencialmente, eles devem ser dispostos sobre o solo para evitar vazamentos de difícil detecção (ANDRADE et al., 2009).

A NBR 15527:07 recomenda o uso de dispositivos para evitar a conexão cruzada, quando o reservatório de água de chuva também for alimentado com água de uma fonte de água potável. Além disso, os reservatórios devem atender às exigências da NBR 12217:94.

A Figura 12 apresenta um croqui de um reservatório de armazenamento com seus componentes necessários para garantir a segurança sanitária e a qualidade da água armazenada.



**Figura 12: Croqui de um reservatório de armazenamento.**

### 3.3.5.1. Modelos de Reservatórios de Armazenamento

Para o uso humano, necessita-se de um reservatório seguro e fechado, para que não haja vazamentos, evaporação, ou entrada de animais e materiais poluentes. Considerando que a durabilidade e a segurança estão satisfatórias, normalmente se escolheria um tipo de cisterna com base, principalmente, no custo mínimo. Todavia, existem também outros critérios, como segurança do modelo, preferência do usuário, sustentabilidade e geração de emprego. Por esta razão não é aconselhável se fixar em um único modelo (GNADLINGER, 2006).

De acordo com Thomas (2001) o custo da construção de uma cisterna varia entre 50% e 85% do custo total de um sistema de captação de água de chuva. Portanto, a escolha certa, da tecnologia a ser adotada para construção do reservatório de acumulação, exerce uma influência direta na viabilidade financeira de tais sistemas.

A Tabela 6 apresenta alguns tipos de reservatórios utilizados no armazenamento de água de chuva (TEXAS, 1997 apud DE OLIVEIRA, 2004).



**Tabela 6: Tipos de reservatórios para armazenamento de água da chuva.**

<b>Tipos de Reservatórios</b>	<b>Volume (L)</b>
Açudes, barragens, barragens subterrânea, lagos	Livre
Jarras de barro	100 a 3.000
Madeira	Livre
Pedra	Livre
Alvenaria	Livre
Ferro-cimento	Livre
Concreto armado	Livre
Lona / vinil / manta PVC	Livre
Fibra de vidro	10.000 a 120.000
Caixas d'água de fibrocimento	250 a 1.000
Caixas d'água de polipropileno	300 a 1.000
Caixas d'água de polietileno	250 a 2.500
Caixas d'água de fibra de vidro	250 a 20.000
Caixas d'água de aço inox	500 a 2.000

Fonte: Adaptada de Texas (1997, apud De Oliveira, 2004).

A Tabela 7 apresenta características e cuidados que se deve ter com alguns tipos de reservatórios (TEXAS, 1997 apud DE OLIVEIRA, 2004).

**Tabela 7: Características e cuidados com alguns tipos de reservatórios.**

<b>Material / Tecnologia</b>		<b>Características</b>	<b>Cuidados</b>
Plásticos	Tambores	Comercialmente disponível, baixo custo	Usar somente tambores novos
	Polipropileno	Comercialmente disponível, alterável e móvel	Degradante, requer camada exterior
	Polietileno	Comercialmente disponível, alterável e móvel	Degradante, requer camada exterior
	Fibra	Comercialmente disponível, alterável e móvel	Degradante, requer camada interior
Metais	Tambores	Comercialmente disponível, alterável e móvel	Verifique uso anterior para produtos tóxicos, corroe e enferruja, pequena capacidade
	Aço galvanizado	Comercialmente disponível, alterável e móvel	Possibilidade de corroer e enferrujar
Concreto /Alvenaria	Ferrocimento	Duráveis, imóveis	Potencial para rachaduras e falhas
	Concreto	Duráveis, imóveis	Dificuldade para manter
	Fontes	Duráveis, imóveis	Potencial para rachaduras
Madeiras	Sequóia, Douglas, Fir, Cipreste	Atraente, durável	Caro

Fonte: Adaptada de Texas (1997, apud De Oliveira, 2004).

### **Cisterna de Placas de Argamassa**

De acordo com Gnadlinger (2006) a cisterna de placas, fabricada com placas de argamassa e arame liso, rebocada por dentro e por fora, é até hoje a mais construída. Estas cisternas foram usadas originalmente em comunidades de pequenos agricultores e atualmente se destacam no Programa “Um Milhão de Cisternas – P1MC”.

A cisterna de placas de argamassa fica semi-enterrada no chão até mais ou menos dois terços da sua altura, para que o empuxo de terra contribua em aliviar as tensões de tração na parede da cisterna (possui baixo desempenho estrutural). Segundo Gnadlinger (2006) esta cisterna consiste em placas de argamassa com tamanho de 50 por 60 cm e com 3 cm de espessura, que estão curvadas de acordo com o raio projetado da

parede da cisterna, dependendo da capacidade prevista. O telhado da cisterna, cônico e raso, também é feito de placas de argamassa, que estão apoiadas em caibros de concreto. A seqüência de fotos apresentada na Figura 13 retrata o método construtivo da cisterna de placas.



**Figura 13: Método construtivo da cisterna de placas.**  
Fonte: ASA BRASIL (2009).

## Reservatório em Concreto Armado

Os reservatórios em concreto armado podem ser construídos no local ou adquiridos pré-fabricados, como aqueles construídos com placas de concreto. Uma das vantagens no uso destes reservatórios é a possibilidade de diminuição da acidez da água, devido à presença de cálcio. Entretanto, quando o reservatório for usado para usos potáveis é essencial o revestimento do seu interior com um material de alta qualidade, para evitar a contaminação da água. A desvantagem do concreto é a tendência a fissuras e vazamentos, principalmente em reservatórios subterrâneos em terrenos argilosos (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005).

A Figura 14 apresenta um reservatório de concreto armado com capacidade para 3.000 m<sup>3</sup>, em fase de construção e finalizado, no município de Itapiranga-SC.



**Figura 14: Reservatório em concreto armado.**

Fonte: Crivelatti (2010).

## Reservatório em Ferrocimento

Mundialmente mais usada é a cisterna de Ferrocimento Artesanal (Figura 15). A tecnologia de ferrocimento se destaca por suas duas principais características de desempenho: resistência e impermeabilidade, além do emprego reduzido de materiais.



**Figura 15: Reservatório em ferro-cimento construída no Nordeste Brasileiro.**

Fonte: Acervo do Projeto “Ferrocimento” da Universidade Federal do Ceará.

Segundo o Marcio Andrade (co-orientador desta dissertação) o Ferrocimento é um material constituído por uma armadura subdividida e distribuída, composta por aços finos – de 2 a 5 mm – e telas, inseridas em argamassa rica de cimento, resultando em um compósito com notáveis qualidades de resistência e impermeabilidade em sua estrutura laminar (de 1 a 3 cm de espessura). Uma das principais características do Ferrocimento Artesanal é a possibilidade de construção de estruturas em dupla curvatura sem o uso de formas, com liberdade de forma, apresentando-se como alternativa economicamente competitiva em relação a outros materiais convencionais, com maior viabilidade, principalmente quando são exigidas simultaneamente as qualidades de resistência e impermeabilidade.

### **Reservatório em Fibra de Vidro**

Reservatórios em fibra de vidro foram testados por vários anos nos campos petrolíferos do Texas e foi comprovada sua durabilidade, além da facilidade em serem reparados. Para volumes de 4.000 litros os reservatórios de polipropileno proporcionam uma melhor relação custo-benefício, mas deve-se optar por modelos opacos visto que este material não se adapta a pinturas (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005).

De acordo com De Oliveira (2004) as vantagens e desvantagens do reservatório em fibra de vidro são:

**Vantagens:**

- Adequada para construções individuais nas comunidades rurais;
- Exceto a cisterna, todos os materiais estão disponíveis no local;
- Leve e de fácil transporte e manuseio;
- Exige pouca mão-de-obra;
- Boa durabilidade;
- Rapidez em ser instalada.

**Desvantagens:**

- Custo dos reservatórios;
- Não tem muita resistência ao calor, o que favorece a formação de rachaduras;
- Reservatórios até 20 m<sup>3</sup>, acima deste volume somente piscinas disponíveis (até 70 m<sup>3</sup> ou reservatórios cilíndricos até 150 m<sup>3</sup>);
- Em cisternas maiores que 20 m<sup>3</sup>, é necessária a construção de teto, o que encarece a obra devido ao grande diâmetro.

Na pesquisa de Husni & Hussein (2009) foi verificado que o processo de fabricação de reservatórios em fibra de vidro passa por duas ações ou etapas com desempenho ambiental negativo, ou seja, as ações de laminação com fibra de vidro e, no extremo oposto, a fabricação do gel utilizado na coloração do artefato. Esta última atividade envolve a manipulação direta de uma gama de matérias primas de elevada toxicidade bem como a geração de uma série de resíduos.

Para se trabalhar com fibra de vidro, é necessário um galpão, bastante ventilado, em vista do cheiro exalado pela resina, que durante o manuseio, é inflamável e muito forte.

A Figura 16 apresenta uma fábrica de reservatórios em fibra de vidro, localizada no Oeste Catarinense.



**Figura 16: Fábrica de reservatórios em fibra de vidro.**

## Reservatório com Chapa de Aço Galvanizado

Este modelo de reservatório é muito utilizado na Austrália, sendo encontrado em escolas, indústrias, residências, na agricultura, na zona rural, e etc (RHINO TANKS, 2009). Os reservatórios com chapa de aço galvanizado são constituídos por paredes laterais em chapa de aço galvanizada corrugada e calandrada. Estes reservatórios são apoiados sobre uma base de concreto armado ou areia compacta. A cobertura é levemente convexa, constituída por telhas e tesouras de aço galvanizado. Aconselha-se utilizar parafusos de aço inoxidável, já que a soldagem pode comprometer a integridade do material galvanizado.

A Figura 17 apresenta etapas de construção de um reservatório feito de chapas de aço galvanizado, na Austrália.



**Figura 17: Método construtivo do reservatório com chapa de aço galvanizado.**

Fonte: RHINO (2010).

## **Cisterna em Geomembrana**

Esta cisterna é constituída por geomembrana (geralmente de PEAD ou de PVC) no fundo e na cobertura da cisterna. As geomembranas normalmente apresentam baixo peso molecular e têm boa resistência à ação de raios solares e ao intemperismo. A sustentação da geomembrana de cobertura pode ser feita por meio de uma estrutura galvanizada, constituída de barras de aço galvanizado.

As etapas construtivas da cisterna estão apresentadas a seguir (BIOTER, 2010):

- 1) Escavação do reservatório;
- 2) Execução de valas de ancoragem;
- 3) Colocação da geomembrana de fundo, a qual tem a finalidade de impermeabilizar o reservatório e armazenar a água coletada;
- 4) Instalação da armação de aço galvanizado, que possui a função de sustentar a geomembrana de cobertura;
- 5) Colocação da geomembrana de cobertura, a qual evita o contato da água armazenada com a atmosfera e luz solar;
- 6) Ancoragem definitiva com terra.

As etapas construtivas da cisterna em geomembrana estão apresentadas na Figura 18.





**Figura 18: Etapas construtivas da cisterna em geomembrana de PEAD.**  
Fonte: BIOTER (2010).

Este modelo de cisterna é recomendado para armazenar grandes volumes de água (EMBRAPA, 2005). O ponto fraco desta cisterna é a manutenção da mesma em caso de furos e vazamentos.

### **Reservatório em Madeira**

Reservatórios de madeira, semelhantes às torres de água em madeira encontradas nos depósitos de estradas de ferro, foram historicamente feitos de pau-brasil. Reservatórios modernos de madeira são geralmente feitos de pinho, cedro, ou cipreste, envolvidos com

cabos de aço, e forrados com geomembrana. Estes reservatórios são geralmente disponíveis em capacidades de 700 a 37.000 litros, e são construídos no local por técnicos qualificados. Eles podem ser desmontados e remontados em um local diferente (TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD, 2005).

Estes tanques são comumente encontrados na Nova Zelândia, já no Brasil não há muita ocorrência. A Figura 19 apresenta etapas de construção de um reservatório em madeira.



**Figura 19: Etapas de construção de um reservatório em madeira.**

Fonte: Texas Water Development Board (2005).

### 3.3.5.2. Dimensionamento dos Reservatórios de Armazenamento

Existem vários métodos de dimensionamento de reservatórios disponíveis na literatura. A título de informação, apenas como exemplo, a NBR 15527:2007 traz em anexo alguns métodos, como o de Rippl, que geralmente resulta em grandes volumes de reservatórios de acumulação e deve ser utilizado apenas para dar uma idéia ao projetista do valor máximo do reservatório a ser adotado. Os demais métodos deste anexo (da simulação, prático brasileiro, alemão, inglês e australiano) não devem ser genericamente utilizados, pois se aplicam a situações particulares. Outros métodos de dimensionamento de reservatórios de águas de chuva são utilizados, como o método Monte Carlo e vários métodos interativos. Métodos, como o de Gumbel, são utilizados como ferramenta auxiliar na previsão do período de retorno

do intervalo de dias consecutivos sem chuva. A seguir, serão apresentados modelos de dimensionamento de reservatórios.

### Método de Rippl

A NBR 15527:2007 sugere o método de Rippl, entre outros, para o cálculo do volume do reservatório de armazenamento de água pluvial. De acordo com PROSAB (2006) é um método de cálculo de volume de armazenamento necessário para garantir uma vazão regularizada constante durante o período mais crítico de estiagem observado. Este método baseia-se no diagrama de massa do sistema, também denominado diagrama de Rippl, originalmente desenvolvido no final do século XIX.

O método consiste na determinação do volume com base na área de captação e na precipitação registrada, considerando que nem toda a água precipitada seja armazenada, e correlacionando ao consumo mensal da edificação, que pode ser constante ou variável.

Campos (2004, citado por Amorim & Pereira, 2008) recomenda que quanto menor o intervalo nos dados pluviométricos, maior será a precisão no dimensionamento, devido ao conceito do Método de Rippl, sendo a utilização de valores diários suficiente. Muitas vezes, devido à ausência de dados, são utilizados valores mensais, que também apresentam resultados satisfatórios, além de tornar o procedimento de cálculo menos trabalhoso. Existem duas maneiras de se verificar o volume do reservatório através deste método: o método analítico e o método gráfico, sendo o analítico mais comum.

Para se aplicar o método de Rippl, primeiramente deve-se calcular a diferença entre a demanda de água pluvial e o volume que escoar pela superfície de captação, para cada intervalo de tempo  $t$  considerado, através da Eq. 4.

$$St = Dt - Vt \quad (4)$$

Em que:

$St$  é a diferença entre a demanda de água pluvial e o volume de água que escoar pela superfície de captação (litros);

$Dt$  é a demanda de água pluvial (litros);

$Vt$  é o volume de água pluvial que escoar pela superfície de captação (litros).

### Modelo comportamental

O modelo comportamental simula a operação do reservatório num período de tempo, simulando fluxos de massa com algoritmos específicos. Os dados de entrada utilizados para simular o fluxo de massa no modelo são baseados em intervalos de tempo que podem ser de minutos, horas, dias ou meses. Quanto menor for o intervalo de tempo utilizado na modelagem, mais confiável e econômico será o dimensionamento (PROSAB, 2006).

A partir do princípio da transferência de massa, e considerando também o balanço hídrico do sistema, uma ou mais equações são desenvolvidas para simular o funcionamento do reservatório frente a um conjunto de variáveis (ROCHA, 2009).

De acordo com Rocha (2009) geralmente os trabalhos realizados com modelos comportamentais consideram séries históricas de precipitação pluviométrica diária ou horária, e a demanda de água pluvial nas edificações no mesmo período. Assim, se o volume de água pluvial disponível no reservatório for maior que a demanda, esta será atendida 100%. Se o volume for inferior à demanda, esta será complementada com água potável.

### Método de Monte Carlo

O método de Monte Carlo simula séries sintéticas de precipitação pluviométrica quando não se dispõe de dados em quantidade suficiente para o dimensionamento do reservatório de água de chuva. Portanto, este método deve ser utilizado em conjunto com outros modelos para que se obtenha o resultado desejado (ROCHA, 2009). Esse método consiste em simular um experimento com a finalidade de determinar propriedades probabilísticas de um conjunto de dados, a partir de uma nova amostragem aleatória dos componentes desses dados (PROSAB, 2006).

É um método considerado simples e flexível e pode ser aplicado em problemas de qualquer nível de complexidade, de acordo com Lopes & Santos (2002, citados por PROSAB, 2006).

### Método Estatístico

Neste método, o dimensionamento do reservatório de armazenamento de água pluvial é realizado em função da probabilidade

de ocorrência de chuvas de determinada intensidade ou através de dias consecutivos sem chuva (GROUP RAINDROPS, 2002).

Para o método que leva em consideração os dias consecutivos sem chuva, recomenda-se a utilização de séries históricas de precipitação pluviométrica diária de pelo menos 40 anos. Porém, alguns pesquisadores vêm utilizando séries curtas nos trabalhos envolvendo este método (ROCHA, 2009).

Inicialmente, determina-se o número de dias consecutivos sem chuva para cada mês ou ano da série de precipitações da região. Após dispor os dados em ordem decrescente, calcula-se a frequência acumulada para cada evento e a frequência total. Por meio da equação de distribuição de Weibull (Eq. 5), calcula-se a probabilidade de cada evento (ROCHA, 2009).

$$P = \frac{M}{(Nt + 1)} \quad (5)$$

Em que:

P é a probabilidade de ocorrência do evento (adimensional);

M é a frequência acumulada do evento (adimensional);

Nt é a frequência acumulada total (adimensional).

Calcula-se, posteriormente, o tempo de recorrência para cada evento, utilizando-se a Eq. 6.

$$T = \frac{1}{P} \quad (6)$$

Em que:

T é o período de retorno do evento (meses ou anos);

Em seguida, calcula-se a variável reduzida (X) pela equação estatística de Gumbel (Eq. 7).

$$X = -\ln [-\ln (1 - P)] \quad (7)$$

Em que:

X é a variável reduzida;

Pode-se também determinar o número de dias consecutivos sem chuva, utilizando-se tratamento estatístico e pelo Método de Gumbel,

com séries históricas de precipitações, através do seguinte procedimento (THIESEN, 2004):

- 1) Conta-se o número máximo de dias consecutivos sem chuva para cada ano;
- 2) Calcula-se a média aritmética e o desvio padrão, através das seguintes equações:

$$\overline{DS} = \frac{\sum_{i=1}^n DS_i}{n} \quad (8)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (DS_i - \overline{DS})^2}{n-1}} \quad (9)$$

Em que:

$DS$  número máximo de dias consecutivos sem chuva do ano;

$\overline{DS}$  média aritmética do número máximo de dias consecutivos sem chuva;

$n$  número de anos;

$\sigma$  desvio padrão.

- 3) Adota-se um período de retorno conveniente e aplica-se o método de Gumbel, utilizando as equações a seguir:

$$b = -\ln \left[ -\ln \left( \frac{T-1}{T} \right) \right] \quad (10)$$

$$K = (0,7797 \times b) - 0,45 \quad (11)$$

$$DS = \overline{DS} + K \sigma \quad (12)$$

Em que:

$K$  fator de frequência;

$b$  parâmetro de ajuste;

Group Raindrops (2002) recomenda a adoção de um período de retorno de 3 anos.

O volume do reservatório é dimensionado em função do período de retorno definido pelo projetista. Para cada tempo, há um número equivalente de dias consecutivos sem chuva. A partir desse número calcula-se o volume do reservatório por meio da Eq. 13.

$$V_R = N \times D_{ac} \times DS \quad (13)$$

Em que:

- $V_R$  volume do reservatório de água pluvial (litros);  
 $N$  número de pessoas atendidas;  
 $D_{ac}$  demanda diária de água da chuva (litros per capita/dia);

De acordo com Silva et al. (1988, citado por De Oliveira, 2004) deve-se considerar um volume de perdas eventuais de água (fator de segurança) de 10%, por isso multiplica-se o volume encontrado por um coeficiente de 1,1.

### Métodos Práticos

Alguns trabalhos sugerem a utilização de métodos práticos para o dimensionamento do reservatório de armazenamento de água da chuva. O método prático australiano; o método prático alemão; e o método prático inglês são os mais utilizados.

### Comparação entre métodos de dimensionamento

No estudo de Amorim & Pereira (2008), foram estudados os principais métodos de dimensionamento de reservatórios e foi realizado um estudo comparativo entre eles. De acordo com os autores, quando levado em conta o fator econômico, o dimensionamento através do método de Rippl pode ser realizado através das médias mensais ou diárias do modo analítico, e pelo modo gráfico, que levam a valores menores, porém ainda apresentam uma eficiência considerável. Já nos casos em que é dada maior importância para o suprimento da demanda ao longo do maior período possível, pode-se realizar o dimensionamento com a utilização dos dados referentes ao pior ano da série, com dados mensais ou diários, os quais levam a um maior volume de reservatório e uma eficiência bastante elevada.

A aplicação do “Método de Consideração dos Dias Consecutivos sem Chuva” é interessante para os casos onde se deseja diminuir o custo total do reservatório e onde existem outras fontes de água para o suprimento da demanda.

O Método Prático Brasileiro e o Método Prático Inglês podem ser aplicados para casos onde se deseja suprir a demanda de água pluvial por todo ou para a maior parte do ano possível.

O Método Prático Alemão e o Método Prático Australiano são mais indicados quando se deseja diminuir o volume do reservatório, diminuindo assim os gastos com a implantação do sistema.

De acordo com Amorim & Pereira (2008) embora existam grandes dispersões entre os valores obtidos para o reservatório de armazenamento de água pluvial para os métodos analisados, a escolha do mais adequado deve ocorrer de acordo com os interesses finais do aproveitamento da água de chuva e em função da região de implantação. Em regiões chuvosas, por exemplo, deve-se escolher métodos mais conservadores, que levam a volumes inferiores para o reservatório. Por outro lado, em regiões secas, o ideal é utilizar métodos que superdimensionam o reservatório para que a água coletada nos períodos de chuva possa suprir a demanda nos períodos secos.

### **3.3.6. Dispositivos de Proteção Sanitária**

Para proteção sanitária e conservação da qualidade da água de chuva armazenada no reservatório, este deve ser equipado com alguns dispositivos, apresentados a seguir (ANDRADE et al., 2009):

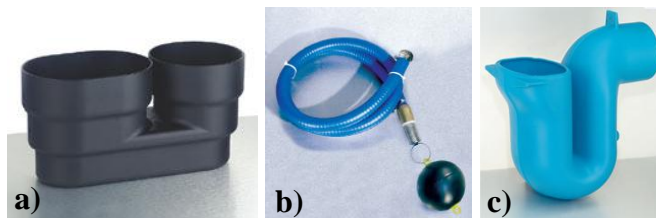
Freio de água: amortece o fluxo de água e contribui para a sedimentação dos sólidos, dificultando a agitação do material sedimentado;

Conjunto flutuante de sucção: com este dispositivo faz-se com que a água seja retirada do reservatório sempre próximo à superfície e, portanto, com menor teor de sólidos e maior concentração de oxigênio dissolvido;

Sifão extravasor: evita a penetração de gases, oriundos da rede de drenagem pluvial; possibilita a retirada das impurezas da superfície da água; e restringe a entrada de animais.

Na Figura 20 estão apresentados detalhes de dispositivos de proteção sanitária do reservatório de armazenamento de água de chuva.





**Figura 20: Dispositivos de proteção sanitária instalados na cisterna de água de chuva: (a) freio d'água; (b) conjunto flutuante de sucção; (c) sifão extravasor.**

### 3.3.7. Previsão de Consumo

#### 3.3.7.1. Consumo Urbano

Um fator importante no dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água de chuva é a demanda que se pretende atender. Obter o seu valor, de forma coerente e precisa, influenciará diretamente no volume do reservatório e, conseqüentemente, na economia do sistema. Existem atualmente diversos estudos que apontam para valores de consumo de água numa residência, que podem ser atendidos com água de chuva. A Tabela 8 apresenta as demandas de água não-potável em uma residência, segundo Tomaz (2000).

**Tabela 8: Demanda residencial não potável.**

<b>Demanda Interna</b>	<b>Faixa</b>	<b>Unidade</b>
Vaso sanitário – volume	6 – 15*	L/descarga
Vaso sanitário – frequência	4 – 6	Descarga/hab/dia
Máquina de lavar roupa – volume	100 – 200	L/ciclo
Máquina de lavar roupa – Frequência	0,2 – 0,3	Ciclo/hab/dia
<b>Demanda Externa</b>	<b>Faixa</b>	<b>Unidade</b>
Irrigação de jardim - volume	2	L/dia/m <sup>2</sup>
Irrigação de jardim – frequência	8 - 12	Rega/mês
Lavagem de carro - volume	80 - 150	L/lavagem/carro
Lavagem de carro – frequência	1 - 4	Lavagem/mês

NOTA: \* Desde o ano de 2000, no Brasil, só se pode comercializar vasos sanitários com 6 lpf (nominal) e que na realidade opera com 6,8 lpf.

Fonte: Adaptada de Tomaz (2000).

Existem evidências que o uso de água para fins não-potáveis em estabelecimentos comerciais, como escolas, prédios públicos e mesmo em indústrias (onde pode ser utilizada no processo produtivo), pode responder por mais de 50% do consumo. Faz se necessário uma inspeção cuidadosa no local para uma avaliação precisa.

Em 1986, Brown e Cadwell, dos Estados Unidos, fizeram a seguinte estimativa de consumo, conforme Tabela 9 (DZIEGIELEWSKI, 1993 apud TOMAZ, 2000).

**Tabela 9: Consumo residencial.**

<b>Consumo interno em uma residência</b>	<b>Porcentagem de consumo em uma residência (%)</b>
Bacia Sanitária	35
Lavagem de Roupa	22
Chuveiros	18
Torneiras	13
Banhos	10
Lavagem de pratos	2
Total	100

Fonte: Adaptada de Tomaz (2000).

Na Tabela 10, estão apresentados os consumos médios de água de cinco escolas e universidades, verificados por meio de uma pesquisa elaborada em Denver, em 1991, e apresentada pela AWWA, em 1995 (TOMAZ, 2000).

**Tabela 10: Uso da água em cinco escolas e universidades em Denver, Colorado.**

<b>Uso da água</b>	<b>Uso da água em porcentagem (%)</b>
Consumo doméstico	47,8
Água para rega de jardins	29,5
Água para resfriamento e aquecimento	5,4
Água para resfriamento sem reaproveitamento	5,2
Água para cozinhas	3,9
Perdas de água	3,8
Água para lavanderias	2,9
Outros usos da água	0,8
Vazamentos de água	0,7
Uso total da água	100,0

Fonte: Adaptada de Tomaz (2000).

No Brasil, foi realizado por Ywashima et al. (2006) um estudo do consumo de água em escolas da rede pública de ensino da cidade de Campinas/SP. O objetivo era identificar os diferentes usos da água, bem como, a indicação dos ambientes responsáveis pelas maiores parcelas do consumo.

Foram observados três tipos de escolas: Centro Municipal de Educação Infantil – CEMEI (atende crianças até 4 anos); Escola Municipal de Educação Infantil – EMEI (atende crianças de 5 e 6 anos); e Escola Municipal e Estadual de Ensino Fundamental (EMEF). Nestas escolas foi verificada a condição de operação (existência de vazamentos) dos diferentes pontos de consumo de água. Foram aplicados questionários aos usuários e realizada a observação das atividades que envolvem o uso da água. Observou-se então o modo de realização das atividades, a duração das mesmas (medição dos horários de início e término), as vazões nos pontos de consumo empregadas para a realização das atividades, além de outras variáveis, de modo a estabelecer um dia típico de consumo.

Os usos finais de água obtidos no estudo realizado por Ywashima et al. (2006), para cada uma das três tipologias de escolas observadas, encontram-se na Tabela 11. Apresenta-se também na mesma tabela, o total de água consumida para fins não potáveis, considerando apenas o consumo de água em descargas de vasos sanitários e mictórios.

**Tabela 11: Usos finais de água em três tipologias diferentes de escolas.**

Usos finais	CEMEI		EMEI		EMEF	
	(L/dia)	(%)	(L/dia)	(%)	(L/dia)	(%)
Lavatório	195	4,35	211	6,12	-	-
Lavatório calha	-	-	114	3,30	865	6,53
Bebedouro elétrico	4	0,09	7	0,20	-	-
Filtro	-	-	27	0,78	-	-
Chuveiro	798	17,78	36	1,04	-	-
Pia	1.739	38,76	682	19,77	1.302	9,84
Tanque	117	2,61	11	0,32	124	0,94
Vaso sanitário c/ válvula*	1.243	27,70	2.306	66,84	6.156	46,50
Mictório tipo calha*	-	-	-	-	4.752	35,90
Máquina de lavar roupa	234	5,22	-	-	-	-
Torneira de lavagem	139	3,10	56	1,62	39	0,29
Torneira de hidrômetro	18	0,4	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>4.487,0</b>	<b>100,0</b>	<b>3.450,0</b>	<b>100,0</b>	<b>13.238,0</b>	<b>100,0</b>
<b>Total não potável*</b>	<b>1.243,00</b>	<b>27,70</b>	<b>2.306,00</b>	<b>66,84</b>	<b>6.156,00</b>	<b>82,40</b>

Fonte: Adaptada de Ywashima et al (2006).

Observa-se na Tabela 11 que o total de água consumida em descargas de vasos sanitários e mictórios (usos não-potáveis) em escolas é bastante significativo, chegando a um percentual de 67 % e 82% para a EMEI e EMEF, respectivamente.

### 3.3.7.2. Consumo de Água em Instalações de Suínos e Aves

O consumo de água para dessedentação de animais está diretamente associado ao efetivo dos rebanhos existentes e ao tipo de criação (extensiva ou intensiva). Este corresponde não somente ao consumo propriamente dito dos animais, mas também a toda demanda de água associada à sua criação (FEPAM, 2010).

De acordo com Embrapa (2010) em qualquer fase da criação dos frangos a água deve ser abundante, limpa, sem contaminantes, fresca - com temperatura em torno de 22°C. A água entra no organismo através de três caminhos: como bebida, pelos alimentos e via oxidação metabólica. O consumo da água de bebida depende de vários fatores como idade, sal e proteína da dieta, temperatura ambiental e tipo de ração. Um valor médio a considerar para o consumo é de 2 a 3 litros de

água, por quilo de ração consumida, como um valor de referência na criação de frangos. A Tabela 12 apresenta alguns valores estimados para consumo diário de água por frango.

**Tabela 12: Estimativa de consumo diário de água em mL por frango.**

Semana	mL / dia / frango	L / dia / 12.000 frangos
1	32	384
2	69	828
3	104	1248
4	143	1716
5	179	2149
6	214	2568
7	250	3000
8	286	3432

Fonte: Adaptada de Embrapa (2010).

A Tabela 13 mostra a estimativa de consumo de água (litros/dia), de acordo com o tipo de bebedouro, para a produção de um suíno de 100 kg de peso vivo, de acordo com Embrapa (2010).

**Tabela 13: Estimativa de consumo diário de água (L/dia) por suíno.**

Peso Corporal (kg)	Bebedouro		
	Bom	Ruim	Desperdício
	<b>Consumo diário de água (L)</b>		
5 – 10	0,91	1,59	0,68
11 – 100	4,98	8,32	3,34

Fonte: Adaptada de Penz et al. (1995, apud Embrapa, 2010).

De acordo com De Oliveira (2010) as exigências de água de acordo com a fase de ciclo de produção em instalações suinícolas estão apresentadas na Tabela 14.

**Tabela 14: Exigências de água de acordo com a fase do ciclo de produção.**

Fase	Exigências (L/animal/dia)	
	Mínima	Máxima
Leitão lactente	0,1	0,5
Creche	1,0	5,0
Suínos: 25 – 50 kg	4,0	7,0
50 – 100 kg	5,0	10,0
Porcas em Lactação	20,0	35,0
Porcas em Gestação	15,0	23,0
Cachaços	10,0	15,0

Fonte: Adaptada de De Oliveira (2010).

O consumo de água de suínos em crescimento/terminação tem frequência variável ao longo do dia, apresentando pico no início e no final do período de alimentação. O pico de consumo ocorre duas horas após a alimentação matinal e uma hora após alimentação da tarde (OLSSON & ANDERSSON, 1985, apud PALHARES, 2010).

De acordo com Palhares (2010) a água utilizada na limpeza das instalações representa em média 3,5% do total da água utilizada em suinoculturas. O gasto médio com esta atividade é de 3,0 L/dia/animal, variando de 1,5 a 4,3 L/dia/animal. De acordo com Froese (2003, citado por Palhares, 2010), a quantidade de água utilizada na atividade pode ser reduzida significativamente com a boa gestão, que não só preservará o recurso, mas também resultará em uma redução do volume de dejetos. Melhorias na gestão da água podem significar uma redução de até 25% na fase de crescimento/terminação.

### 3.4. MATERIAIS EM CONTATO COM ÁGUA POTÁVEL

Na gestão da qualidade da água em sistemas de abastecimento, tem necessariamente que se levar em conta que se está perante um reator complexo, onde se estabelecem trocas entre o meio e os materiais presentes (ferro, aço, cimento, plásticos, etc), originando alterações derivadas de mecanismos eletroquímicos, fenômenos biológicos, oxidação, corrosão, etc (BENOLIEL, 1998).

Os materiais usados em sistemas de abastecimento de água podem interferir na qualidade da água de formas diferentes (BENOLIEL, 1998):

- Alteração das características físicas e organolépticas da água, p.ex. cor, sabor e turbidez;

- Alteração nas características químicas da água;
- Desenvolvimento bacteriológico/atividade microbiológica;
- Migração de substâncias tóxicas a partir de materiais orgânicos, como p. ex. revestimentos e tubulações plásticas;
- Migração de substâncias tóxicas a partir de materiais não orgânicos, tais como cimentícios e metálicos.

De modo a avaliar o nível ou grau de alterações na qualidade da água, tem de se recorrer a métodos adequados, nos quais devem ser contemplados fatores que permitam estabelecer, à escala laboratorial, um sistema tão próximo quanto possível do real. Neste sentido, são de particular importância a razão superfície do produto/volume de água do ensaio, as características da água usada no ensaio, o tempo de duração dos ensaios, entre outros (BENOLIEL, 1998).

Com a função principal de conter a água potável, a seleção de revestimentos para estes reservatórios pode ser muito simples. Critérios essenciais na escolha do material: sua capacidade de estar em permanente contato com a água e não manchá-la; não deixar um gosto amargo; não tornar a água turva e não promover crescimento bacteriano ou fúngico. Também é preciso que haja uma boa resistência química ao cloro ou a infinidade de outros compostos que podem ser introduzidos na água. O revestimento adequado deve ter boa resistência química, aderência e outras propriedades associadas com revestimentos de alto desempenho. Mas o mais importante é sua capacidade de ser inerte à água e à sua qualidade (SUBOTSCH, 2007).

### **3.4.1. Revestimento de Reservatórios**

De acordo com Benoliel (1998) os materiais usados no revestimento dos reservatórios são, desde há alguns anos, sujeitos a critérios de seleção que inclui a avaliação do seu efeito nas características organolépticas, microbiológicas e químicas da água abastecida.

Os revestimentos podem ser de diversos tipos de materiais, tais como: sistemas impermeabilizantes, como geomembranas; material metálico, como aço galvanizado; fibra de vidro; pedra; dentre outros.

Os parâmetros a serem analisados na água em contato com o material dependem da constituição do produto a analisar. No entanto, os seguintes parâmetros são geralmente analisados: sabor, cor, turbidez, crescimento microbiológico, pH, alumínio, antimônio, arsênio, bário,

cádmio, cromo, ferro, chumbo, manganês, mercúrio, níquel, selênio e carbono orgânico total (BENOLIEL, 1998).

### **3.4.2. Legislação Internacional sobre os Materiais em Contato com Água Potável**

Na Austrália e Nova Zelândia, está em vigor a norma AS/NZS 4020, de 2005, que especifica os requisitos para a adequação de produtos em contato com água potável, no que diz respeito aos seus efeitos sobre a qualidade da água. Os produtos podem ser dos mais diversos tipos, tais como: tubos; acessórios; componentes e materiais utilizados em aplicações de revestimento, proteção, juntas, vedação e lubrificação na indústria de saneamento e abastecimento de água. Esta norma também pode ser utilizada para testar a adequação de produtos em contato com outros tipos de água que não sejam água potável.

A norma AS/NZS 4020 não leva em consideração as eventuais alterações nos materiais, métodos de fabricação ou de instalação, nem há qualquer consideração sobre a frequência dos testes dos produtos. A repetição dos testes dos produtos é geralmente desejável após um período de cinco anos. Isso está de acordo com as exigências dos organismos no exterior, como os serviços de inspeção de água potável no Reino Unido. Esta Norma avalia se um revestimento afetará adversamente a qualidade da água. Portanto, sua avaliação simplifica a seleção do revestimento. A mais nova edição desta norma foi lançada no ano de 2005 (SUBOTSCH, 2007).

A norma americana NSF/ANSI 61, de 2008 estabelece os requisitos mínimos para o controle dos potenciais efeitos nocivos à saúde humana a partir de produtos, componentes e materiais que entrem em contato com a água potável. Esta norma não estabelece desempenho, gosto e odor, ou requisitos de suporte de crescimento microbiano para produtos do sistema de abastecimento de água potável, componentes ou materiais. Esta norma aborda aspectos cruciais dos componentes constituintes dos sistemas de abastecimento de água potável. Avalia se contaminantes que migram do produto/material para a água potável estão acima dos níveis aceitáveis.

Na Inglaterra, está em vigor a norma “*Regulation 31*”, a qual garante que os fornecedores de água, ao produzirem e distribuírem água potável, usem somente produtos e substâncias que não devem comprometer a potabilidade da água. De acordo com esta norma, todos os produtos em contato com água potável deveriam exigir aprovação.



No entanto, há um número de exclusões importantes. Essas exclusões são:

- Produtos químicos de tratamento de água que estejam em conformidade com uma Norma Inglesa BS EN;
- Produtos exclusivamente para uso no interior de edifícios;
- Produtos com apenas uma pequena área de superfície em contacto com a água ou se o contacto é apenas transitório;
- Produtos que não entram em contacto com água potável;
- Produtos químicos de tratamento (e em algumas situações outros produtos) para uso exclusivamente emergencial.

Na Alemanha, existem certificados de conformidade sanitária dos produtos em contacto com água potável, tais como: DVGW W270 - Crescimento de microorganismos em materiais em contacto com água potável; DVGW W347 - Normas de higiene para os materiais à base de cimento na água potável; e BGA KTW - Uso de plásticos na água potável. A Alemanha também possui uma norma que fornece requisitos para os sistemas e componentes de armazenamento de água. Trata-se da DIN EN 1508.

### **3.4.3. Legislação Nacional sobre os Materiais em Contato com Água Potável**

No Brasil não existe legislação que estabeleça critérios de aceitação de materiais diversos e produtos em contacto com a água potável, como pode ser visto em outros países. Mais próximo disso existe a norma da ABNT NBR 12170, de 2009, que trata da potabilidade da água aplicável a sistemas de impermeabilização. Esta norma é a segunda edição da primeira, elaborada em 1992, a qual foi cancelada e revisada.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA elaborou resoluções que apresentam disposições para embalagens e equipamentos em contacto com alimentos. Neste caso, considera-se a água um alimento. Pode-se citar a seguintes resoluções: Resolução nº 105 da ANVISA, de 19 de maio de 1999, que aprova os regulamentos técnicos: Disposições gerais para embalagens e equipamentos plásticos em contacto com alimentos; a Resolução RDC nº 91 da ANVISA, de 11 de maio de 2001, que aprova o regulamento técnico: Critérios gerais e classificação de materiais para embalagens e equipamentos em contacto com alimentos; e a Resolução RDC nº 20 da ANVISA, de 22 de março de 2007, que aprova o “Regulamento Técnico sobre Disposições para

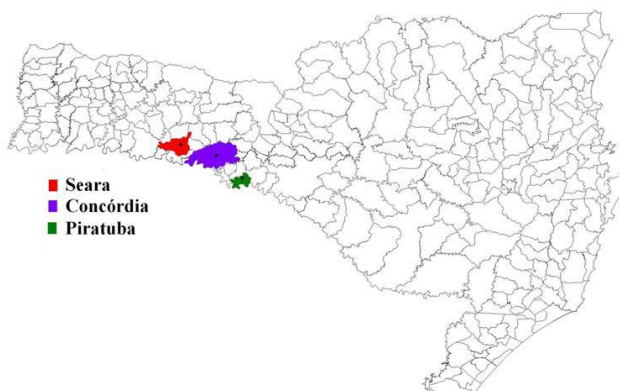
Embalagens, Revestimentos, Utensílios, Tampas e Equipamentos Metálicos em Contato com Alimentos”. De acordo com esta resolução, as embalagens, revestimentos, utensílios, tampas e equipamentos metálicos com ou sem revestimentos poliméricos, nas condições previstas de uso, não cederão aos alimentos, substâncias indesejáveis, tóxicas ou contaminantes em quantidades que representem risco para a saúde humana.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO DE ESTUDO

Os sistemas piloto foram implantados em 3 (três) municípios localizados na Região Oeste de Santa Catarina. O Sistema piloto S1 foi implantado em uma escola pública, no município de Piratuba. Instalou-se o Sistema piloto S2 em uma escola pública, no município de Seara. O Sistema piloto S3 foi implantado em uma instalação suinícola, em Concórdia. Por fim, construiu-se o Sistema piloto S4 em uma instalação suinícola, também em Piratuba.

A Figura 21 apresenta a localização dos municípios nos quais foram instalados sistemas piloto de aproveitamento de água de chuva.



**Figura 21: Localização dos municípios onde foram implantados os sistemas piloto.**

Os sistemas piloto deste trabalho foram construídos ao longo dos anos de 2009 e 2010.

## 4.2. DEFINIÇÃO DAS TECNOLOGIAS PROPOSTAS

### 4.2.1. Reservatórios de Armazenamento

Apresenta-se neste trabalho uma tecnologia inovadora para construção de grandes reservatórios de armazenamento para sistemas de aproveitamento de água de chuva. Propõe-se a construção de reservatórios cilíndricos, sobre o solo, com placas de ardósia (folhelhos ardosianos) armadas com tela soldada de aço estrutural ou cabos de aço pré-tracionados, e argamassagem manual.

Propõe-se também um reservatório comumente utilizado em países como a Inglaterra e a Austrália, porém sem ocorrência prévia no Brasil: o reservatório de aço galvanizado.

#### 4.2.1.1. Reservatório de Placas de Ardósia

Optou-se por esta tecnologia devido à forte ocorrência dos folhelhos ardosianos em Trombudo Central, região central de Santa Catarina; devido ao baixo custo da pedra, entorno de R\$ 5,00 o metro quadrado de pedra; e pela facilidade na execução, já que as placas de ardósia servem de “forma perdida” para a camada estrutural. A tecnologia de construção de reservatórios de ardósia foi desenvolvida pelo Eng. Marcio Andrade, que utilizou esta técnica pela primeira vez em uma cisterna de 10 m<sup>3</sup> executada no Município de Urupema-SC, em dezembro de 2007, conforme divulgado em Schweitzer & Andrade (2009).

Os folhelhos ardosianos utilizados neste trabalho foram extraídos de uma jazida no Município de Trombudo Central, região do Alto Vale do Itajaí. Esta rocha apresenta características de resistência inferiores a da ardósia propriamente dita, como as originárias de Minas Gerais, devido à sua origem sedimentar, enquanto a ardósia é uma rocha metamórfica. Neste trabalho chama-se o folhelho ardosiano de ardósia, como é popularmente conhecida no Estado de Santa Catarina.

A ardósia de Trombudo Central é caracterizada como uma rocha sedimentar de origem periglacial lacustre. Gerra (1997, citado por Cunha, 2007) ainda acrescenta que a ardósia é composta por uma sucessão de camadas – argilosas e siltosas. Estas camadas indicam ciclos anuais, e possuem espessuras que variam de 1 mm a 2-3 cm. Em Trombudo Central, a ardósia é extraída desde a década de 60, na localidade de Bracatinga I, onde existem diversas jazidas.

A ardósia utilizada neste trabalho apresenta cor cinza-escura e desenvolve planos preferenciais de partição correspondentes à denominada “clivagem ardosiana”. Ela é uma rocha homogênea, compacta e com granulação muito fina. Os principais minerais encontrados nas ardósias são o quartzo, mica branca, clorita, sericita, feldspato, carbonato e óxido de ferro (PORTAL SÃO FRANCISCO, 2010).

Foram construídos três reservatórios de placas de ardósia com capacidades para 50 m<sup>3</sup>, 80 m<sup>3</sup> e 250 m<sup>3</sup>. As placas de ardósia, utilizadas nos reservatórios dos sistemas piloto deste trabalho, têm 2,5 m de altura, 40 cm de largura e 6 cm de espessura, como mostra a Figura 22. Estas placas foram rejuntadas com adesivo selante à base de poliuretano, atóxico.

Os reservatórios foram construídos nos sistemas piloto S1, S2, e S3, respectivamente. O primeiro, de 50 m<sup>3</sup>, foi executado com placas de ardósia armadas com cabos de aço, envoltos por uma camada protetora constituída por tela hexagonal de arame galvanizado revestido por uma argamassa de cimento e areia média. Este reservatório foi executado apoiado sobre uma laje de concreto armado e recebeu um revestimento interno com geomembrana de PVC atóxica. Os outros dois, de 80 e 250 m<sup>3</sup>, foram construídos com placas de ardósia, revestidos externamente com uma camada de ferrocimento artesanal. Esta é constituída por uma armadura de tela soldada e tela hexagonal de arame galvanizado, e uma argamassa rica de cimento e areia média. Os reservatórios de de 80 e 250 m<sup>3</sup> também foram construídos sobre uma laje de concreto armado.

A cobertura dos três reservatórios de placas de ardósia foi confeccionada em telhas de aço galvanizado corrugada, com espessura de 0,43 mm. Para sustentação das mesmas, foram instaladas tesouras metálicas em chapa de aço galvanizado com 2,00 mm de espessura, com contraventamento, sem soldas, totalmente aparafusadas.



**Figura 22: Placas de ardósia.**

Portanto, dos três reservatórios de placas de ardósia, dois deles foram construídos com armadura de tela soldada e sem geomembrana (reservatórios de 80 e 250 m<sup>3</sup>), enquanto que o outro foi executado com armadura de cabos de aço e com geomembrana (reservatório de 50 m<sup>3</sup>). Optou-se por métodos e materiais diferenciados para avaliar a viabilidade de diferentes tecnologias.

#### Composição Química e Mineralógica da Ardósia

De acordo com o Ensaio de Fluorescência de Raios-X realizado por Cunha (2007), a composição química da ardósia de Trombudo Central apresentou maiores concentrações das seguintes espécies: óxido de silício (SiO<sub>2</sub>), o óxido de alumínio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) e o óxido de ferro (F<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), como mostra a Tabela 15.

**Tabela 15: Composição química da ardósia de Trombudo Central.**

<b>Espécie</b>	<b>%</b>	<b>Espécie</b>	<b>%</b>
C	5,90	MnO	0,06
Na <sub>2</sub> O	2,27	CaO	1,15
MgO	3,46	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17,21	Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,02
SiO <sub>2</sub>	57,7	Rb <sub>2</sub> O	0,01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,26	SrO	0,01
SO <sub>3</sub>	0,19	ZrO <sub>2</sub>	0,03
K <sub>2</sub> O	3,38	BaO	0,09
TiO <sub>2</sub>	0,98	Total	100,00

Por meio do Ensaio de Difratomia de Raios-X, Cunha (2007) também obteve a composição mineralógica da ardósia, como mostra a Tabela 16.

**Tabela 16: Composição mineralógica da ardósia.**

<b>Mineral</b>	<b>Fórmula química</b>
Quartzto	$\text{SiO}_2$
Albita	$\text{Na Al Si}_3 \text{O}_8$
Clinocloro	$\text{Mg}_{2,5} \text{Fe}_{1,65} \text{Al}_{1,5} \text{Si}_{2,2} \text{Al}_{1,8} \text{O}_{10} (\text{OH})_8$
Dolomita	$\text{Ca Mg} (\text{CO}_3)_2$
Muscovita	$\text{K Al}_3 \text{Si}_3 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$
Ortoclásio	$\text{K Al Si}_3 \text{O}_3$

Fonte: Cunha (2007)

#### 4.2.1.2. Reservatório de Chapas de Aço Galvanizado

Este modelo de reservatório é comumente utilizado na Austrália. No Brasil, podem ser encontrados reservatórios de chapas de aço galvanizado, os quais costumam ser abertos, sem cobertura, com no máximo 1,70 m de altura, e armazenam água para consumo animal ou para irrigação. Este reservatório metálico brasileiro é denominado de Reservatório Tipo Australiano, e é normalmente construído com chapas de aço galvanizado, corrugadas para dar maior resistência; montagem através de parafusos; com vedação de feltro e impermeabilizante à base de asfalto; e com aplicação de impermeabilizante nas uniões das chapas. A particularidade do modelo apresentado neste trabalho está na altura de 3 m, e na presença de cobertura metálica.

Optou-se por trabalhar com reservatórios de chapas de aço galvanizado por armazenarem grandes volumes de água, sendo indicados para consumo animal e irrigação. Outro fator de escolha foi a predominância de funilarias na região do Oeste Catarinense. Por já trabalharem com chapas de aço galvanizado na fabricação de silos, estas fábricas podem incluir facilmente este modelo de reservatório em seus produtos de venda. São, portanto, potenciais fabricantes desta tecnologia, o que já viabiliza tecnicamente este modelo de reservatório na região de estudo.

No Sistema piloto S4, foi executado um reservatório de chapas de aço galvanizado (com espessura de 1,55 mm) corrugadas e calandradas (Figura 23) com capacidades para 200 m<sup>3</sup> e com uma altura de 3 m. Este foi executado sobre uma laje de concreto armado, e para vedação das

juntas entre as chapas, foi colocado adesivo selante. A cobertura foi confeccionada em telhas de aço galvanizado corrugada, com espessura de 0,43 mm. Para sustentação das mesmas, foram instaladas tesouras metálicas em chapa de aço galvanizado com 2,00 mm de espessura, com contraventamento, sem soldas, e totalmente aparafusadas.



**Figura 23: Chapas de aço galvanizado corrugadas e calandradas.**

### Características das Chapas de Aço Galvanizado

As chapas de aço galvanizado são enquadradas na categoria de “aços estruturais”. Estes possuem alta resistência mecânica e são indicados principalmente para usos planos e em aplicações que requeiram dobramentos simples, corrugações ou estampagem leve, tais como: telhas, silos, e perfis estruturais para a construção civil e estrutura de ônibus (CSN, 2011). De acordo com CSN (2011) as chapas reúnem num só produto a resistência mecânica do substrato aço e a elevada resistência à corrosão conferida pela camada de revestimento de zinco.

A norma NBR 7008 de 2003 estabelece os requisitos para os produtos planos de aço, zincados pelo processo contínuo de imersão a quente, com espessuras iguais ou inferiores a 3,00 mm, na forma de chapas e bobinas. De acordo com esta a norma, as chapas revestidas com zinco são classificadas em diversos graus de aço, tais como: qualidade comercial (ZC); qualidade de perfilagem (ZP); qualidade estampagem média (ZE); qualidade estampagem profunda (ZEE); e qualidade estrutural (ZAR). Portanto, as chapas de aço galvanizado são classificadas em grau de qualidade estrutural.

As chapas de aço deste trabalho são classificadas em grau de qualidade estrutural ZAR – 345, considerado de alta resistência. A



composição química e propriedades mecânicas das chapas utilizadas neste trabalho estão apresentadas na Tabela 17 (ABNT, 2003).

**Tabela 17: Características das chapas de aço galvanizado ZAR - 345.**

Composição Química (% máxima)					Propriedades Mecânicas			
C	Mn	P	Al (min)	S	Limite de escoamento min. (MPa)	Limite de resistência min. (MPa)	Alongamento	
							Base de medida (mm)	Valor min. (%)
0,20	<sup>(1)</sup>	0,20	<sup>(1)</sup>	0,04	345	430	50	12

NOTA: <sup>(1)</sup> Não há valor especificado. Porém, os valores encontrados devem constar no certificado de análise da composição química do aço.

Fonte: Adaptada de ABNT (2003).

## 4.2.2. Componentes e Dispositivos

### 4.2.2.1. Calhas e Condutores Verticais e Horizontais

As calhas utilizadas são de aço galvanizado com seção semi-retangular. Possuem coeficiente de rugosidade de 0,011 (material metálico). A saída das calhas é com aresta viva. Os condutores verticais e horizontais são de PVC, com seção circular e coeficiente de rugosidade de 0,011.

### 4.2.2.2. Dispositivo de Descarte de Sólidos

Foram avaliados três diferentes dispositivos de descarte de sólidos: o Filtro Volumétrico VF6, da empresa Acquasave/3P Technik; e dois dispositivos inovadores, desenvolvidos neste projeto de pesquisa - o Funil Coador e a Bombona Coadora. Estes dispositivos estão apresentados a seguir.

#### Funil Coador

Este dispositivo foi feito com um funil em fibra de vidro (Figura 24(a)) dentro do qual foram introduzidas três peneiras que têm a função de reter os materiais sólidos presentes na água da chuva, como mostra a

Figura 24(b)(c)(d). Este dispositivo foi instalado nas duas instalações suinícolas (sistemas piloto S3 e S4).

A peneira superior foi feita com uma tela moeda inox; furos de 18 mm de diâmetro; e espessura da chapa de 1,6 mm. Esta peneira é levemente côncava. A peneira intermediária foi feita com tela soldada inox; malha 4; abertura da malha de 6,35 x 6,35 mm; e diâmetro do fio de 0,63 mm. A peneira inferior foi feita com tela de aço inox; malha 14; abertura da malha de 1,31 x 1,31 mm; e diâmetro do fio de 0,50 mm. A peneira intermediária e a inferior possuem concavidade acentuada (formato semi-esférico).

O funil, feito em fibra de vidro, forma um ângulo de  $72^{\circ}$  com a superfície plana horizontal e possui uma capacidade para 100 L.



**Figura 24: a) Funil Coador; b) peneira superior; c) peneira intermediária; d) peneira inferior.**

### Bombona Coadora

Este dispositivo de descarte de sólidos é constituído por uma bombona plástica de 200 L (Figura 25(a)), na qual foram introduzidas duas peneiras metálicas no interior, para retenção dos resíduos sólidos (Figura 25(b)). Este dispositivo foi instalado no Sistema piloto S1.

As peneiras têm formato cônico, sendo que uma foi introduzida dentro da outra. A mais externa foi feita com tela de aço inox; malha 14; abertura da malha de 1,31 x 1,31 mm; e diâmetro do fio de 0,50 mm. A peneira interna foi feita com tela soldada inox; malha 4; abertura da malha de 6,35 x 6,35 mm; e diâmetro do fio de 0,63 mm.



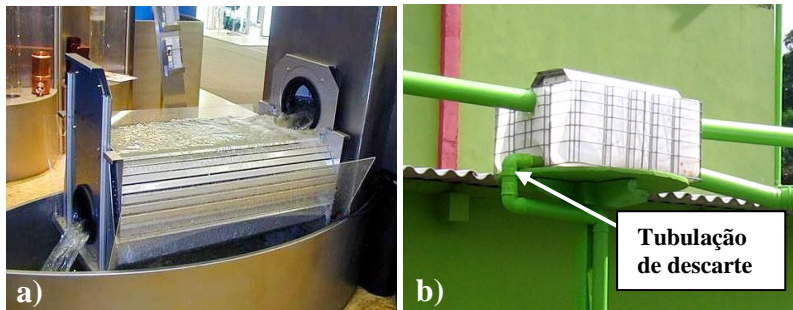
**Figura 25: a) Bombona Coadora; b) telas para retenção dos resíduos.**

O dimensionamento dos dispositivos de descarte de sólidos desenvolvidos neste trabalho foi feito de forma empírica devido à existência de muitas variáveis específicas de um local a outro, principalmente no que diz respeito à quantidade de sólidos depositados na área de captação.

### Filtro Volumétrico VF6

De acordo com Acguasave (2010) recomenda-se o uso do Filtro Volumétrico VF6 (Figura 26(a)) para áreas de captação de até 1500 m<sup>2</sup>.

É importante colocar este dispositivo no interior de um reservatório/calha para que a água com resíduos eliminada seja conduzida até a tubulação de descarte, como mostra a Figura 26(b). Este filtro é elemento integrante do Sistema piloto S2. As folhas e resíduos acumulados no interior do reservatório/calha, ao longo do tempo, devem ser retirados manualmente uma vez por mês para evitar o entupimento da tubulação de descarte. Neste trabalho, o filtro VF6 foi colocado no interior de uma bombona plástica retangular (a mesma utilizada no dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos, descrito posteriormente), cuja parte superior foi recortada.

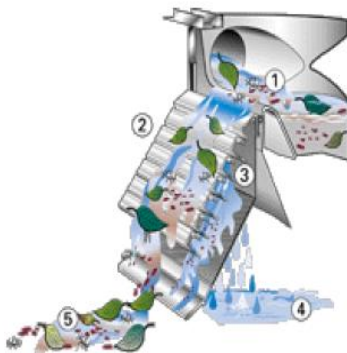


**Figura 26: a) Filtro Volumétrico VF6; b) detalhe da tubulação de descarte.**

### **Princípio de funcionamento::**

De acordo com Aquasave (2010), o princípio de funcionamento é descrito da seguinte maneira (Figura 27):

- 1) A água de chuva, ao chegar no dispositivo é "freada" na represa superior, sendo então conduzida para as cascatas;
- 2) A limpeza preliminar se dá pelo princípio das cascatas. A sujeira mais grossa (folhas, etc.) desce por elas e é encaminhada para a tubulação de descarte, que por sua vez conduz a sujeira para a rede de esgoto pluvial;
- 3) A água de chuva, já livre das impurezas maiores, passa então pela tela (malhas de 0,26 mm) abaixo das cascatas. Devido ao desenho especial da tela, esta conduz a sujeira fina, por ela retida, também para a tubulação de descarte. Portanto, ela é auto-limpante. Com isso se obtém intervalos grandes de manutenção;
- 4) A água limpa se encaminha para a cisterna;
- 5) A sujeira vai para a rede de esgoto pluvial.

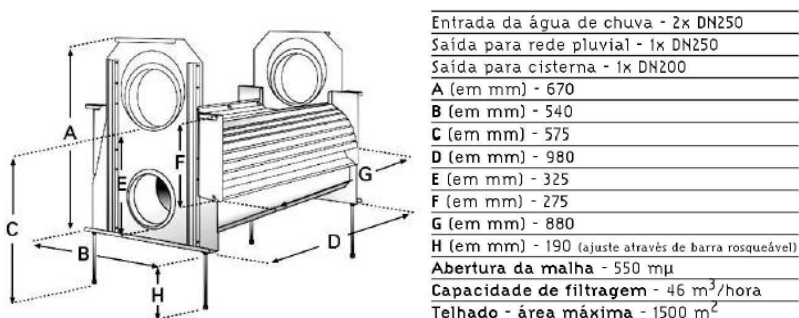


**Figura 27: Princípio de funcionamento do filtro VF6.**

Fonte: Acquasave (2010).

### Dimensões e informações técnicas:

A Figura 28 apresenta as dimensões e informações técnicas do VF6 (ACQUASAVE, 2010).



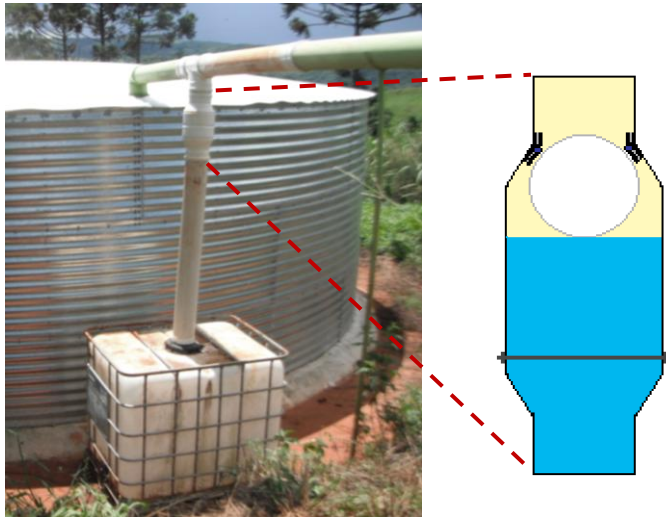
**Figura 28: Dimensões e informações técnicas do filtro VF6.**

Fonte: Acquasave (2010).

#### 4.2.2.3. Dispositivo de Desvio das Águas dos Primeiros Escoamentos

Para o desvio das águas dos primeiros escoamentos, optou-se pela bombona plástica com bóia flutuante e dreno de fundo, como mostra a Figura 29. Este dispositivo, com suas peculiaridades, foi desenvolvido e proposto neste trabalho de pesquisa. Este foi instalado em todos os sistemas piloto.

Andrade Neto (2003, citado por Fernandes et al., 2007), defende a retenção de um litro de água da chuva para cada metro quadrado de área de captação. Sabendo disso, procurou-se encontrar bombonas plásticas que fossem volumetricamente apropriadas para os sistemas piloto deste trabalho. Optou-se por bombonas brancas de 1000 L, retangulares (1,15 x 0,95 m), e com abertura superior central de 150 mm. Estas bombonas eram anteriormente utilizadas para armazenamento de aditivos para ração de animais, constituídos por vitaminas e pró-vitaminas. Portanto, elas foram reaproveitadas. Este tipo de bombona é bastante encontrado na região oeste catarinense devido à grande atividade agropecuária.



**Figura 29: Dispositivo de desvio das primeiras águas de cada chuva com destaque na expansão onde se localiza a bóia flutuante.**

A seguir, serão apresentadas as etapas de construção deste dispositivo:

- 1) Na tubulação de entrada do reservatório (diâmetro de 150 mm), pouco antes da entrada, instalou-se um tê de 150 mm;
- 2) Foi feita uma expansão (destaque da Figura 29) para colocar a bóia. Esta foi feita da seguinte maneira:
- 2a) Encaixou-se duas reduções de 200 x 150 mm com uma união simples de 200 mm;

- 2b) Introduziu-se um parafuso grande de mais ou menos 22 cm, com duas porcas em cada extremidade, na parte inferior da expansão para segurar a bóia;
- 2c) Colou-se um anel de borracha de vedação de 150 mm na parte superior da expansão, com cola de cano para PVC, e cola epóxi (Araldite), para dar estanqueidade à bóia (Figura 30(a));
- 2d) Colou-se duas (2) fatias pequenas de tubo de PVC, uma por cima da outra para dar espessura, logo acima da borracha de vedação (ver Figura 30(a));
- 2e) Colou-se quatro (4) pequenos ressaltos logo depois da borracha de vedação (na parte inclinada da conexão), cada um feito com dois (2) pedaços pequenos de tubo de PVC, colados um por cima do outro para dar espessura (ver Figura 30(b));

OBS: Os procedimentos d) e e) serviram para segurar a borracha de vedação.

- 3) Conectou-se na parte inferior da expansão uma tubulação de 150 mm, que segue até alcançar a tampa da bombona;
- 4) A vedação da tampa da bombona foi feita colando (com selante de poliuretano - da marca UNIFIX) e parafusando na tampa, do lado de dentro, uma luva simples com fixadores da marca Tigre (Figura 30(c)). Encaixou-se, pela parte superior desta conexão, a tubulação de 150 mm;
- 5) A bóia foi feita com uma cúpula redonda em plástico para luminária, cuja abertura superior foi fechada com pedaço de tubo de PVC e cola Epóxi Araldite, como mostra a Figura 30(d).

O objetivo de executar uma expansão para colocação da bóia é permitir a passagem da água por ela e facilitar sua subida à medida que o dispositivo vai ficando cheio d'água.



**Figura 30: a) anel de borracha e “fatias” de cano de PVC; b) ressaltos de PVC; c) vedação da tampa da bombona; d) bóia.**

Nesta bombona, existe um registro para descarga de fundo (Figura 31), o qual deve ficar levemente aberto, gotejando, para promover naturalmente o esvaziamento do dispositivo. Assim não há necessidade de uma pessoa responsável por esvaziar o dispositivo ao término de cada chuva.

A descarga de fundo pode ser liberada diretamente sobre o solo, ou então pode-se conectar o registro ao ladrão extravasor do reservatório de armazenamento. Este, por sua vez, pode-se conectar à rede de drenagem pluvial (mais recomendado para zonas urbanas) ou pode despejar as águas em local apropriado, sem causar transtornos ao terreno nem à população.



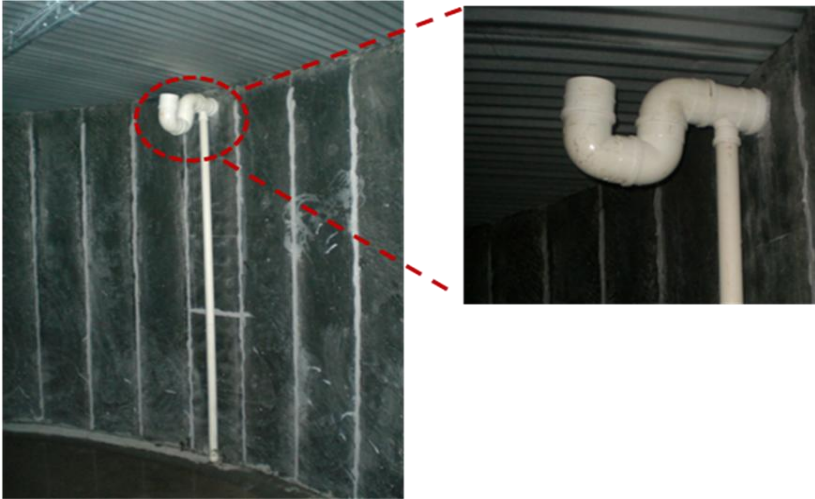


**Figura 31: Descarga de fundo do dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos.**

#### *4.2.2.4. Dispositivos de Proteção Sanitária*

Para proteção sanitária e conservação da qualidade da água de chuva armazenada no reservatório, foram instalados dispositivos de proteção sanitária no interior do mesmo, tais como: sifão extravasor; freio d'água; e conjunto flutuante de sucção.

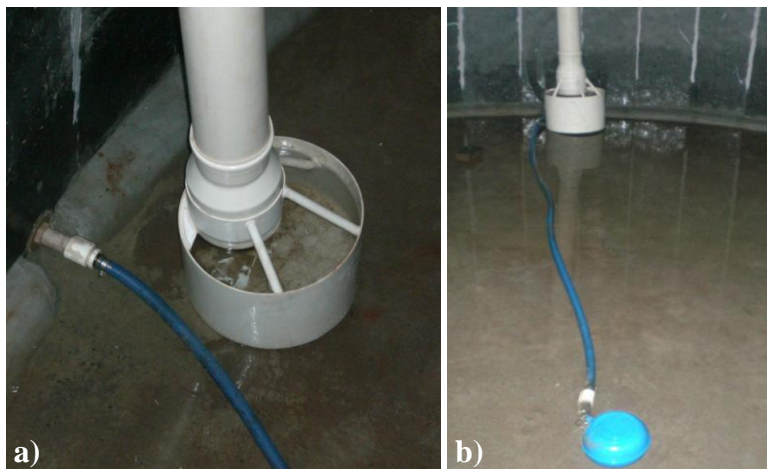
Cabe lembrar que o sifão extravasor tem a finalidade de retirar a água em excesso do reservatório. Além disto, este dispositivo evita a penetração de gases, oriundos da rede de drenagem pluvial; possibilita a retirada das impurezas da superfície da água; e restringe a entrada de animais. Este foi feito unindo-se 3 joelhos de 90° de 150 mm, um tê de redução de 150 x 75 mm, um tubo de 75 mm, conectado ao tê de redução, e tubulação de 150 mm. O tubo de 75 mm, que vai até o fundo do reservatório, tem a função de retirar primeiramente a água do fundo do mesmo, a qual contém maior teor de impurezas. A Figura 32 apresenta o sifão extravasor desenvolvido neste trabalho e instalado nos reservatórios de armazenamento.



**Figura 32: Sifão extravasor.**

O freio d'água, o qual amortece o fluxo de água e contribui para a sedimentação dos sólidos, dificultando a agitação do material sedimentado, foi instalado no final da tubulação de entrada. Optou-se pelo freio d'água da empresa 3P Teknik/Acquasave, da linha industrial (Figura 33(a)).

O conjunto flutuante de sucção, que tem a finalidade de retirar a água do reservatório sempre próximo à superfície e, portanto, com menor teor de sólidos e maior concentração de oxigênio dissolvido, foi instalado na tubulação de saída para alimentação. Optou-se pelo conjunto flutuante de sucção da empresa 3P Teknik/Acquasave (Figura 33(b)).



**Figura 33: a) freio d'água; b) conjunto flutuante de sucção.**

### 4.3. DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS PILOTO

#### 4.3.1. Sistema Piloto S1

O Sistema piloto S1 foi implantado em uma escola pública, em Piratuba (Figura 34). Esta escola possui 500 alunos (externatos); 19 professores e 3 funcionários. A escola atende alunos de primeira a quarta séries, nos períodos matutino, vespertino e noturno. Este sistema piloto contempla o aproveitamento das águas de chuva que atingem a cobertura do ginásio de esportes da escola, com uma área de captação de 875 m<sup>2</sup>.



**Figura 34: Escola pública onde foi implantado o Sistema piloto S1.**

Fonte: Adaptado do Google Earth.

O reservatório de armazenamento foi construído ao lado da horta da escola, em cota elevada que possibilita o abastecimento dos pontos de consumo não-potáveis sem bombeamento. Este tem um volume de  $50 \text{ m}^3$  e foi construído sobre uma base de concreto armado, com placas de ardósia armadas com cabos de aço, e telas de arame. A armadura foi argamassada manualmente, sem uso de formas, como no ferrocimento artesanal. Utilizou-se uma geomembrana de PVC cinza, lisa e atóxica, com bidim incorporado, para o revestimento interno do reservatório. Na parede do reservatório, instalou-se um medidor de nível da água armazenada.

A água armazenada no reservatório de armazenamento é encaminhada a um reservatório intermediário de 500 L, localizado ao lado da caixa d'água convencional da escola, armazenadora de água potável. O reservatório intermediário tem, portanto, uma ligação não cruzada (atmosférica) com a caixa d'água convencional. Nesta ligação, foi instalada uma válvula solenóide conectada a uma bóia eletromecânica, a fim de permitir a entrada de água potável no reservatório intermediário em casos de falta de água da chuva. Dessa forma, garante-se o abastecimento constante de água nos pontos de uso.

Os usos finais são não-potáveis, tais como, descarga de vasos sanitários e mictórios; irrigação da horta; e lavagem de pisos. Para tanto,

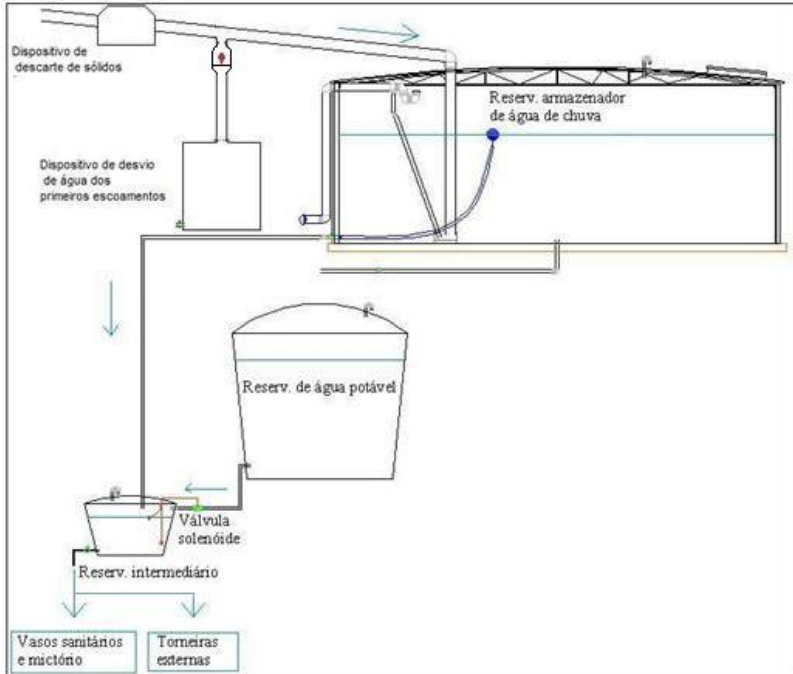
foram instaladas duas torneiras externas, uma ao lado da horta e outra no pátio na escola.

O dispositivo de descarte de sólidos é do tipo Bombona Coadora, com volume de 200 L.

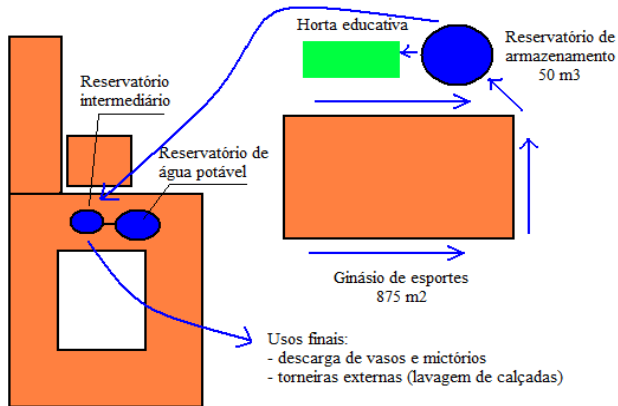
O dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos, neste caso, está desviando 1,1 mm de chuva, o que mostra que, em relação ao dimensionamento, este dispositivo está apropriado para o Sistema piloto S1. É recomendável o desvio do primeiro milímetro de chuva, porém isto vai depender da situação local (áreas industrializadas têm maior concentração de poluentes atmosféricos e necessitam de maior desvio das águas dos primeiros escoamentos). Ressalta-se que o Sistema piloto S1 se localiza em uma região pouco industrializada.

A Figura 35 ilustra o croqui dos reservatórios interligados do sistema, com os dispositivos de descarte de sólidos e desvio de águas dos primeiros escoamentos (águas das primeiras chuvas). A Figura 36 apresenta o croqui do Sistema piloto S1, com vista em planta.

Cabe lembrar que o Sistema piloto S1 funciona por gravidade, e portanto, não foi preciso bombeamento.



**Figura 35: Desenho esquemático dos reservatórios interconectados e dispositivos.**



**Figura 36: Croqui do Sistema piloto S1 (vista em planta).**

### 4.3.2. Sistema Piloto S2

O Sistema piloto S2 foi implantado em uma escola pública, em Seara (Figura 37). Esta escola conta com 400 alunos, 32 professores, 3 serventes, e 1 funcionário para serviços gerais. A escola atende alunos do Ensino Infantil até a 3ª série do Ensino Médio, em dois turnos de aulas (matutino e vespertino).

O Sistema piloto S2 consiste na captação e aproveitamento das águas de chuva que atingem a cobertura do ginásio de esportes da escola, com área de captação de 800 m<sup>2</sup>. A cobertura do ginásio é constituída por duas águas idênticas e telhas de aço zincado.



**Figura 37: Escola pública onde foi implantado o Sistema piloto S2.**

Fonte: Adaptado do Google Earth.

O reservatório de armazenamento foi executado atrás do ginásio da escola, em cota elevada que possibilita o abastecimento dos pontos de consumo não-potáveis sem bombeamento. Este tem um volume de 80 m<sup>3</sup> e foi construído sobre uma base de concreto armado, com placas de ardósia e estrutura com tela soldada, envolta em uma argamassa rica de cimento e areia, conhecida como ferrocimento.

A água armazenada no reservatório de armazenamento é então encaminhada a um reservatório intermediário de 300 L, o qual tem ligação não cruzada com a caixa d'água convencional da escola de 5000 L. Nesta ligação foi instalada uma válvula solenóide conectada a um

bóia eletromecânica, a fim de garantir o abastecimento constante de água nos pontos de uso, em casos de falta de água da chuva.

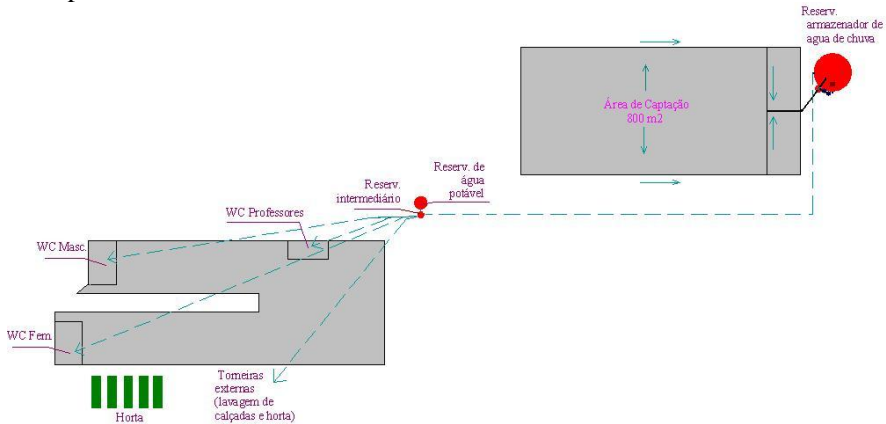
Para o dispositivo de descarte de sólidos, instalou-se o Filtro Volumétrico FV6, da Empresa Acquasave/3P Technik.

O dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos, neste caso, está desviando 1,2 mm de chuva, o que mostra que, em relação ao dimensionamento, este dispositivo está apropriado para o Sistema piloto S2.

A água da chuva armazenada é utilizada para usos não-potáveis, tais como, descarga de vasos sanitários e mictórios; irrigação da horta educativa; e limpeza dos pisos. Por esta razão, não foi necessária a desinfecção da água.

Ressalta-se que o Sistema piloto S2 funciona por gravidade, e portanto, não foi preciso bombeamento.

A Figura 38 apresenta o croqui do Sistema piloto S2 com vista em planta.



**Figura 38: Croqui do Sistema piloto S2 (vista em planta).**

### 4.3.3. Sistema Piloto S3

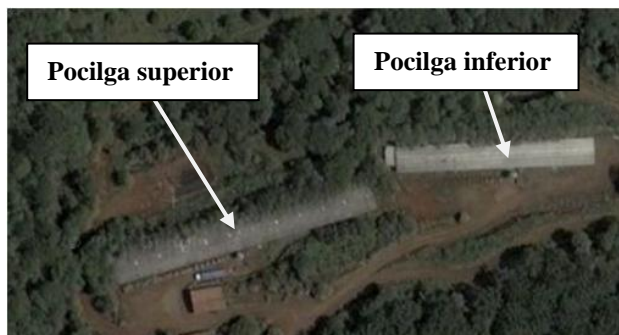
O Sistema piloto S3 foi implantado numa instalação suinícola, localizada na Linha Frei Rogério, em Concórdia. A propriedade é constituída por duas pocilgas: uma superior, com área de 900 m<sup>2</sup>; e outra inferior, com área de 731 m<sup>2</sup>, como mostra a Figura 39. Nesta propriedade existem 1200 suínos em fase de terminação.

São aproveitadas as águas de chuva que caem na cobertura da pocilga superior, que se localiza em uma cota superior em relação à



outra. A área de captação é, portanto, de 900 m<sup>2</sup>. A cobertura da pocilga inferior não foi utilizada como área de captação devido a restrições orçamentárias do projeto.

O reservatório de armazenamento foi construído ao lado da pocilga inferior. Este tem um volume de 250 m<sup>3</sup> e foi construído sobre uma base de concreto armado, com placas de ardósia e envolvida por uma estrutura em ferrocimento com armadura de tela soldada.



**Figura 39: Instalação suinícola onde foi implantado o Sistema piloto S3.**  
Fonte: Adaptado do Google Earth.

O reservatório de armazenamento encaminha a água da chuva para um reservatório intermediário de 5000 L. Na falta de água da chuva no reservatório de ardósia, a mudança para o sistema de abastecimento convencional deve ser feita de forma manual. Cabe ressaltar que o sistema convencional utiliza as águas superficiais próximas à propriedade. Estas não passam por um processo de tratamento.

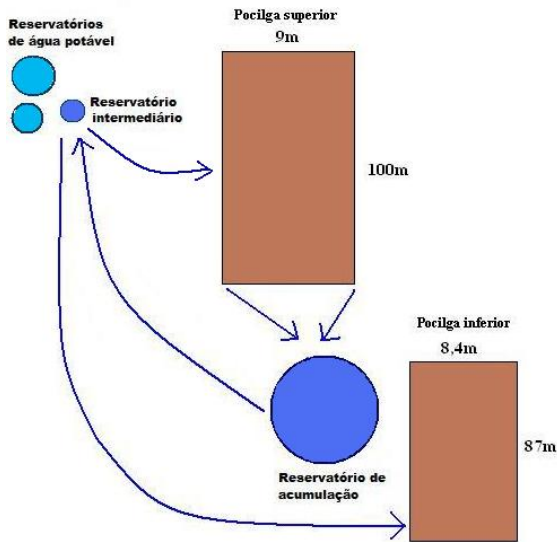
Foram instalados dois dispositivos de descarte de sólidos do tipo funil coador, de 100 L cada. Cada um recebe a metade do volume de água da chuva que atinge a área de captação.

O dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos, neste caso, está desviando 1,1 mm de chuva, o que mostra que, em relação ao dimensionamento, este dispositivo está apropriado para o Sistema piloto S3.

As águas de chuva armazenadas são usadas para dessedentação animal e higienização das instalações.

Há bombeamento para encaminhar as águas do reservatório de armazenamento até o reservatório intermediário. Foi instalada uma bomba centrífuga de 1 CV, da marca Schneider Motobombas.

A Figura 40 apresenta o croqui do Sistema piloto S3, com vista em planta.



**Figura 40: Croqui do Sistema piloto S3 (vista em planta).**

Para promover a desinfecção da água da chuva, instalou-se o dispositivo Gutwasser, da marca LICS SUPER ÁGUA. Este dispositivo é recomendado exclusivamente para a aplicação dosada de cloro, cujo objetivo é neutralizar a ação microbiológica de agentes contaminantes. Ele foi instalado ao lado do reservatório superior, dentro do qual será promovido o tempo de contato com o cloro. Cabe ressaltar que não há necessidade de energia elétrica para o funcionamento do Gutwasser.

#### 4.3.4. Sistema Piloto S4

O Sistema piloto S4 foi implantado na instalação suinícola localizada na Linha Hachmann, em Piratuba. A propriedade é constituída por 3 pocilgas, todas com área de captação de 497 m<sup>2</sup>. Cada pocilga abriga normalmente 520 suínos de engorda, um total de 1560 animais. São aproveitadas as águas de chuva que atingem a cobertura da pocilga superior.

O reservatório de armazenamento está localizado no terreno próximo à pocilga intermediária. Este tem um volume de 200 m<sup>3</sup> e foi

construído sobre uma base de concreto plana, com chapas de aço galvanizado.

O dispositivo de descarte de sólidos é do tipo funil coador, com volume de 100 L.

O dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos, neste caso, está desviando 2,0 mm de chuva, o que mostra que, em relação ao dimensionamento, este dispositivo está desviando o dobro do recomendado na literatura, o que não é um problema, pois garante uma água de melhor qualidade. A desvantagem da maior quantidade de água sendo desviada é a menor quantidade de água entrando no reservatório, o que em situações críticas de escassez de chuva pode ser questionável. Cabe ressaltar que, o maior desvio de água é decorrente da capacidade das bombonas de plástico reutilizadas neste trabalho.

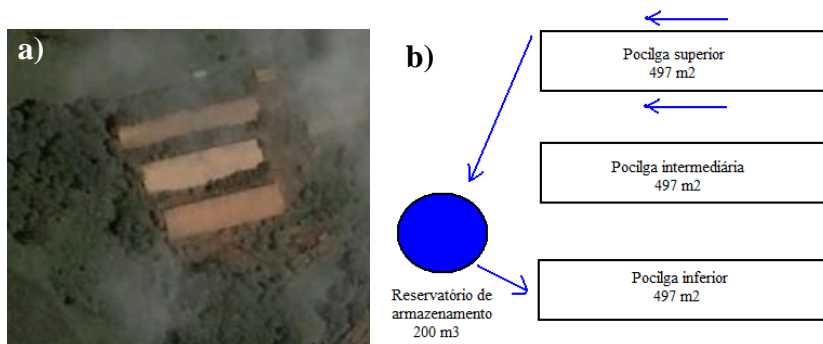
As águas da chuva armazenadas são usadas para dessedentação animal da pocilga inferior e também são usadas para higienização desta instalação.

No Sistema piloto S4 há um reservatório intermediário, porém não foi instalada uma válvula solenóide. Caso falte água da chuva, o funcionário da instalação suinícola deve fazer as devidas alterações manualmente. Nesta propriedade, o sistema de abastecimento convencional utiliza as águas superficiais próximas a ela. Cabe ressaltar que estas águas não passam por um processo de tratamento.

A desinfecção da água é feita pelo dispositivo Mega Clorador, da marca Fornari, com pastilhas de cloro. Este dispositivo foi instalado no interior do reservatório intermediário.

Não foi preciso bombeamento para alimentação da pocilga inferior, visto que o sistema pode funcionar por gravidade.

A Figura 41 apresenta a instalação suinícola onde foi implantado o Sistema piloto S4 (imagem de satélite e croqui), com vista em planta.



**Figura 41: a) Instalação suinícola onde foi implantado o Sistema piloto S4; b) Croqui do Sistema piloto S4 (vista em planta).**

Fonte: Adaptado do Google Earth.

#### 4.3.5. Tabela Resumo

A Tabela 18 apresenta a descrição resumida das características de cada sistema piloto de aproveitamento de água da chuva na Região Oeste Catarinense.

**Tabela 18: Características de cada sistema piloto.**

	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>
<b>Localização</b>	Piratuba	Seara	Concórdia	Piratuba
<b>Setor/Atividade</b>	Escola pública	Escola pública	Suinocultura	Suinocultura
<b>Usos da água da chuva</b>	Usos não potáveis	Usos não potáveis	Dessedentação animal e higienização de duas pocilgas	Dessedentação animal e higienização de uma pocilga
<b>Dispositivo de descarte de sólidos</b>	Bombona coadora	Filtro VF6	Funil Coador	Funil Coador
<b>Dispositivo de desvio das primeiras águas</b>	Bombona com bóia flutuante	Bombona com bóia flutuante	Bombona com bóia flutuante	Bombona com bóia flutuante
<b>Reservatório intermediário</b>	Volume de 300 L com válvula solenóide	Volume de 300 L com válvula solenóide	Volume de 5000 L sem válvula solenóide	Volume de 3000 L sem válvula solenóide
<b>Reservatório de armazenamento</b>	Ardósia, revestido com geomembrana, estrutura com cabo de aço, de 50 m <sup>3</sup> .	Ardósia e ferrocimento, de 80 m <sup>3</sup> .	Ardósia e ferrocimento, de 250 m <sup>3</sup> .	Chapas de aço galvanizado.
<b>Bombeamento</b>	Não. Sistema por gravidade.	Não. Sistema por gravidade.	Sim.	Não. Sistema por gravidade.

#### 4.4. EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS PILOTO

##### 4.4.1. Redimensionamento dos Reservatórios

Nesta etapa do trabalho foi feito um redimensionamento dos reservatórios já construídos, com base nos dados de precipitação da região e nas demandas diárias de água da chuva referentes a cada sistema piloto. É importante ressaltar que o prévio dimensionamento dos reservatórios foi feito de acordo com a disponibilidade de materiais e recursos financeiros. Desta forma, calculando-se as capacidades “ideais” dos reservatórios foi possível verificar se os mesmos foram sub ou superdimensionados.

##### *4.4.1.1. Estudo Estatístico dos Dados de Precipitação*

Foi realizado um levantamento de dados da série histórica de precipitações da estação meteorológica de Concórdia - SC (Latitude: 27°18'52"S e Longitude: 51°59'36"O), código 2752005, a partir do banco de dados do Centro Integrado de Recursos Ambientais de Santa Catarina - CIRAM (EPAGRI, 2010). Optou-se por esta estação meteorológica, pois, além de se encontrar ativa e apresentar dados consistentes, é a estação mais próxima dos municípios nos quais foram implantados os sistemas piloto. Em Piratuba e Seara não foram observadas estações meteorológicas ativas.

Para fins de comparação, também se trabalhou com os dados de chuva do Centro de Treinamento da Epagri – CETREDIA, em Concórdia.

As estações meteorológicas de Concórdia e do CETREDIA possuem uma série histórica de precipitações de 51 e 17 anos, respectivamente. A vantagem da primeira é o maior volume de dados, porém os últimos registros datam de 2006. A vantagem do segundo é que os dados são recentes, os últimos registros datam do mês de abril de 2011.

Para se determinar os períodos de retorno das deficiências hídricas, foi realizada uma análise estatística dos períodos diários consecutivos sem precipitações para cada série diária anual. O método estatístico utilizado para esta análise foi o Método de Gumbel, utilizando-se as equações de 8 a 13.

Além destas equações, foram criadas duas constantes, Y e Z, para facilitar os cálculos na planilha Excel. Estas constantes foram obtidas através das equações 14 e 15, apresentadas a seguir:

$$Y = \frac{1}{0,7797\sigma} \quad (14)$$

$$Z = -\overline{DS} + 0,45\sigma \quad (15)$$

Estes resultados foram utilizados na etapa de dimensionamento dos reservatórios, para o cálculo do volume.

#### 4.4.1.2. Demanda Diária de Água da Chuva (Dac)

##### **Escolas Públicas (sistemas piloto S1 e S2)**

Cabe lembrar que, para as escolas públicas, os usos requeridos da água da chuva são não-potáveis, tais como: descarga de vasos sanitários, irrigação de horta/jardim e lavagem de pisos/calçadas.

Os consumos mensais de água potável nas escolas públicas foi obtido no site da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento - CASAN (CASAN, 2011). Calculou-se, então, o consumo médio diário de água potável, de agosto de 2010 a maio de 2011. Para o cálculo do consumo médio diário de água potável e do consumo médio diário e mensal de água da chuva, foram desconsiderados os finais de semanas já que nestes dias não há consumo de água nas escolas. Portanto, considerou-se que uma semana tem 5 dias letivos e um mês tem 22 dias letivos.

No Sistema piloto S1, a instalação do hidrômetro na entrada do reservatório intermediário foi feita poucos dias antes do início de uma greve na escola, o que comprometeu a leitura do mesmo. Já que as duas escolas deste trabalho são muito semelhantes nos quesitos social, financeiro, estrutural, e de localização, optou-se por utilizar a mesma relação entre a água potável e a água da chuva consumidas na escola de Seara, do Sistema piloto S2.

Para a medição do consumo da água da chuva no Sistema piloto S2, foi instalado um hidrômetro na entrada do reservatório intermediário. Foram feitas 7 leituras, no período compreendido entre o dia 26 de março a 27 de maio de 2011.

A soma do consumo médio diário de água potável e do consumo médio diário de água da chuva resulta no consumo médio total de água

consumida na escola. Sendo assim, foi possível obter as porcentagens de consumo de água potável e de água da chuva em relação ao total consumido.

### **Instalações Suinícolas (sistemas piloto S3 e S4)**

Nas instalações suinícolas (sistemas piloto S3 e S4), foi feita uma previsão de consumo considerando o número total de suínos, a demanda diária de água por animal em fase de terminação, e a demanda diária de água para higienização das instalações. As demandas de água para consumo e higienização foram obtidas na Tabela 13 e de acordo com Palhares (2010), respectivamente. Ressalta-se que, para os cálculos, trabalhou-se com a demanda dos animais de maior peso corporal, para dessa forma garantir o suprimento de água até os últimos dias do confinamento.

Diferentemente do consumo nas escolas, para o cálculo do consumo médio mensal de água da chuva nas instalações suinícolas, considerou-se que um mês tem 30 dias, já que os animais consomem água todos os dias do mês.

A demanda de água nas instalações suinícolas foi calculada através da Eq. 16, a seguir:

$$D_{ac*} = N(D_s + D_h) \quad (16)$$

Em que:

$D_{ac*}$  demanda diária total de água da chuva nas instalações suinícolas;

$N$  número de suínos abastecidos;

$D_s$  demanda de água por suíno em fase de terminação;

$D_h$  demanda de água por suíno para higienização das instalações.

#### *4.4.1.3. Volume dos Reservatórios de Armazenamento*

Foi utilizado como critério de projeto a NBR 12217:1994, “Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público”.

O dimensionamento dos reservatórios de armazenamento foi feito com base nos resultados obtidos na análise estatística dos períodos diários consecutivos sem chuva, utilizando-se o Método Estatístico ou Método de Gumbel, e no consumo total diário de água de chuva. Para tanto, foi utilizada a Eq. 13.



Segundo Amorim & Pereira (2008) o Método Estatístico, com consideração dos dias consecutivos sem chuva, é interessante para os casos onde se deseja diminuir o custo total do reservatório e onde existem outras fontes de água para o suprimento da demanda. Já que este trabalho de pesquisa possui restrições orçamentárias, e há ocorrência, em todos os pilotos, de outra fonte de água para o suprimento da demanda em casos de falta de água de chuva, optou-se por trabalhar com este método de dimensionamento.

#### 4.4.2. Cálculo da Eficiência

A eficiência dos sistemas piloto foi obtida por meio da Eq. 17 (PROSAB, 2006):

$$E\% = \frac{V_{aprov}}{D_{ac}} \times 100 \quad (17)$$

Em que:

E% Eficiência do sistema de aproveitamento de água da chuva;  
 $V_{aprov.}$  Volume mensal de água da chuva aproveitável ( $m^3/mês$ );  
 $D_{ac}$  Demanda mensal atendida de água da chuva ( $m^3/mês$ ).

Cabe lembrar que o cálculo do volume de água da chuva aproveitável consta no item 3.2.5., enquanto que o cálculo da demanda atendida de água da chuva está apresentado no item 4.5.2.

### 4.5. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA

#### 4.5.1. Análise da Composição da Ardósia

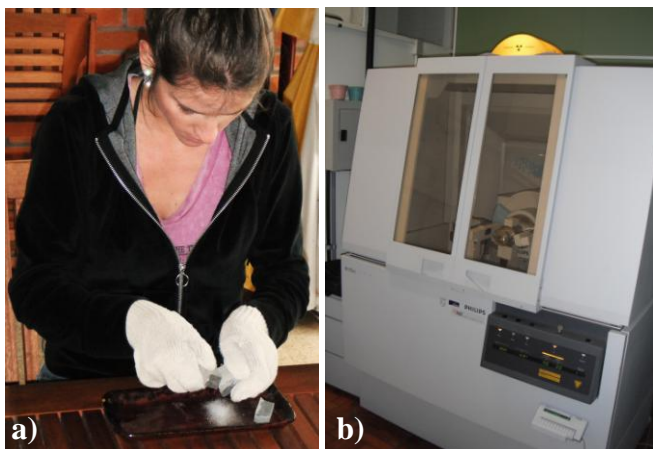
Foi necessário analisar a composição química e mineralógica da ardósia já que em dois sistemas piloto a água armazenada fica em contato direto com placas de ardósia. O conhecimento dos elementos constituintes desta pedra foi de extrema valia no ensaio de potabilidade da água, apresentado posteriormente.

Para a verificação da composição da ardósia, utilizou-se a técnica de Difração de Raio-X (DRX), que corresponde a uma das principais técnicas de caracterização microestrutural de materiais cristalinos. Esta

técnica determina fases cristalinas presentes nos materiais. Para tanto, inicialmente, foi necessária a produção de pó da ardósia utilizada neste trabalho. Isso foi feito atritando dois pedaços de ardósia, como mostra a Figura 42(a). Esta etapa do trabalho foi realizada em setembro de 2010.

Após a obtenção de pó de ardósia, este produto foi encaminhado ao Laboratório de Caracterização Microestrutural, no Departamento de Engenharia Mecânica – UFSC.

As medidas foram obtidas pelo método do pó, em Difratorômetro Philips X'Pert (Figura 42(b)), com radiação  $\text{Cu K}\alpha 1$ , com  $\lambda$  1,54056 Å. A varredura em  $2\theta$  foi feita a 0,02 graus a cada 2 segundos. A identificação dos picos foi feita através do software Philips, com base no *Joint Committee on Powder Diffraction Standards - JCPDS*.



**Figura 42:** a) Obtenção do pó de ardósia; b) Difratorômetro Philips X'Pert.

#### 4.5.2. Qualidade da Água da Chuva ao Longo dos Sistemas Piloto

Foram realizados exames bacteriológicos e análises físico-químicas de amostras retiradas da água da chuva, coletadas em três pontos dos sistemas piloto:

- Ponto P1: antes de atingir a cobertura;
- Ponto P2: após passar pela cobertura;
- Ponto P3: no interior do reservatório de armazenamento.

Nas instalações agropecuárias, nas quais foi realizado tratamento químico, houve mais dois pontos de coleta:

- Ponto P4: após passar pelo sistema de desinfecção;
- Ponto P5: água fornecida aos animais pelo sistema convencional;

As amostras de água da chuva para análise físico-química foram coletadas em frascos de polipropileno de 1000 mL, higienizados com água destilada, HCl 3N e água ultra pura. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-Químicas - LAFQ da Embrapa Suínos e Aves, em Concórdia.

As amostras de água da chuva para análise microbiológica foram coletadas em frascos de polipropileno de 500 mL, esterilizados e com tampa à prova de vazamentos. As análises foram realizadas no Centro de Diagnóstico de Sanidade Animal – Cedisa, em Concórdia. Cabe ressaltar que antes da coleta das amostras microbiológicas a parte externa das torneiras e o bocal interno do bico foram flambados.

Com exceção dos pontos P1 e P2, nos outros pontos deixou-se correr a água por no mínimo 30 segundos antes de realizar a coleta da amostra, devido ao percurso da água por tubulações. Esse procedimento não foi realizado no Ponto P1 já que a água do amostrador era despejada por completo no frasco de coleta. No Ponto P2 o problema era a limitação na quantidade de água disponível para coleta, portanto não era possível desperdiçá-la.

Todos os parâmetros qualitativos foram analisados seguindo as normas do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Os parâmetros selecionados para esta pesquisa foram: pH, condutividade, alcalinidade, turbidez, sólidos totais, sólidos totais dissolvidos, fósforo total, potássio, nitrito, nitrato, nitrogênio amoniacal total, sulfato total, coliformes totais e coliformes fecais, cloro residual livre, cobre, zinco, ferro, manganês, cálcio, magnésio, e cloreto.

Analisou-se uma grande quantidade de minerais para justamente verificar se o material da parede dos reservatórios, que está diretamente em contato com a água, exerce influência sobre a qualidade da água da

chuva armazenada. Os materiais em estudo são: ardósia; aço galvanizado; e geomembrana de PVC.

As análises foram realizadas ao longo de um período de dois meses, nos dias: 15 de fevereiro; 01, 21 e 30 de março; e 12 de abril. Ao total, foram realizadas cinco (5) coletas de amostras de água da chuva. Porém, nem sempre foi possível coletar amostras de todos os pontos, em função de diversos fatores, tais como: amostrador com vazamento (vazio); amostrador não finalizado; reservatório de armazenamento vazio por falta de chuva; e reservatório intermediário não conectado ao sistema de água da chuva.

As tabelas 19, 20 e 21 apresentam a efetiva ocorrência das coletas de amostras de água da chuva, nos sistemas piloto deste trabalho.

**Tabela 19: Ocorrência das coletas nos sistemas piloto S1 e S2.**

Data coleta	Sistema piloto S1			Sistema piloto S2		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
<b>15/fev</b>	Não: amostrador não finalizado	Sim	Sim	Não: amostrador não finalizado	Sim	Sim
<b>01/mar</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>21/mar</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>30/mar</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>12/abr</b>	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
<b>Núm. amostras analisadas</b>	4	5	5	4	5	5

**Tabela 20: Ocorrência das coletas nos sistemas piloto S3.**

Data coleta	Sistema piloto S4				
	P1	P2	P3	P4	P5
15/fev	Não: amostrador não finalizado	Sim	Sim	Não: reserv. intermed. não conectado	Sim
01/mar	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
21/mar	Sim	Sim	Não: Reservatório vazio	Não: reserv. intermed. não conectado	Sim
30/mar	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
12/abr	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Núm. amostras analisadas	4	5	4	3	5

**Tabela 21: Ocorrência das coletas nos sistemas piloto S4.**

Data coleta	Sistema piloto S4				
	P1	P2	P3	P4	P5
15/fev	Não: amostrador não finalizado	Sim	Sim	Não: reserv. intermed. não conectado	Sim
01/mar	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
21/mar	Sim	Sim	Não: Reservatório vazio	Não: reserv. intermed. não conectado	Sim
30/mar	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
12/abr	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Núm. amostras analisadas	4	4	5	5	5

Os métodos utilizados para a análise dos parâmetros estão apresentados na Tabela 22.

**Tabela 22: Parâmetros analisados e respectivos métodos e equipamentos de análise.**

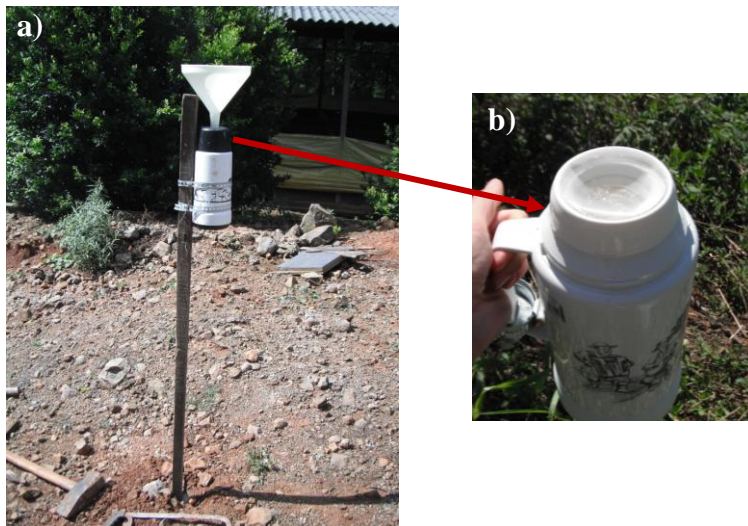
<b>Parâmetro</b>	<b>Método de análise/Equipamentos</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Método de análise/Equipamentos</b>
Turbidez	Turbidímetro Hach 2100 P	Dureza	Soma de íons magnésio com íons cálcio
Alcalinidade	Titulação. AD 1030; Tritonic T200.	Fósforo	Espectrofotômetro. FEMTO, 700S.
Amônia	Marconi, PA 200.	Potássio	Micronal, R462.
pH	HI 9828 - HANNA	Zinco	Espectrômetro de Absorção Atômica. Varian, Spectraa 220.
Condutividade	HI 9828 - HANNA	Manganês	Espectrometria de Absorção Atômica. Varian, Spectraa 220.
Sólidos Totais	Balança analítica de precisão; capsulas de vitreosil-sílica; dessecadores; mufla; estufas.	Cobre	Espectrometria de Absorção Atômica. Varian, Spectraa 220.
Sólidos Dissolvidos	HI 9828 - HANNA	Cloro	Kit de potabilidade Alfakit
Carbono Orgânico	Analytikjena, multi N/C 2100.	Coliformes Totais	Petrifilm EC 3M
Ferro	Espectrometria de Absorção Atômica. Varian, Spectraa 220.	Coliformes Fecais	Petrifilm EC 3M
Cálcio	Espectrometria de Absorção Atômica. Varian, Spectraa 220.	Magnésio	Espectrometria de Absorção Atômica. Varian, Spectraa 220.
Nitrito	Cromatografia de íons. DIONEX, ICS 1500.	Cloretos	Cromatografia de íons. DIONEX, ICS 1500.
Nitrato	Cromatografia de íons. DIONEX, ICS 1500.	Sulfatos	Cromatografia de íons. DIONEX, ICS 1500.

O Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, através da Resolução nº 357, de março de 2005, determinou que as águas superficiais fornecidas aos animais devem atender os padrões estipulados para as águas de classe 3. Portanto, nos sistemas piloto implantados nas instalações agropecuárias, foi verificado se a qualidade da água a ser utilizada para dessedentação animal atende aos padrões

estipulados para as águas de classe 3, estabelecidos por esta Resolução, e aos padrões estipulados pela Portaria 518, do Ministério da Saúde. Nos demais sistemas piloto, implantados em escolas públicas, apesar dos usos serem não potáveis, também foram verificados os padrões e condições da Resolução nº 357 e da Portaria nº 518.

#### 4.5.2.1. Ponto P1

Para as coletas dos pontos P1, elaborou-se um amostrador semelhante a um pluviômetro. Este é constituído por um funil de plástico preso à tampa de uma garrafa térmica de 1000 mL. Foi introduzida uma peneira de malha fina na saída do funil para reter materiais ou pequenos animais trazidos pelo vento ou por locomoção própria. Por fim, amarrou-se a garrafa em uma madeira ou pedaço de tubulação semi-enterrados no solo, a uma altura de 1,20 m, como mostra a Figura 43. Para todos os sistemas piloto deste trabalho foi elaborado o mesmo amostrador. Cabe observar que este amostrador foi elaborado na segunda semana de fevereiro de 2011, após a realização da primeira coleta de amostras.



**Figura 43: a) Amostrador para coleta da água da chuva que cai diretamente da atmosfera; b) peneira de malha fina para retenção de materiais ou animais trazidos pelo vento ou por locomoção própria.**

Com este amostrador foi possível coletar as águas de chuva que caem diretamente da atmosfera. As amostras deste ponto serviram de branco para aquelas retiradas dos pontos P2, P3 e P4.

#### 4.5.2.2. Ponto P2

Para as coletas dos pontos P2, desenvolveu-se um amostrador que está localizado no condutor horizontal, em uma posição anterior ao dispositivo de descarte de sólidos. Este foi feito com tubos, conexões e registro, como mostra a Figura 44. Este amostrador foi executado da mesma forma para todos os sistemas piloto. A diferença está no comprimento da tubulação armazenadora, de 100 mm de diâmetro. Os comprimentos das tubulações, para cada sistema piloto, estão a seguir:

- S1: 1,43 m de comprimento;
- S2: 2,08 m de comprimento;
- S3: 0,65 m de comprimento;
- S4: 0,61 m de comprimento;



**Figura 44: Amostrador para coleta da água da chuva após passagem pela área de captação.**

Para a coleta da amostra de água neste ponto, foi necessário o uso de funil e de peneira, devido à larga saída do registro e devido à grande quantidade de materiais sólidos grosseiros armazenados neste amostrador, inclusive bichos mortos. Com este amostrador coletou-se as águas da chuva após a passagem pela área de captação, sem qualquer tipo de tratamento.

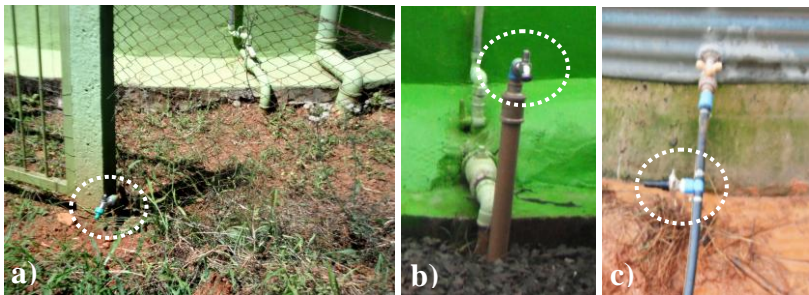


Estes amostradores foram instalados no segundo dia do mês de fevereiro de 2011.

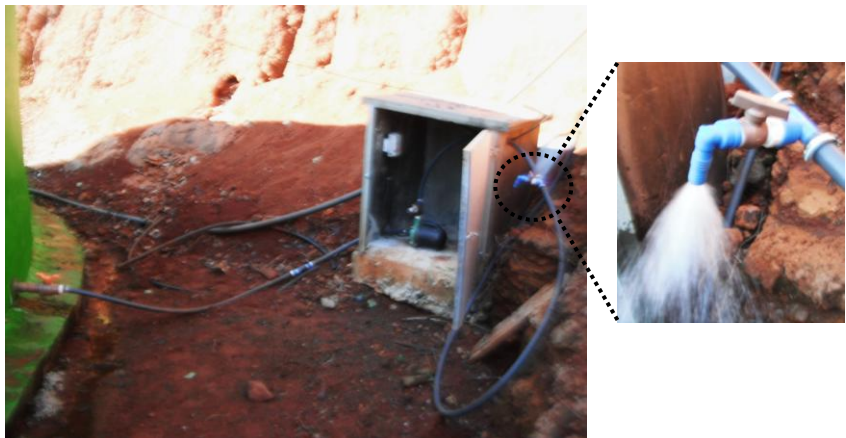
#### 4.5.2.3. Ponto P3

Os pontos P3 localizam-se nas tubulações de saída dos reservatórios de armazenamento, próximos a estes. Com exceção do Sistema piloto S1, que possui uma torneira ao lado do reservatório destinada à rega da horta educativa, nos outros 3 (três) sistemas piloto foi instalada uma torneira na tubulação de saída para alimentação, próxima ao reservatório, para coleta da água da chuva armazenada.

A Figura 45 apresenta os pontos P3 de 3 (três) sistemas piloto (dentro do círculo pontilhado): a) S1; b) S2; c) S4. O Ponto P3 do Sistema piloto S3 está apresentado na Figura 46.



**Figura 45: Pontos P3 dos sistemas piloto S1 (a); S2 (b); e S4 (c).**



**Figura 46: Ponto P3 do Sistema piloto S3.**

Ressalta-se que o Sistema piloto S3 é o único que possui bombeamento, e portanto, neste caso o Ponto P3 se localiza após a passagem pela bomba centrífuga. É muito importante que este ponto se localize depois da bomba e não antes, para não prejudicar o bom funcionamento da mesma.

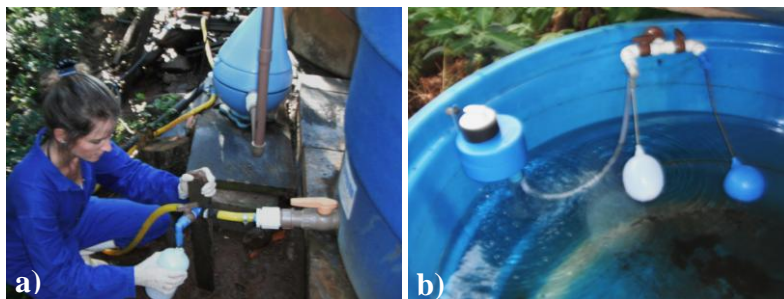
#### 4.5.2.4. Ponto P4

O Ponto P4 é exclusivo para os sistemas que promovem o tratamento químico da água, ou seja, para os sistemas piloto S3 e S4 (Figura 47), implantados em instalações suinícolas.

No Sistema piloto S3, o Ponto P4 foi instalado logo após a passagem pelo reservatório intermediário, no qual é feita a desinfecção da água (após passagem pelo dispositivo Gutwasser). Para tanto, foi instalada uma torneira na tubulação de saída do reservatório.

No Sistema piloto S4, este ponto era o próprio reservatório intermediário, ou seja, coletava-se diretamente de dentro do reservatório.

A análise da água tratada serviu para verificar a eficiência do tratamento químico, já que se tem as características da água da chuva armazenada sem tratamento (resultado das análises das amostras coletadas nos pontos P3 de cada sistema piloto).



**Figura 47: Pontos P4 do S3 (a) e S4 (b).**

#### 4.5.2.5. Ponto P5

Os pontos P5 serviram para comparar a água da chuva tratada com as águas superficiais também fornecidas aos animais. A coleta foi realizada diretamente da torneira das instalações suinícolas, como mostra a Figura 48.



**Figura 48: Pontos P5 do S3(a) e S4 (b).**

#### **4.5.3. Precipitação Pluviométrica no Período de Coleta de Amostras**

Além das variáveis - quantidade de sólidos na área de captação, material da cobertura, e poluentes atmosféricos – as quais variam de local a local, a qualidade da água da chuva coletada nos pontos de amostragem também pode estar relacionada com os seguintes fatores: a quantidade de chuva precipitada; o período de seca; e o período de acúmulo de chuva/resíduos nos amostradores. Portanto, estes três fatores foram verificados. Considerou-se a série pluviométrica da estação meteorológica do CETREDIA, em Concórdia.

#### **4.5.4. Ensaio de Potabilidade da Água**

Durante uma semana, do dia 04 ao dia 08 de abril de 2011, foi realizado um ensaio de potabilidade, de acordo com a ABNT NBR 12170:2009. O objetivo deste ensaio foi verificar se os materiais em contato com a água da chuva, armazenada nos reservatórios executados neste trabalho, são de fato inertes e atóxicos. É imprescindível que estes materiais não comprometam a qualidade da água da chuva armazenada.

Os materiais em estudo são: ardósia com emenda, contendo selante a base de poliuretano; e chapa de aço galvanizado. Este ensaio não foi realizado para a geomembrana de PVC - um dos materiais em contato com a água da chuva no interior do reservatório – devido à comprovação de sua atoxicidade pela empresa fornecedora.

Os corpos de prova foram cortados nas dimensões estabelecidas pela norma, ou seja, 12 x 8 cm. Em seguida, foram submersos em recipientes de vidro de borossilicado, previamente limpos e desinfetados, contendo 2 L de água da rede de abastecimento. Após 24 h

de repouso, a água de cada recipiente foi recolhida em dois diferentes frascos: um de 50 mL para análise de metais pesados; e outro de 500 mL, para as outras análises físico-químicas e organolépticas.

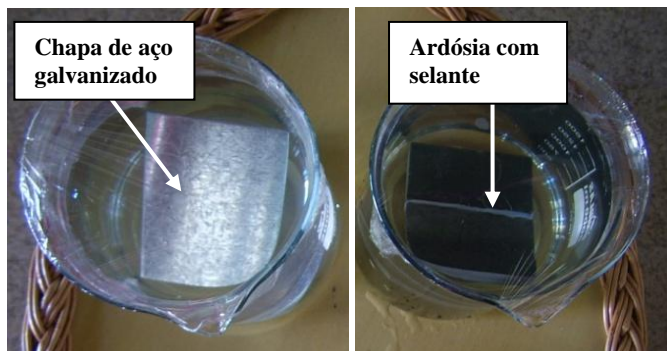
Paralelamente a este procedimento descrito, foi recolhido, em outro recipiente de vidro de borossilicato, 1 L de água da rede de abastecimento, a cada dia de ensaio, para formar o branco. A água potável utilizada nas amostras é originária da CASAN do município de Florianópolis.

Durante cinco (5) dias, a cada dia no mesmo horário, três (3) amostras de 50 mL de água foram entregues ao Laboratório de Espectrometria Atômica, do Departamento de Química da UFSC. Neste laboratório foi verificada a presença dos principais metais pesados na água, os quais são: arsênio, cádmio, chumbo, cromo e mercúrio. Além destes, também foram analisados os metais alumínio, ferro e manganês.

Optou-se por fazer estas análises no Laboratório de Espectrometria Atômica, pois estes metais não são analisados no Laboratório de Análises Físico-Químicas da Embrapa, em Concórdia, onde foi realizada a maioria das análises de qualidade da água deste trabalho.

Outros metais, zinco, e cobre, foram analisados no laboratório de análises físico-químicas da Embrapa, em Concórdia. Neste laboratório da Embrapa também foram analisados os seguintes parâmetros: turbidez, pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, cloreto, sulfato, nitrato, fluoreto, sódio, magnésio, cálcio. A instrumentação de análise referente a cada parâmetro foi a mesma utilizada nas análises físico-químicas das amostras de água da chuva, descritas em etapa anterior. Acrescentou-se o elemento sódio, que foi analisado por meio do equipamento Micronal, modelo R462.

A Figura 49 apresenta os materiais em estudo submersos nos recipientes de vidro de borossilicato, com 2 L de água potável.



**Figura 49: Ensaio de potabilidade segundo NBR 12170.**

Paralelamente a estas análises, foram verificados alguns parâmetros de potabilidade pelo kit técnico de potabilidade da Empresa Alfakit. Estas análises foram realizadas no Laboratório Integrado de Meio Ambiente – LIMA no Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC, do dia 04 a 08 de abril de 2011.

O kit técnico de potabilidade da Empresa Alfakit foi desenvolvido para controle de qualidade da água para consumo humano, de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Portaria nº518, do Ministério da Saúde. Por meio dele foram analisados os seguintes parâmetros: alcalinidade, amônia, e cloro. As especificações do kit para cada parâmetro analisado estão apresentadas na Tabela 23.

Foi verificado se os parâmetros analisados neste trabalho atendem os padrões de potabilidade da Portaria nº518.

**Tabela 23: Especificações do kit técnico de potabilidade.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Método</b>	<b>Informação</b>
Cloro	DPD	Cartela com faixa entre 0,1-0,25-0,50-0,75-1,0-1,5-2,0-3,0 mg L <sup>-1</sup> Cl <sub>2</sub>
Nitrogênio Amônia	Azul de indofenol	Cartela com faixa entre 0,0-0,10-0,25-0,50-1,0-2,0-3,0 mg L <sup>-1</sup> N-NH <sub>3</sub>
Cor	x	Cartela de comparação visual com faixa entre 3,0-5,0-15,0-25-50-100 mg L <sup>-1</sup> Pt/Co
Oxigênio Consumido	Oxidação com permanganato	Cartela de comparação visual com faixa entre 0,0 -1,0 - 3,0 ->5,0 mg L <sup>-1</sup> O <sub>2</sub>
Alcalinidade	Neutralização	Microseringa até 200 mg L <sup>-1</sup> CaCO <sub>3</sub> com resolução de 4,0.

#### 4.6. EFICIÊNCIA DOS CONJUNTOS DE DISPOSITIVOS DE TRATAMENTO FÍSICO DA ÁGUA DA CHUVA

A caracterização da água da chuva em diferentes pontos dos sistemas piloto também serviu para verificar a eficiência dos conjuntos de dispositivos desenvolvidos e utilizados neste trabalho para tratamento físico da água da chuva, tais como: dispositivos de descarte de sólidos, dispositivos de desvio das águas das primeiras chuvas, e dispositivos de proteção sanitária no interior do reservatório de armazenamento. Foi verificada a porcentagem (%) de redução ou eficiência considerando as concentrações médias dos parâmetros do Ponto P2 (água após passagem pela área de captação) e do Ponto P3 (água armazenada no reservatório).

#### 4.7. ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS

Foi realizada uma análise comparativa de custos entre as tecnologias de construção dos reservatórios definidas neste trabalho, e algumas tecnologias comumente utilizadas no Brasil, tais como: fibra de vidro; geomembrana de PEAD; e concreto armado. Também foi feito o levantamento dos custos de execução dos dispositivos de descarte de sólidos e desvio dos primeiros escoamentos deste trabalho, os quais foram comparados com os custos dos dispositivos encontrados no mercado.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. EXECUÇÃO DOS RESERVATÓRIOS E DISPOSITIVOS

Para a execução dos reservatórios de placas de ardósia foram necessários de 5 (cinco) a 11 (onze) dias, dependendo da capacidade de armazenamento. O levantamento das pedras foi feito por quatro homens, e após esta etapa, dois homens foram suficientes para finalizá-lo. O reservatório pode ser executado por operários não especializados na tecnologia. A cobertura metálica foi executada por dois funcionários de uma empresa de funilaria, com larga experiência na execução de silos metálicos. Apesar das placas de ardósia apresentarem dificuldades no transporte e manuseio, observou-se facilidade e rapidez na execução. Também foi possível constatar que as pedras de ardósia são facilmente perfuradas para passagem de tubulações.

Para a execução do reservatório de chapas de aço galvanizado, foram necessários de 2 (dois) a 3 (três) dias. As chapas foram montadas por dois técnicos especializados em estruturas metálicas. Observou-se extrema facilidade e rapidez na execução. As chapas também podem ser facilmente perfuradas para passagem de tubulações.

Os dispositivos de descarte de sólidos foram instalados em 1 (uma) tarde. As peneiras de aço do Funil Coador foram elaboradas em uma funilaria, em Concórdia. Neste município também foram comprados os funis em fibra de vidro, em uma fábrica de caixas d'água em fibra de vidro. As peneiras da Bombona Coadora foram elaboradas por um operário de Piratuba, o mesmo que instalou todo o Sistema piloto S1, neste município. A bombona de 200 L foi comprada em uma fábrica de bombonas plásticas, localizada próxima ao município de Piratuba.

Os dispositivos de desvio dos primeiros escoamentos foram executados em 1 (um) dia. As bombonas plásticas retangulares utilizadas nestes dispositivos foram compradas em Concórdia. Cabe lembrar que estas bombonas foram reutilizadas, já que inicialmente armazenavam aditivos para ração animal.

Os demais materiais utilizados na fabricação dos dispositivos de descarte de sólidos e desvio dos primeiros escoamentos, não citados acima, também foram comprados na região de estudo. Portanto, observou-se viabilidade técnica e ambiental na construção destes dispositivos.

### 5.1.1. Sistema Piloto S1

As Figuras de 50 a 52 apresentam algumas etapas de construção do reservatório de ardósia de 50 m<sup>3</sup>, do Sistema piloto S1. A Figura 53 apresenta o reservatório intermediário do Sistema piloto S1 (a) e os dispositivos de descarte de sólidos e desvio dos primeiros escoamentos (b).



Figura 50: a) montagem das placas de ardósia; b) cabos de aço.



Figura 51: a) geomembrana de PVC; b) cobertura metálica.



Figura 52: a) medidor de nível; b) vista geral do reservatório.





**Figura 53: a) reservatório intermediário do Sistema piloto S1; b) dispositivo de descarte de sólidos e desvio dos primeiros escoamentos.**

### 5.1.2. Sistema Piloto S2

As Figuras de 54 a 56 apresentam algumas etapas de construção do reservatório de ardósia de 80 m<sup>3</sup>, do sistema piloto S2. A Figura 57 apresenta o reservatório intermediário do Sistema piloto S2. Os dispositivos de descarte de sólidos e desvio dos primeiros escoamentos estão apresentados na Figura 58.



**Figura 54: a) montagem das placas de ardósia; b) armadura e argamassagem manual.**

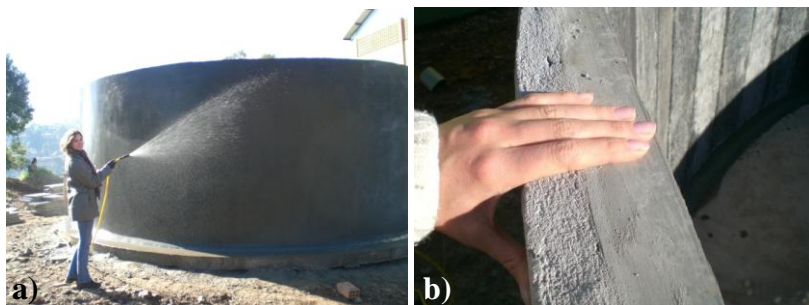


Figura 55: a) processo de cura da argamassa; b) parede do reservatório: camada de pedra mais camada de ferrocimento.

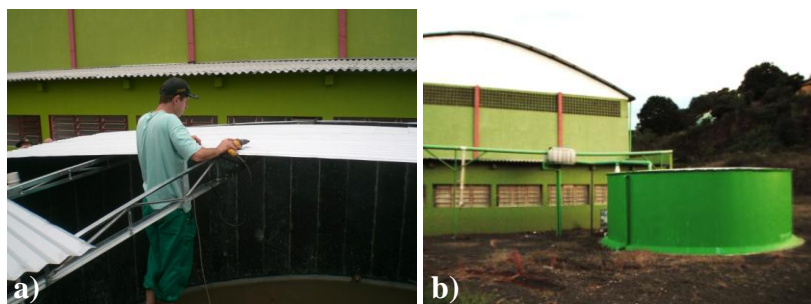


Figura 56: a) montagem da cobertura metálica do reservatório; b) vista geral do reservatório.

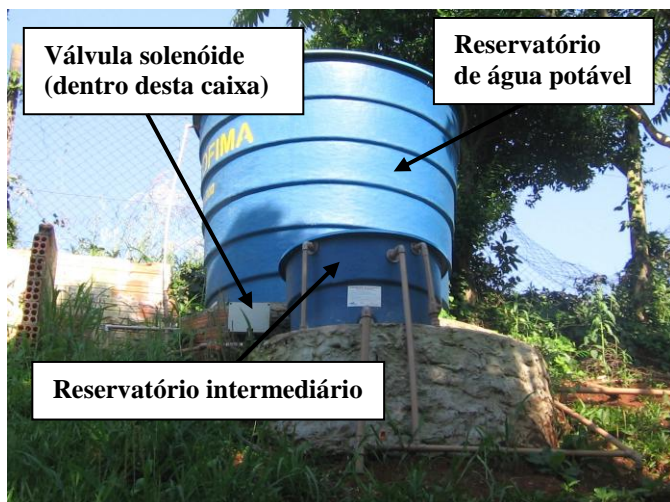
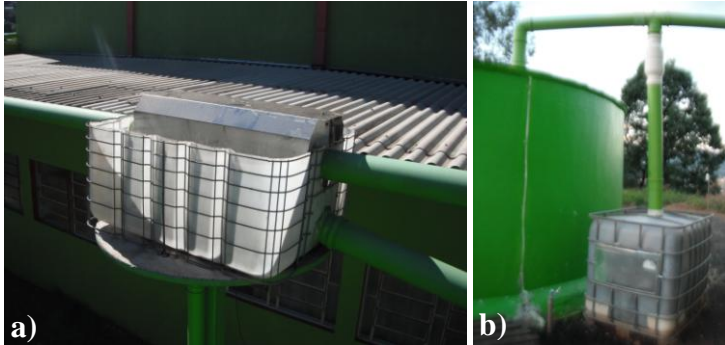


Figura 57: Reservatório intermediário do Sistema piloto S2.



**Figura 58:** Dispositivos de descarte sólidos tipo VF6 (a) e desvio dos primeiros escoamentos (b) instalados no Sistema piloto S2.

### 5.1.3. Sistema Piloto S3

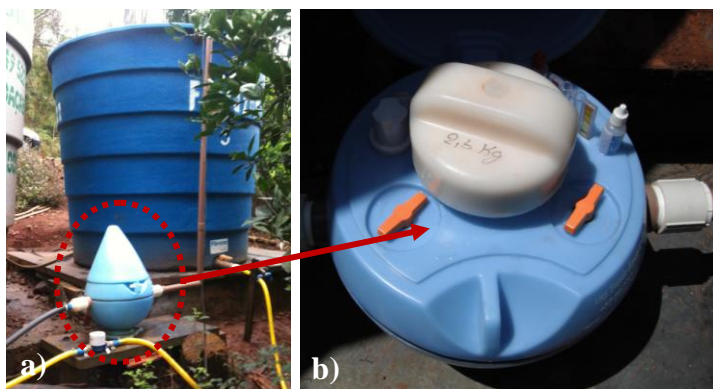
As Figuras 59 e 60 apresentam algumas etapas de construção do reservatório de ardósia de 250 m<sup>3</sup>, do Sistema piloto S3. A Figura 61 apresenta o reservatório intermediário do Sistema piloto S3. Os dispositivos de descarte de sólidos e desvio dos primeiros escoamentos estão apresentados na Figura 62.



**Figura 59:** a) execução da base de concreto armado; b) montagem das placas de ardósia.

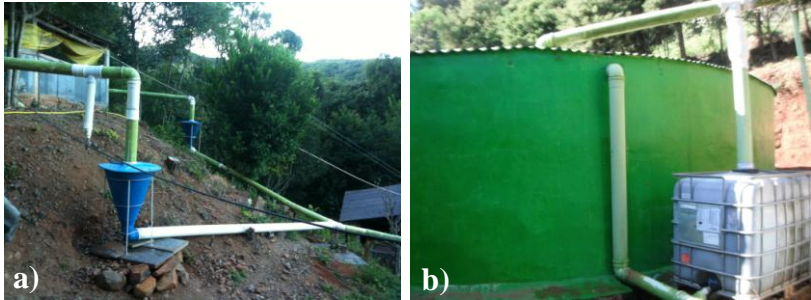


**Figura 60: a) camada estrutural; b) vista geral do reservatório.**



**Figura 61: a) reservatório intermediário (superior); b) dispositivo Gutwasser para desinfecção da água.**

No Sistema piloto S3, verificou-se que o funil coador inicialmente instalado era pequeno demais para suportar a enorme quantidade de folhas provindas da área de captação junto com a chuva. O dispositivo acabava transbordando rapidamente, acarretando muita perda de água. Foi, portanto, instalado mais um dispositivo com as mesmas dimensões do primeiro, como mostra a Figura 62(a). Desta forma, os transbordamentos acabaram.



**Figura 62: Dispositivos de descarte de sólidos (a) e desvio dos primeiros escoamentos (b) instalados no Sistema piloto S3.**

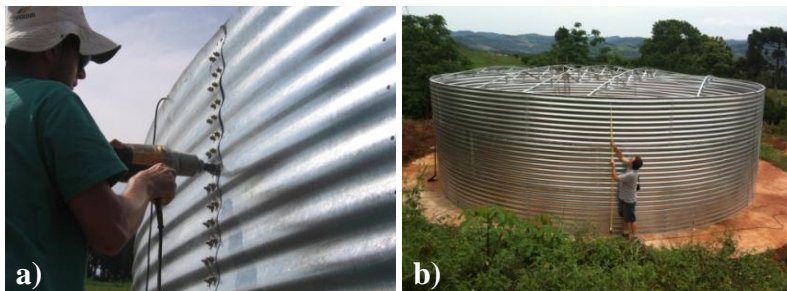
#### 5.1.4. Sistema Piloto S4

As Figuras de 63 a 65 apresentam algumas etapas de construção do reservatório metálico de 200 m<sup>3</sup>, do Sistema piloto S4. A Figura 66 apresenta o reservatório intermediário do Sistema piloto S4 com o dispositivo de desinfecção Mega Clorador. Os dispositivos de descarte de sólidos e desvio dos primeiros escoamentos estão apresentados na Figura 67.

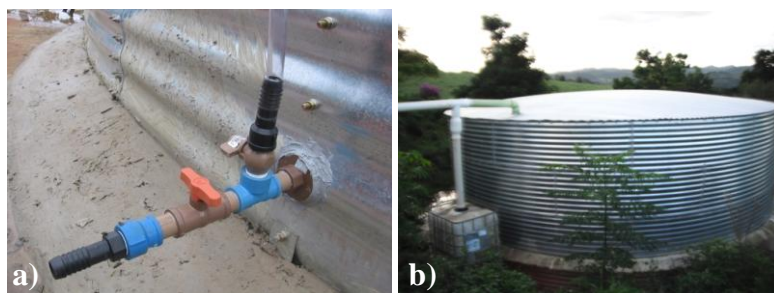
No Sistema piloto S4, não foi necessário promover modificações nas dimensões do funil coador inicialmente instalado, já que não foram observados vazamentos.



**Figura 63: a) base de concreto armado; b) montagem das chapas de aço galvanizado.**



**Figura 64:** a) parafusamento das chapas; b) tesouras metálicas para sustentação das telhas.



**Figura 65:** a) saída para alimentação e mangueira de nível; b) vista geral do reservatório de chapas de aço galvanizado.



**Figura 66:** a) reservatório intermediário; b) dispositivo de desinfecção Mega Clorador.



**Figura 67: Dispositivos de descarte de sólidos (a) e desvio dos primeiros escoamentos (b) instalados no Sistema piloto S4.**

## 5.2. EFICIÊNCIA DOS SISTEMAS PILOTO

### 5.2.1. Redimensionamento dos Reservatórios

#### 5.2.1.1. *Estudo Estatístico dos Dados de Precipitação*

As Tabelas 24 e 25 (A e B) apresentam os resultados da análise estatística dos dados de precipitação do CETREDIA e da Estação Concórdia (código 2752005), respectivamente.

**Tabela 24: Análise estatística dos dados de precipitação do  
CETREDIA.**

Análise estatística dos períodos de seca			Média	20,47058824			
Concórdia Epagri Cetrédia			Desvio Padrão	3,83			
Método: Gumbel			Z	0,335			
Maior num. de dias sem chuva consecutivos anual			Y	-18,749			
Ano	Dias consecutivos sem chuva	Anos mais críticos	Dias consecutivos sem chuva	bi	X	Pi	Tr
1994	23	2010	29	3,436	0,032	0,032	31,57
1995	19	2005	27	2,766	0,063	0,061	16,40
1996	20	1994	23	1,425	0,241	0,214	4,68
1997	23	1997	23	1,425	0,241	0,214	4,68
1998	18	2001	22	1,090	0,336	0,286	3,50
1999	19	2008	22	1,090	0,336	0,286	3,50
2000	14	2003	21	0,755	0,470	0,375	2,67
2001	22	2004	21	0,755	0,470	0,375	2,67
2002	18	1996	20	0,419	0,657	0,482	2,08
2003	21	2009	20	0,419	0,657	0,482	2,08
2004	21	1995	19	0,084	0,919	0,601	1,66
2005	27	1999	19	0,084	0,919	0,601	1,66
2006	15	1998	18	-0,251	1,285	0,723	1,38
2007	17	2002	18	-0,251	1,285	0,723	1,38
2008	22	2007	17	-0,586	1,797	0,834	1,20
2009	20	2006	15	-1,257	3,513	0,970	1,03
2010	29	2000	14	-1,592	4,913	0,993	1,01



**Tabela 25A: Análise estatística dos dados de precipitação da Estação  
Concórdia 2752005 (1955 a 1986).**

Análise estatística dos períodos de seca			Média	20,14285714			
Concórdia - Estação 2752005			Desvio Padrão	6,59			
Método: Gumbel			Z	0,195			
Maior número de dias sem chuva consecutivos anual			Y	-17,179			
Ano	Dias consecutivos sem chuva	Anos mais críticos	Dias consecutivos sem chuva	bi	X	Pi	Tr
1955	18	1956	41	4,638	0,010	0,010	103,83
1956	41	1978	33	3,080	0,046	0,045	22,27
1957	31	1988	32	2,886	0,056	0,054	18,42
1958	19	1957	31	2,691	0,068	0,066	15,25
1959	19	1989	30	2,496	0,082	0,079	12,64
1960	14	1996	29	2,302	0,100	0,095	10,50
1961	22	1980	28	2,107	0,122	0,115	8,73
1962	20	1964	24	1,328	0,265	0,233	4,30
1963	17	1979	24	1,328	0,265	0,233	4,30
1964	24	1997	24	1,328	0,265	0,233	4,30
1965	15	1961	22	0,939	0,391	0,324	3,09
1969	20	1985	22	0,939	0,391	0,324	3,09
1970	18	1995	22	0,939	0,391	0,324	3,09
1971	21	1971	21	0,744	0,475	0,378	2,64
1972	14	1976	21	0,744	0,475	0,378	2,64
1973	13	1962	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1974	20	1969	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1975	15	1974	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1976	21	1981	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1977	19	2000	20	0,549	0,577	0,439	2,28
1978	33	1958	19	0,355	0,701	0,504	1,98
1979	24	1959	19	0,355	0,701	0,504	1,98
1980	28	1977	19	0,355	0,701	0,504	1,98
1981	20	1982	19	0,355	0,701	0,504	1,98
1982	19	1955	18	0,160	0,852	0,574	1,74
1983	13	1970	18	0,160	0,852	0,574	1,74
1984	18	1984	18	0,160	0,852	0,574	1,74
1985	22	1990	18	0,160	0,852	0,574	1,74
1986	17	1963	17	-	1,035	0,645	1,55

**Tabela 26B: Análise estatística dos dados de precipitação da Estação Concórdia 2752005 (1987 a 2002).**

Ano	Dias consecutivos sem chuva	Anos mais críticos	Dias consecutivos sem chuva	bi	X	Pi	Tr
1987	13	1986	17	-	1,035	0,645	1,55
1988	32	1965	15	-	1,528	0,783	1,28
1989	30	1975	15	-	1,528	0,783	1,28
1990	18	1991	15	-	1,528	0,783	1,28
1991	15	1960	14	-	1,857	0,844	1,19
1995	22	1972	14	-	1,857	0,844	1,19
1996	29	1998	14	-	1,857	0,844	1,19
1997	24	1973	13	-	2,256	0,895	1,12
1998	14	1983	13	-	2,256	0,895	1,12
1999	13	1987	13	-	2,256	0,895	1,12
2000	20	1999	13	-	2,256	0,895	1,12
2001	11	2001	11	-	3,330	0,964	1,04
2002	10	2002	10	-	4,046	0,983	1,02

Considerando um período de retorno (Tr) de 3 anos, como indicado por Group Raindrops (2002), verificou-se que, tanto para os dados de precipitação do CETREDIA quanto para os dados de precipitação da Estação Concórdia, após a utilização das equações de 8 a 15, foi obtido um período de seca de 22 dias. Isso significa que, apesar da desatualização da série histórica da primeira e da pouca quantidade de dados de precipitação do segundo, as séries históricas apresentaram resultados muito próximos quando analisadas estatisticamente pelo Método de Gumbel. Portanto, optou-se por se trabalhar, a partir deste momento, com os dados da série histórica de precipitação do CETREDIA, já que seus dados são mais recentes.

Na Tabela 26, apresenta-se a média da precipitação total anual na região de Concórdia, com base nos dados de precipitação do CETREDIA. Estes dados foram úteis para a obtenção de outros resultados, nas próximas etapas.

**Tabela 27: Médias da precipitação total anual e dos dias com chuva na região de Concórdia.**

<b>Ano</b>	<b>Precipitação Total Anual (mm)</b>
1994	3193,0
1995	1950,0
1996	2663,6
1997	2864,0
1998	3490,0
1999	2095,0
2000	2418,0
2001	2431,0
2002	2617,5
2003	1881,4
2004	1397,0
2005	1961,8
2006	1344,8
2007	2062,8
2008	1679,4
2009	2008,9
2010	1800,9
<b>Número de dados (n)</b>	<b>17</b>
<b>Média</b>	<b>2227,0</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>594,9</b>

De acordo com a Tabela 26, com base nos dados de precipitação da estação meteorológica do CETREDIA, observa-se que a média da precipitação total anual foi de 2227,0 mm.

### 5.2.1.2. Demanda Diária de Água da Chuva (Dac)

#### Sistema Piloto S2

Apresenta-se inicialmente a demanda de água da chuva do Sistema piloto S2, pois no Sistema piloto S1, a instalação do hidrômetro na entrada do reservatório intermediário foi feita poucos dias antes do início de uma greve na escola, o que comprometeu a leitura do mesmo. Já que as duas escolas deste trabalho são muito semelhantes nos quesitos social, financeiro, estrutural, e de localização, optou-se por utilizar a mesma relação entre a água potável e a água da chuva consumidas na escola de Seara, do Sistema piloto S2.

O consumo de água potável no Sistema piloto S2 está exposto na Tabela 27. A demanda média diária de água da chuva no Sistema piloto S2 foi obtida analisando-se periodicamente o consumo de água da chuva na escola, como mostra a Tabela 28. Na Tabela 29, são apresentadas as porcentagens de consumo de água potável e de água da chuva em relação ao total consumido.

Neste caso também cabe lembrar que foram desconsiderados os finais de semanas no cálculo do consumo/demanda média diária de água potável (Tabela 27) e água da chuva (Tabela 28). Portanto, considerou-se que uma semana tem 5 dias letivos e um mês tem 22 dias letivos.

**Tabela 28: Histórico de consumo de água potável no Sistema piloto S2.**

Ano	Mês	Leitura	Volume (m <sup>3</sup> )
2011	Maio	1352	14
	Abril	1338	31
	Março	1307	22
	Fevereiro	1285	44
	Janeiro	1318	63
2010	Dezembro	1255	61
	Novembro	1194	52
	Outubro	1142	43
	Setembro	1099	31
	Agosto	1068	16
<b>Número de dados (n)</b>			<b>10</b>
<b>Média (m<sup>3</sup>/mês)</b>			<b>37,70</b>
<b>Média (m<sup>3</sup>/dia)</b>			<b>1,71</b>
<b>Desvio padrão (m<sup>3</sup>/mês)</b>			<b>17,71</b>

**Tabela 29: Histórico de consumo de água da chuva no Sistema piloto S2.**

Data da leitura	Leitura	Volume (m <sup>3</sup> )	Consumo médio diário (m <sup>3</sup> /dia)
24/03/2011	237,92	-	-
31/03/2011	242,87	4,95	0,99
07/04/2011	266,91	24,04*	4,81
14/04/2011	272,71	5,8	1,16
12/05/2011	291,17	18,46	0,84
19/05/2011	294,95	3,78	0,76
26/05/2011	298,53	3,58	0,72
<b>Número de dados (n)</b>			<b>6</b>
<b>Média (m<sup>3</sup>/dia)</b>			<b>1,54</b>
<b>Média (m<sup>3</sup>/mês)</b>			<b>33,99</b>
<b>Desvio padrão (m<sup>3</sup>/dia)</b>			<b>1,61</b>

\*Nesta semana houve irrigação de toda a área verde do terreno.

**Tabela 30: Relação quantitativa entre água potável e água da chuva no Sistema piloto S2.**

	Consumo médio diário (m <sup>3</sup> /dia)	Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> /mês)	Porcentagem em relação ao total consumido (%)
Água potável	1,71	37,70	53
Água da chuva	1,54	33,99	47
Total de água consumida	3,26	71,69	100

De acordo com a Tabela 29, na escola de Seara se consome, em média, 47% de água da chuva em relação ao total de água consumida na escola. Calculou-se uma demanda média diária de água da chuva de **1,54 m<sup>3</sup>/dia**.

### **Sistema Piloto S1**

O consumo de água potável na escola de Piratuba (Sistema piloto S1) está exposto na Tabela 30. Para o Sistema piloto S1, definiu-se um consumo de água da chuva de 47% em relação à água total (potável e não-potável) consumida na escola, como mostra a Tabela 31. A escolha deste valor foi justificada anteriormente.

Ressalta-se que, para o cálculo do consumo/demanda média diária de água potável na escola (Tabela 30), foram desconsiderados os

finais de semanas, e portanto, considerou-se que um mês tem 22 dias letivos.

**Tabela 31: Histórico de consumo de água potável no Sistema piloto S1.**

Ano	Mês	Leitura	Volume (m <sup>3</sup> )
2011	Maio	7444	110
	Abril	7334	71
	Março	7263	50
	Fevereiro	7213	25
	Janeiro	7188	48
2010	Dezembro	7140	69
	Novembro	7071	52
	Outubro	7019	61
	Setembro	6958	48
	Agosto	6910	49
<b>Número de dados (n)</b>			<b>10</b>
<b>Média (m<sup>3</sup>/mês)</b>			<b>58,30</b>
<b>Média (m<sup>3</sup>/dia)</b>			<b>2,65</b>
<b>Desvio padrão (m<sup>3</sup>/mês)</b>			<b>22,3</b>

É importante informar que no período levado em consideração (de agosto de 2010 a maio de 2011) o Sistema piloto S1 já estava em funcionamento.

**Tabela 32: Relação quantitativa entre água potável e água da chuva no Sistema piloto S1.**

	Consumo médio diário (m <sup>3</sup> /dia)	Consumo médio mensal (m <sup>3</sup> /mês)	Porcentagem em relação ao total consumido (%)
Água potável	2,65	58,30	53
Água da chuva	2,35	51,70	47
Total de água	5,00	110,00	100

De acordo com a Tabela 31, considerando um consumo de água da chuva de 47% em relação ao consumo total de água na escola, por regra de três obtém-se uma demanda média diária de água da chuva de **2,35 m<sup>3</sup>/dia**.

## Sistemas Piloto S3 e S4

Para as instalações suinícolas (sistemas piloto S3 e S4), as demandas requeridas de água da chuva são para dessedentação animal e higienização das instalações. Para o cálculo da demanda diária total de água da chuva nas instalações suinícolas foi utilizada a Eq. 16.

Para a dessedentação animal, foi considerado o gasto de 4,98 L/animal (bebedouro bom) e somando-se a este valor o desperdício de água de 3,34 L/animal. Estes valores foram retirados da Tabela 13. Para a higienização das instalações, considerou-se o gasto médio de 3,0 L/dia/animal (PALHARES, 2010).

A Tabela 32 apresenta a demanda média diária total de água da chuva para os sistemas piloto S3 e S4.

**Tabela 33: Demanda diária total de água da chuva para os sistemas piloto S3 e S4.**

Sistema Piloto	Dessedentação animal (L/animal)		Água para higienização (L/animal)	Número de animais	Demanda média total de água da chuva	
	Demanda diária	Desperdício			(m <sup>3</sup> /dia)	(m <sup>3</sup> /mês)
S3	4,98	3,34	3	1200	13,58	407,4
S4	4,98	3,34	3	520	5,89	176,7

De acordo com a Tabela 32, as demandas médias diárias totais de água da chuva para os sistemas piloto S3 e S4 são de **13,58** e **5,89 m<sup>3</sup>/dia**, respectivamente.

### 5.2.1.3. Volume de Armazenamento

Para o cálculo do volume do reservatório de armazenamento, é necessário se ter conhecimento das seguintes informações: demanda/consumo médio diário de água da chuva para os usos requeridos e os dias consecutivos sem chuva considerando um período de retorno de 3 anos. Foi utilizada a Eq. 13.

De acordo com os resultados obtidos no item 5.2.1.1, para o cálculo do volume dos reservatórios de armazenamento foi considerado um período consecutivo sem chuva de 22 dias. Cabe lembrar que foi considerado um volume de perdas eventuais de água (fator de

segurança) de 10%. Portanto, multiplicou-se o volume do reservatório por 1,1.

A Tabela 33 apresenta o volume calculado e o volume real dos reservatórios de armazenamento, apresentando a porcentagem de demanda requerida atendida.

**Tabela 34: Volume calculado e real dos reservatórios e porcentagem de demanda requerida atendida.**

Sistema Piloto	Demanda média diária de água da chuva (m <sup>3</sup> /dia)	Volume do reservatório calculado (m <sup>3</sup> )	Volume real (m <sup>3</sup> )	Demanda requerida correspondida (%)	Demanda efetivamente atendida	
					(m <sup>3</sup> /dia)	(m <sup>3</sup> /mês)
S1	2,35	57	50	78	2,07	45,45
S2	1,54	37	80	214	1,54	33,99
S3	13,58	329	250	76	10,33	309,92
S4	5,89	142	200	140	5,89	176,7

Para o Sistema piloto S1, o volume real de 50 m<sup>3</sup> corresponde a 78% da demanda média diária requerida, de 2,35 m<sup>3</sup>/dia. Consta-se, portanto, que a capacidade real do reservatório está quase ideal. Este foi levemente subdimensionado. Este sistema piloto tem uma capacidade de armazenamento referente a uma demanda de água da chuva de 2,07 m<sup>3</sup>/dia ou 45,45 m<sup>3</sup>/mês considerando 22 dias letivos.

Para o Sistema piloto S2, o volume real de 80 m<sup>3</sup> corresponde a 214% da demanda média diária requerida, de 1,54 m<sup>3</sup>/dia. Portanto, este reservatório foi superdimensionado. É importante ressaltar que os banheiros da escola do Sistema piloto S2 foram todos modificados após a execução do reservatório de armazenamento. Foram introduzidas tecnologias economizadoras de água, como vasos sanitários acoplados de duplo acionamento. Também foram eliminados os vazamentos, que eram excessivos nos mictórios. Por esta razão, houve uma grande redução no consumo de água não-potável, o que pode justificar, de certa forma, o superdimensionamento deste reservatório.

Para o Sistema piloto S3, o reservatório de armazenamento, da mesma forma que o do Sistema piloto S1, foi subdimensionado. O volume real de 250 m<sup>3</sup> corresponde a 76% da demanda total requerida, de 13,58 m<sup>3</sup>/dia. Este sistema piloto tem uma capacidade de armazenamento referente a uma demanda de água da chuva de 2,07



m<sup>3</sup>/dia ou 45,45 m<sup>3</sup>/mês considerando 22 dias letivos. Neste caso, a idéia era abastecer apenas a instalação suinícola inferior, que se encontra ao lado do reservatório. Isto explica o subdimensionamento.

Para o Sistema piloto S4, o volume real de 200 m<sup>3</sup> corresponde a 140% da demanda total requerida, de 5,89 m<sup>3</sup>/dia. Constatase, portanto, que este reservatório foi superdimensionado. Recomenda-se que este sistema piloto alimente duas pocilgas, em vez de somente uma. Neste caso, o sistema piloto não funcionaria mais por gravidade, seria necessário bombeamento para alimentar a pocilga intermediária.

### 5.2.2. Eficiência

Para o cálculo da eficiência dos sistemas piloto foi necessário ter conhecimento do volume médio mensal de água aproveitável ( $V_{\text{aprov.}}$ ) e da demanda média mensal requerida de água da chuva ( $D_{\text{ac}}$ ), já calculada no capítulo anterior. Como os sistemas piloto S1 e S3 tiveram seus reservatórios subdimensionados, e portanto, atendem a uma demanda inferior à requerida, a eficiência neste caso foi calculada de acordo com a demanda efetivamente atendida.

#### 5.2.2.1. Disponibilidade de Água da Chuva

Para o cálculo do volume de água da chuva aproveitável nas propriedades onde foram instalados os sistemas piloto deste trabalho de pesquisa, foi utilizada a Eq. 3. Foi, portanto, necessário o conhecimento das seguintes informações: área de captação ( $A$ ); precipitação anual média ( $P$ ); coeficiente de escoamento superficial ( $C$ ); e o  $\eta_{\text{fator de captação}}$ , que é a eficiência do sistema de captação levando em conta os dispositivos de descarte de sólidos e desvio das águas das primeiras chuvas.

A precipitação anual média na região de estudo foi aquela obtida no item 5.2.1.1, de 2227,0 mm. De acordo com a Tabela 5, foi estabelecido um coeficiente de escoamento superficial de 0,85, tendo em vista as áreas de captação serem constituídas por telhas metálicas onduladas (nas escolas públicas) e cerâmicas (nas instalações suinícolas). Também se considerou uma perda de água de 10% causada pelos dispositivos de descarte de sólidos e desvio das águas das primeiras chuvas. Portanto, estabeleceu-se um  $\eta_{\text{fator de captação}}$  de 0,90.

A Tabela 34 apresenta o volume de água da chuva disponível para cada sistema piloto.

**Tabela 35: Volume de água da chuva disponível para cada sistema piloto.**

Sistema Piloto	Área de captação (m <sup>2</sup> )	Volume de água da chuva aproveitável (V <sub>aprov.</sub> )		
		Anual (m <sup>3</sup> /ano)	Mensal (m <sup>3</sup> /mês)	Diário (m <sup>3</sup> /dia)
S1	875	1490,70	124,22	4,14
S2	800	1362,92	113,58	3,79
S3	900	1533,29	127,77	4,26
S4	497	846,72	70,56	2,35

Observa-se que o volume de água da chuva aproveitável é diretamente proporcional à área de captação. Em decorrência disso, o Sistema piloto S4, por ter a menor área de captação, tem o menor volume anual de água da chuva aproveitável.

#### 5.2.2.2. Resultados de Eficiência

A eficiência dos sistemas piloto foi calculada por meio da Eq. 17. Os resultados estão apresentados na Tabela 35.

**Tabela 36: Eficiência dos sistemas piloto.**

	S1	S2	S3	S4
V <sub>aprov.</sub> (m <sup>3</sup> /mês)	124,22	113,58	127,77	70,56
Demanda de água da chuva atendida (m <sup>3</sup> /mês)	45,45	33,99	309,92	176,59
Eficiência (E%)	273	334	41	40

Observando a Tabela 35, constata-se que os sistemas piloto S1 e S2 irão atender a 100% das demandas de água da chuva, respectivamente, já que a produção média anual de água da chuva é superior à demanda média anual requerida.

A Tabela 35 também mostra que os sistemas piloto S3 e S4 irão atender a 41 e 40% das demandas de água da chuva, respectivamente, já que a produção média anual de água da chuva é inferior à demanda média anual requerida.

É interessante observar que, apesar do reservatório do Sistema piloto S4 estar superdimensionado, levando-se em conta a demanda

requerida e o período de seca, este sistema piloto tem uma eficiência baixa, de 40%, considerando a disponibilidade de chuva na região.

### 5.3. MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA CHUVA

#### 5.3.1. Análise da Composição Química da Ardósia

Cabe lembrar que, para a análise da composição química da ardósia, utilizou-se a técnica de Difração de Raio-X (DRX). As medidas foram obtidas pelo método do pó, em Difrátômetro Philips X'Pert. A identificação dos picos foi feita através do software Philips, com base no *Joint Committee on Powder Diffraction Standards - JCPDS*. As fases identificadas estão apresentadas na Tabela 38.

**Tabela 37: Fases identificadas através de difração de raios-X.**

Fases identificadas	Fórmula Química
Quartz low	Si O <sub>2</sub>
Albite low	Na ( Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub> )
Dolomite	Ca Mg ( C O <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>
Microcline, intermediate	K Al Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
Corrensite	( Mg , Al ) <sub>9</sub> ( Si , Al ) <sub>8</sub> O <sub>20</sub> ( O H ) <sub>10</sub> !4 H <sub>2</sub> O
Muscovite	H2 K Al <sub>3</sub> ( Si O <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
Clinochlore 2\ITM\RG	Al <sub>2</sub> Mg <sub>5</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub> ( O H ) <sub>8</sub>

De acordo com a Tabela 38, as fases identificadas no pó de ardósia através de difração de raios-X, são: quartzo, albita, dolomita, microclina, corrensite, muscovita e clinoclóro.

Ressalta-se que a corrensite e o clinoclóro compartilham os mesmos picos principais. Dessa forma, pela análise de DRX, as duas fases podem estar presentes na amostra, ou apenas uma delas. Os resultados foram semelhantes aos obtidos por Cunha (2007), que ao analisar a composição mineralógica da ardósia por meio do Ensaio de Difractometria de raios-X, as seguintes fases foram identificadas: quartzo, albita, clinoclóro, dolomita, muscovita e ortoclásio.

Na composição da ardósia utilizada neste trabalho, observa-se, por meio da Tabela 38, a presença de certos elementos, tais como: silício, sódio, alumínio, cálcio, magnésio, e potássio. Este conhecimento é importante na etapa de monitoramento da qualidade da água da chuva nos sistemas piloto deste trabalho. Em particular, na verificação da

qualidade da água da chuva armazenada nos reservatórios de placas de ardósia, cujas placas estão diretamente em contato com a água.

### **5.3.2. Qualidade da Água da Chuva ao Longo dos Sistemas Piloto**

Os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas das amostras coletas em diferentes pontos dos sistemas piloto implantados neste trabalho estão apresentados nas Tabelas de 39 a 42. Foi calculada a média e o desvio padrão para cada parâmetro analisado.

**Tabela 38: Resultados de qualidade da água do Sistema piloto S1.**

Parâmetro	Unidade	VMP Portaria 518	CONAMA 357	S1					
				P1		P2		P3	
				Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$
Alcalinid.	mg/L	x	x	1,1	0,8	1,7	0,9	0,6	0,5
pH		6 a 9,5	6 a 9	6,2	0,2	<b>5,9</b>	0,4	<b>5,0</b>	0,6
Condutiv.	$\mu\text{S/cm}$	x	x	20,7	7,1	21,2	7,6	15,6	4,2
ST	mg/L	x	x	<110	0	<530	619	<110	0
SDT	mg/L	1000	x	11	3	16	4	7	2
Amônia	mg/L	1,5	13,3	0,66	0,84	0,28	0,17	0,21	0,09
Turbidez	UNT	5	100	<5	0	<b>64</b>	76	<5	0
Ferro	mg/L	0,3	5	<3	0,00	<3	0,00	<3	0,00
Cobre	mg/L	2	0,013	<2	0,00	<2	0,00	<2	0,00
Zinco	mg/L	5	5	<0,4	0,00	0,94	0,33	<0,4	0,00
Manganês	mg/L	0,1	0,5	<1	0,00	<1	0,00	<1	0,00
Coliformes T	UFC/mL	ausência	x	x	x	<b>30</b>	33	<b>4</b>	2
Coliformes F	UFC/mL	ausência	1000 em 100 mL	x	x	<b>1</b>	0	0	0,55
Cálcio	mg/L	x	x	<0,5	0,00	<0,77	0,33	<0,5	0,00
Magnésio	mg/L	x	x	<0,13	0,00	<0,18	0,07	<0,13	0,00
Potássio	mg/L	x	x	<2	0,00	<2	0,00	<2	0,00
Fósforo	mg/L	x	0,15	<0,54	0,07	<0,5	0,00	<0,5	0,00
Nitrato	mg/L	10	10	0,34	0,22	4,30	3,56	0,69	0,28
Nitrito	mg/L	1	1	<0,54	0,00	<0,54	0,00	<0,54	0,00
Fluoreto	mg/L	1,5	1,4	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02
Cloreto	mg/L	250	250	0,06	0,11	0,43	0,76	0,16	0,24
Sulfato	mg/L	250	250	0,29	0,27	0,45	0,24	0,12	0,14

NOTA: Os valores em vermelho estão acima dos máximos permitidos pela Portaria nº 518, ou acima dos padrões ou condições para as águas de classe 3 da Resolução CONAMA 357.

Para os parâmetros que se encontraram abaixo de seu limite de quantificação, considerou-se no resultado o próprio limite de quantificação, o que deixa a média calculada superior à média real. Isto explica o sinal de “inferior a” (<) em algumas médias calculadas. Cabe salientar que os limites de quantificação são definidos pela instrumentação existente no laboratório de análise.

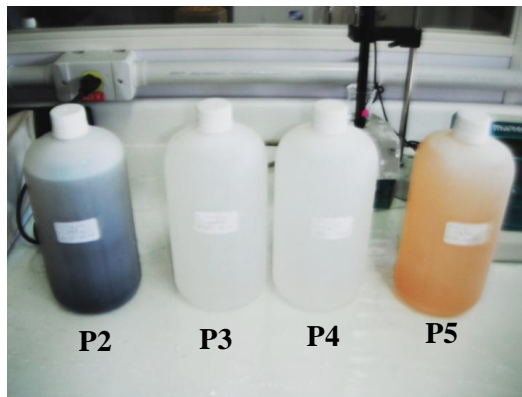
**Tabela 39: Resultados de qualidade da água do Sistema piloto S2.**

Parâmetro	Unidade	S2					
		P1		P2		P3	
		Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$
Alcalinidade	mg/L	3,3	2,2	74,4	54,2	7,1	1,8
pH		6,5	0,3	7,1	0,5	7,0	0,3
Condutividade	$\mu$ S/cm	22,2	3,6	144,0	125,6	29,0	10,8
ST	mg/L	<110	0	4593	48133	<110	0
SDT	mg/L	11	2	82	55	15	5
Amônia	mg/L	0,43	0,22	<b>16,71</b>	21,06	0,21	0,18
Turbidez	UNT	<5	0	<b>519</b>	449	<5	0
Ferro	mg/L	<3	0,00	<3	0,00	<3	0,00
Cobre	mg/L	<2	0,00	<2	x	<2	0,00
Zinco	mg/L	<0,4	0,00	<0,5	0,12	<0,4	0,00
Manganês	mg/L	<1	0,00	<b>1,22</b>	0,49	<1	0,00
CT	UFC/mL	x	x	<b>60</b>	78	0	0,5
CF	UFC/mL	x	x	<b>38</b>	71	0	0
Cálcio	mg/L	<0,61	0,22	5,99	5,95	2,26	1,43
Magnésio	mg/L	<0,15	0,04	<3,25	4,55	<0,18	0,07
Potássio	mg/L	<2	0,00	<4,68	4,64	<2	0,00
Fósforo	mg/L	<0,58	0,14	<1,42	1,50	<0,5	0,00
Nitrato	mg/L	0,32	0,32	0,09	0,10	1,94	0,78
Nitrito	mg/L	<0,54	0,00	<0,54	0,00	x	x
Fluoreto	mg/L	0,01	0,02	0,04	0,03	0,02	0,03
Cloreto	mg/L	0,14	0,24	1,10	0,60	0,33	0,49
Sulfato	mg/L	0,10	0,16	5,06	4,08	0,58	0,20

NOTA: Os valores em vermelho estão acima dos máximos permitidos pela Portaria n° 518, ou acima dos padrões ou condições para as águas de classe 3 da Resolução CONAMA 357.

A Figura 68 apresenta os diferentes aspectos visuais das amostras coletadas no dia 15 de fevereiro de 2011 na instalação suinícola de Concórdia (Sistema piloto S3). Ressalta-se que o Ponto P1 está ausente na Figura 68, já que amostrador da água da chuva que cai diretamente da atmosfera ainda não tinha sido instalado nesse dia.

Observando a Figura 68, percebe-se o quão suja ficou a água da chuva após a passagem pelo telhado (Ponto P2). Daí a importância dos dispositivos de descarte de sólidos, de desvio dos primeiros escoamentos, e de proteção sanitária instalados no interior do reservatório. A diferença da água coletada no Ponto P2 para a água armazenada (Ponto P3) é impressionante. A cor da água superficial também fornecida aos animais (água do sistema convencional), coletada no Ponto P5, também chama a atenção. Cabe lembrar que esta água não passa por qualquer tipo de tratamento, ela é diretamente fornecida aos animais, com estas características visuais.



**Figura 68: Diferentes aspectos visuais das amostras.**

**Tabela 40: Resultados de qualidade da água do Sistema piloto S3.**

Parâmetro	Unidade	S3									
		P1		P2		P3		P4		P5	
		Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$
Alcalinid.	mg/L	2,5	2,2	37,1	25,3	18,0	13,0	13,2	8,5	30,3	12,2
pH		6,3	0,3	6,9	0,5	7,2	0,2	6,4	0,7	7,0	0,3
Condutiv.	$\mu$ S/cm	22,2	6,3	139,5	16,6	64,6	12,2	80,6	14,4	86,4	13,5
ST	mg/L	<110	0	711	541	<110	0	<148	36	144	69
SDT	mg/L	11	3	70	8	32	6	41	7	43	7
Amônia	mg/L	0,96	0,62	1,42	1,31	0,07	0,04	0,03	0,01	0,02	0,01
Turbidez	UNT	<5	0,0	64	49	<5	0	<5	0	91	40
Ferro	mg/L	<3	0,00	<3	0,00	<3	0,00	<3	0,00	3,05	1,09
Cobre	mg/L	<2	0,00	<2	0,00	<2	0,00	<2	0,00	<2	0,00
Zinco	mg/L	<0,4	0,00	0,74	0,23	<0,4	0,00	<0,4	0,00	<0,4	0,00
Manganês	mg/L	<1	0,00	<1	0,00	<1	0,00	<1	0,00	<1	0,00
Cloro	mg/L	x	x	x	x	x	x	2,50	0,00	0,20	0,26
CT	UFC/mL	x	x	64	65	19	18	1	3	20	29,85
CF	UFC/mL	x	x	29	42	5	8	0	0	6	10,43
Cálcio	mg/L	<0,50	0,00	18,61	3,23	8,17	1,46	10,18	2,60	6,61	1,37
Magnésio	mg/L	<0,18	0,09	1,77	0,33	<0,47	0,21	<0,59	0,26	<3,27	1,89
Potássio	mg/L	<2	0,00	8,26	6,08	2,88	0,85	2,19	0,31	4,18	0,38
Fósforo	mg/L	<0,50	0,00	1,71	0,71	<0,69	0,31	<0,74	0,46	4,17	2,19
Nitrato	mg/L	0,31	0,29	8,21	8,66	3,34	0,69	3,17	0,23	5,83	4,55
Nitrito	mg/L	<0,54	0,00	0,71	0,03	<0,54	0,00	x	x	x	x
Fluoreto	mg/L	0,02	0,03	0,10	0,07	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,05
Cloreto	mg/L	0,10	0,09	0,62	0,38	4,59	8,92	14,72	8,70	2,03	0,65
Sulfato	mg/L	0,10	0,17	1,81	1,78	0,47	0,27	0,46	0,32	0,68	0,31

NOTA: Os valores em vermelho estão acima dos máximos permitidos pela Portaria n° 518, ou acima dos padrões ou condições para as águas de classe 3 da Resolução CONAMA 357.



**Tabela 41: Resultados de qualidade da água do Sistema piloto S4.**

Parâmetro	Unidade	S4									
		P1		P2		P3		P4		P5	
		Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$	Média	$\sigma$
Alcalinid.	mg/L	3,4	1,5	7,5	3,7	10,8	5,0	7,5	2,0	12,1	2,0
pH		6,4	0,3	6,0	0,3	6,9	0,5	6,7	0,2	6,7	0,3
Condutivid.	$\mu\text{S/cm}$	20,7	3,6	47,8	9,3	35,2	1,0	35,3	2,5	48,8	5,4
ST	mg/L	<110	0	281	134	126	32	131	37	126	37
SDT	mg/L	10	2	24	4	17	1	18	2	25	3
Amônia	mg/L	0,56	0,25	2,10	0,71	1,02	0,57	0,67	0,38	0,08	0,08
Turbidez	UNT	<5	0	32	33	<5	0	<5	0	8	3
Ferro	mg/L	<3	0,00	<3	0,00	<3	0,00	<3	0,00	<3	0,00
Cobre	mg/L	<2	0,00	<2	0,00	<2	0,00	<2	0,00	<2	0,00
Zinco	mg/L	<0,4	0,00	<0,4	0,00	0,48	0,15	0,51	0,18	<0,4	0,00
Manganês	mg/L	<1	0,00	<1	0,00	<1	0,00	<1	0,00	<1	0,00
Cloro	mg/L	x	x	x	x	x	x	0,00	0,00	1,30	1,42
CT	UFC/mL	x	x	47	39	26	41	24	27	2	3
CF	UFC/mL	x	x	2	2	0	0	0	0	0	0
Cálcio	mg/L	<0,5	0,00	<1,60	0,87	2,39	0,70	2,36	0,81	2,28	1,22
Magnésio	mg/L	<0,13	0,01	<0,41	0,26	<0,14	0,01	<0,14	0,01	<1,05	0,64
Potássio	mg/L	<2	0,00	<3,51	1,52	<2,11	0,18	<2	0,00	2,73	0,30
Fósforo	mg/L	<0,5	0,00	0,77	0,22	<0,52	0,03	<0,81	0,44	1,78	0,62
Nitrato	mg/L	0,28	0,29	9,87	4,88	1,65	1,66	2,49	1,57	1,22	0,91
Nitrito	mg/L	<0,54	0,00	<0,54	0,00	0,78	0,34	x	x	<0,54	0,00
Fluoreto	mg/L	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,02	0,03	0,03	0,04
Cloreto	mg/L	0,08	0,14	0,28	0,35	0,51	0,75	1,25	1,04	2,76	1,01
Sulfato	mg/L	0,06	0,11	0,61	0,43	0,61	0,64	0,25	0,36	2,35	0,24

NOTA: Os valores em vermelho estão acima dos máximos permitidos pela Portaria n° 518, ou acima dos padrões ou condições para as águas de classe 3 da Resolução CONAMA 357.

Os resultados expostos nas Tabelas 39, 40, 41 e 42 foram analisados e discutidos para cada parâmetro separadamente, como pode se verificar a seguir.

### 5.3.2.1. Amônia, Nitrito e Nitrato

De acordo com Sperling (2005) o nitrogênio, na forma de amônia, está associado a uma poluição recente, enquanto que o nitrogênio, na forma de nitrato, está associado a uma poluição mais remota. Isso explica a concentração média de amônia de 16,7 mg/L no Ponto P2 do Sistema piloto S2. Este valor é superior ao máximo permitido pela Portaria nº 518, de 1,5 mg/L, e também superior ao padrão para as águas de classe 3 da Resolução CONAMA 357, de 13,3 mg/L. Como já foi dito, no Ponto P2 são coletadas as águas recém contaminadas pela área de captação, as quais contêm grande quantidade de matéria orgânica e sólidos. No Sistema piloto S4, percebe-se que na água armazenada no reservatório (Ponto P3), a concentração média de amônia se apresentou elevada, de 1,02 mg/L, porém inferior ao valor máximo permitido pela Portaria nº 518. Já o Ponto P2 deste mesmo sistema piloto apresentou uma média de 2,10 mg/L, valor acima do permitido pela Portaria nº 518, porém inferior ao padrão para as águas de classe 3 da Resolução CONAMA 357.

Com relação às concentrações médias de nitrato, todas se apresentaram bem abaixo do padrão estipulado pela Portaria nº 518 e do padrão para as águas de classe 3 da Resolução CONAMA 357, ambos de 10 mg/L, com exceção da média no Ponto P2 dos sistemas piloto S3 e S4, que se apresentou próxima deste valor máximo permitido.

Concentrações de nitrito não foram identificadas em todas as amostras. A sua ausência foi verificada nos pontos P3 dos sistemas piloto S2 e S3, e nos pontos P4 dos sistemas piloto S3 e S4. Dentre as amostras que apresentaram concentrações de nitrito, todas ficaram abaixo do valor máximo permitido pela Portaria nº 518, de 1 mg/L, e do padrão para as águas de classe 3 da Resolução CONAMA 357, também de 1 mg/L. Porém, a amostra do Ponto P3 (interior do reservatório) do Sistema piloto S4 apresentou uma média de nitrito bastante elevada e próxima aos padrões de qualidade da água para o nitrito, que foi de 0,78 mg/L. Na pesquisa de Anecchini (2005) valores muito baixos foram observados nos resultados de nitrito, com valores médios abaixo de 0,006 mg/L para a água da chuva no interior do reservatório.

### 5.3.2.2. pH

As únicas amostras que apresentaram um valor de pH inferior a 6,0 foram coletas nos pontos P2 e P3 do Sistema piloto S1. Para o

restante das amostras, o pH não foi inferior a 6 nem superior a 7,5, estando de acordo com os padrões estipulados pela Portaria nº 518 e pela Resolução 357, de 6 a 9,5 e de 6 a 9, respectivamente.

Normalmente, a água da chuva é levemente ácida, com valores em torno de 5,6. Como as águas não foram coletadas logo após a ocorrência da precipitação, ficando até mesmo alguns dias armazenadas nos amostradores, os pH das águas coletadas nos pontos P1 de todos os sistemas piloto, podem estar acima de 6 por esta razão. Na pesquisa de Jaques (2005), o pH apresentou-se ácido para as amostras de água de chuvas coletadas sem passarem pelos telhados, sendo o valor mínimo encontrado de 4,92 e o máximo de 5,80.

May (2004), Jaques (2005) e Peters (2006) observaram um aumento do pH encontrado na água de chuva após a sua passagem pela superfície de captação. De acordo com May (2004), esse aumento do pH foi causado pela presença de limo e bactérias na água que passa pelo telhado e pela composição dos materiais da edificação. Este aumento de pH após a passagem pela área de captação também foi observado neste trabalho, nos sistemas piloto S2 e S3.

Nos sistemas piloto S1 e S2 houve uma diminuição no pH no interior do reservatório, enquanto que nos sistemas piloto S3 e S4 houve um aumento no pH no interior do reservatório.

#### 5.3.2.3. Alcalinidade

Em todas as amostras, a alcalinidade é representada por apenas bicarbonatos, já que os valores médios de pH estão todos acima de 4,4 e inferiores a 8,3. A alcalinidade não tem significado sanitário para a água potável, porém em elevadas concentrações confere um gosto amargo para a água. Trata-se de uma determinação importante no controle do tratamento de água, estando relacionada com a coagulação, redução da dureza e prevenção da corrosão em tubulações (SPERLING, 2005). É um parâmetro importante no caso de águas tratadas.

No Sistema piloto S1, a alcalinidade se apresentou muito baixa em todos os pontos de amostragem, com valor máximo de 1,74 mg/L no Ponto P2. Nos sistemas piloto S2 e S3, a alcalinidade se apresentou mais elevada no Ponto P2 em função da grande quantidade de poluentes depositados nos telhados. As águas superficiais, coletadas no Ponto P5 do Sistema piloto S3, também apresentaram um teor elevado de alcalinidade, cujo valor foi semelhante ao encontrado no P2 do mesmo sistema piloto. No Sistema piloto S4, verifica-se um fato curioso, a

alcalinidade média da água coletada no Ponto P2, de 7,5 mg/L, se apresentou mais baixa que a alcalinidade média no Ponto P3, de 10,8 mg/L, contrariando os outros sistemas piloto. Não foi encontrada uma razão aparente para tal resultado.

Na pesquisa de Peters (2006) a chuva apresentou valor médio de alcalinidade de 3,9 mg/L, aumentando significativamente após a passagem pelo telhado, apresentando valor médio de 31,2 mg/L. Na cisterna este valor decaiu para 23,1 mg/L. Esta tendência também foi verificada nos resultados deste trabalho, referentes à alcalinidade, com exceção do Sistema piloto S4, como já mencionado.

#### *5.3.2.4. Turbidez*

No Pontos P2 dos sistemas piloto S1, S3 e S4, e no Ponto P5 dos sistemas piloto S3 e S4, a turbidez média se apresentou acima do valor máximo permitido pela Portaria nº 518, de 5 NTU, porém inferiores à condição para as águas de classe 3 da Resolução 357, de 100 NTU. Para o Ponto P5 este resultado é alarmante, tendo em vista que as águas superficiais coletadas neste ponto são normalmente fornecidas aos animais, sem tratamento. No interior do reservatório e após tratamento químico (pontos P3 e P4), a turbidez média se apresentou abaixo de 5 NTU para todos os sistemas piloto. No reservatório inferior da pesquisa de Jaques (2005) a turbidez teve um valor médio de 4,70 NTU.

No Ponto P2 do Sistema piloto S2, a turbidez foi elevada, com concentração média de 518,81 NTU. Neste sistema piloto, a água da chuva coletada no Ponto P2, após passagem pelo telhado, na maioria das vezes, conferia maior teor de matéria orgânica do que os pontos P2 dos outros sistemas piloto, inclusive com odor muito desagradável. Uma possível justificativa é a maior quantidade de árvores grandes próximas ao ginásio, as quais devem ser responsáveis pela contribuição de materiais sólidos, além de pequenos insetos.

#### *5.3.2.5. Ferro e Manganês*

Em se tratando do ferro e do manganês, com a instrumentação existente no laboratório de análise físico-química da Embrapa não foi possível alcançar valores iguais ou inferiores aos máximos permitidos pela Portaria nº 518 para estes dois elementos, de 0,3 e 0,1 mg/L, respectivamente. Para a instrumentação existente no laboratório de

análise físico-química da Embrapa, o limite de quantificação do ferro e do manganês é de 3 e 1 mg/L, respectivamente.

Todas as amostras apresentaram uma concentração de ferro abaixo do limite de quantificação, com exceção do Ponto P5 do Sistema piloto S3. Este ponto apresentou uma concentração de ferro de 3,05 mg/L, muito acima do valor máximo permitido pela Portaria n° 518. Na pesquisa de Jaques (2005) o valor máximo de ferro encontrado foi de 4,30 mg/L no telhado de amianto, na ocorrência de alta intensidade pluviométrica.

Considerando a Resolução 357, as concentrações de ferro encontradas estão abaixo do padrão para as águas de classe 3, de 5 mg/L.

Com relação aos resultados do elemento manganês, as amostras apresentaram uma concentração média inferior ao limite de quantificação, para a instrumentação existente no laboratório de análise físico-química da Embrapa, que por sua vez é superior ao valor máximo permitido pela Portaria n° 518 e ao padrão para as águas de classe 3 da Resolução 357, de 0,5 mg/L. Portanto, não é possível saber se este parâmetro está comprometendo a água efetivamente. Somente o Ponto P2 do Sistema piloto S2 apresentou uma concentração média de manganês de 1,22 mg/L, superior ao limite de quantificação. Este resultado está dentro do esperado, já que a água coletada no Ponto P2 é bastante contaminada pelo telhado e ainda não passou por nenhum tipo de tratamento.

#### 5.3.2.6. *Coliformes Totais e Coliformes Fecais*

Não foi feita análise bacteriológica nos pontos P1 dos quatro sistemas piloto, em função da baixa probabilidade de haver ocorrência de coliformes totais e fecais na água de chuva sem a interferência de superfície de coleta. Na pesquisa de Jaques (2005) a água de chuva sem a interferência de superfície de coleta apresentou-se isenta de coliformes fecais. A presença desses microorganismos nas amostras de água indica a contaminação por fezes animais de sangue quente, como aves e gatos.

Para a Portaria n° 518, a água para consumo humano deve ter ausência de Coliformes Totais e Fecais em 100 mL de amostra. A condição para as águas de classe 3, da Resolução 357, para Coliformes Termotolerantes é de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mL de amostra. Coliformes Totais foram verificados em todos os pontos, com exceção do Ponto P3 do Sistema piloto S2, no qual foi verificada

ausência deste parâmetro. Neste sistema piloto, instalado em uma escola pública, pode não haver muitas aves sobrevoando a área de captação, o que explicaria a ausência de Coliformes Totais na água armazenada (Ponto P3). Cabe lembrar que o método de análise foi o Petrifilm, e portanto, foram observadas as Unidades Formadoras de Colônias por mililitro (UFC/mL).

Após desinfecção, no Sistema piloto S3 a média de Coliformes Totais passou de 19 para 1 UFC/mL. Este resultado comprova a eficiência do tratamento químico, feito com pastilhas de cloro, além da excelente qualidade da água da chuva para dessedentação animal. Inclusive, é interessante observar que em termos de parâmetros bacteriológicos, a água da chuva armazenada e tratada é muito melhor do que as águas superficiais, também fornecidas aos animais, coletadas no Ponto P5.

No Sistema piloto S4, a média de Coliformes Totais passou de 26 para 24 UFC/mL, ou seja, houve uma redução de apenas 11%. Isso mostra que no período de coleta, o equipamento responsável pela desinfecção foi mal operado. Provavelmente não houve uma devida reposição das pastilhas de cloro no interior do equipamento. Este por sua vez, se não estiver bem regulado e bem operado, não funciona corretamente. Além do mais, o reservatório intermediário, dentro do qual o equipamento foi instalado, está levemente inclinado.

Foi constatado que é mais fácil de se trabalhar com o equipamento de desinfecção da empresa LICS SUPER ÁGUA, do que com o Mega Clorador FORNARI. Cabe lembrar que ambos utilizam pastilhas de cloro para promover a desinfecção da água. Além do mais, dentro do próprio equipamento da LICS há reagentes e materiais necessários para a verificação da concentração de cloro e pH da água, permitindo um maior controle destes parâmetros.

Coliformes fecais foram encontrados nos pontos P2 de todos os sistemas piloto, porém no Sistema piloto S1 o valor médio encontrado foi de 1 UFC/mL. Também foram encontrados nos pontos P3 e P5 do Sistema piloto S3, com médias de 5 e 6 UFC/mL, respectivamente. Neste mesmo sistema piloto, percebe-se que não foram encontrados coliformes fecais na água após desinfecção (Ponto P4), o que demonstra a eficiência do sistema de tratamento químico.

### 5.3.2.7. Fluoreto

O valor máximo permitido de fluoreto, determinado pela Portaria nº 518, é de 1,5 mg/L, enquanto que o padrão da Resolução 357, para as águas de classe 3, é de 1,4 mg/L. Em todas as amostras analisadas o valor desse parâmetro ficou abaixo dos valores máximos permitidos. Geralmente, os índices elevados de fluoreto são encontrados em águas subterrâneas e águas tratadas. Na pesquisa de Jaques (2005) em todas as amostras analisadas o valor desse parâmetro também ficou abaixo do estabelecido pela legislação.

### 5.3.2.8. Cálcio, Magnésio, Potássio, Cloreto e Sulfato

As baixas concentrações encontradas das formas iônicas, tais como cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ); potássio (K); cloreto ( $\text{Cl}^-$ ); e sulfato ( $\text{SO}_4^-$ ), podem ser justificadas pela não proximidade com a água do mar, já que a região de estudo fica no Oeste Catarinense, longe do Oceano Atlântico.

Para o cálcio, o magnésio e o potássio, não existem valores máximos permitidos pela Portaria nº 518, ou padrões/condições para as águas de classe 3, da Resolução 357, referentes a estes íons.

Para o cloreto e sulfato, o padrão de aceitação para consumo humano, estipulado pela Portaria nº 518, é de 250 mg/L, para ambos. Para as águas de classe 3, da Resolução 357, o padrão de qualidade é também de 250 mg/L, para ambas as formas iônicas.

As baixas concentrações dos íons cálcio e magnésio implicam em uma baixa dureza, o que significa que, na região de estudo, a água da chuva pode ser utilizada em processos industriais em que se utiliza sabão.

### 5.3.2.9. Fósforo

O Fósforo Total apresentou-se em concentrações, na sua maioria, menores que 1,5 mg/L, tendo provável influência de poeiras e limos acumulados nas áreas de captação. Destaca-se o Ponto P5 do Sistema piloto S3, no qual são coletadas as águas superficiais também fornecidas aos animais, que apresentou uma concentração média de 4,17 mg/L.

Considerando o padrão para as águas de classe 3 da Resolução 357, de 0,15 mg/L, todas as amostras podem não estar observando este padrão de qualidade das águas. Isto porque o limite de quantificação do

fósforo, para a instrumentação de análise do Laboratório Físico-Químico da Embrapa, é de 0,50 mg/L. Porém, cabe lembrar que o fósforo não apresenta problemas de ordem sanitária nas águas de abastecimento. Entretanto, quando em elevadas concentrações este elemento pode conduzir a um crescimento exagerado de algas (eutrofização). Este parâmetro pode ser decorrente da dissolução de compostos do solo; decomposição da matéria orgânica; despejos domésticos e industriais; detergentes; fertilizantes; e excrementos de animais (SPERLING, 2005).

No estudo de Anecchini (2005), a concentração máxima de fósforo na água da chuva no interior do reservatório foi de 0,14 mg/L, na etapa de eliminação de apenas 0,5 mm de primeira chuva. Neste trabalho, o máximo valor médio de fósforo encontrado, no interior dos reservatórios, foi inferior a 0,69 mg/L. Essa indeterminação no resultado é decorrente do limite de quantificação de 0,50 mg/L.

#### 5.3.2.10. *Sólidos Totais (ST) e Sólidos Dissolvidos Totais (SDT)*

Os ST foram significativos nos pontos P2 de todos os sistemas piloto, com destaque para o Sistema piloto S2, que teve uma concentração média de ST de 4593,20 mg/L. Para os ST, não existe um valor máximo permitido pela Portaria n° 518, ou padrões/condições para as águas de classe 3, da Resolução 357.

No Sistema piloto S4, verifica-se outro fato curioso: a concentração média de ST no Ponto P4 se apresentou mais alta que no Ponto P3, o que mostra que a água no interior do reservatório tem menor quantidade de sólidos totais do que a água armazenada no reservatório intermediário, que passa por tratamento químico. Percebeu-se que a tampa do reservatório intermediário não estava sendo fechada corretamente, o que pode ter levado a uma contaminação externa.

Os valores mais elevados de sólidos podem estar ligados com as ocorrências de chuvas de grande intensidade. Este fato se deve à facilidade que as precipitações pluviométricas exercem sobre o telhado facilitando a remoção das partículas acumuladas na superfície do mesmo.

Os SDT, para todas as amostras, apresentaram concentrações médias inferiores ao valor máximo permitido pela Portaria n° 518, de 1.000 mg/L.



### 5.3.2.11. Condutividade

A condutividade da água de chuva sem passar pelos telhados (pontos P1) ficou com uma concentração média próxima de 20,00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , para todos os sistemas piloto. Este valor é perfeitamente normal quando se trata de água da chuva sem grandes interferências. Após a passagem pelos telhados, houve um incremento na condutividade, o que pode ser explicado pelo depósito de ácidos inorgânicos, bases e sais nos mesmos. Estes compostos também são encontrados nas águas superficiais, o que explica o maior teor de condutividade no Ponto P5 do Sistema piloto S3. Para o Sistema piloto S1, a condutividade se apresentou baixa em todos os pontos, com valor máximo de 21,20  $\mu\text{S}/\text{cm}$  no Ponto P2.

Anneccini (2005) verificou em seu estudo que, à medida que se aumenta o volume de primeira chuva eliminada, diminui-se a condutividade da chuva do reservatório, obtendo-se valores médios de 16,0 e 13,9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para as chuvas do reservatório após eliminar 1,0 e 1,5 mm de primeira chuva, respectivamente. Neste trabalho, no interior dos reservatórios (pontos P3), a condutividade média encontrada nos sistemas piloto foi de 15,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para o S1, de 29,0  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para o S2, de 64,6  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para o S3 e de 35,2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para o S4. Como já foi mencionado, foram desviados nos sistemas piloto S1, S2, S3 e S4, respectivamente, 1,1 mm, 1,2 mm, 1,1 mm, e 2,0 mm. Percebe-se que nas instalações suinícolas (sistemas piloto S3 e S4) a condutividade é maior - mesmo com desvio de 2,0 mm no S4 - provavelmente devido à maior quantidade de sujeiras depositadas nos telhados das instalações.

### 5.3.2.12. Zinco e Cobre

Os metais zinco e cobre apresentaram concentrações médias inferiores aos limites de quantificação da metodologia analítica utilizada, de 0,4 e 2 mg/L, respectivamente. Isso significa que as concentrações médias encontradas de zinco e cobre estão de acordo com os padrões estipulados pela Portaria n<sup>o</sup> 518, de 5 e 2 mg/L, respectivamente. Porém, em se tratando do cobre, de acordo com o padrão para as águas de classe 3 da Resolução 357, de 0,013 mg/L, as concentrações encontradas podem não observar este padrão de qualidade das águas.

### 5.3.2.13. *Cloro Residual Livre*

A análise de cloro residual livre foi realizada somente nas amostras com tratamento químico (pontos P4) e nas águas superficiais (pontos P5), também fornecidas aos animais. Desta forma, este parâmetro foi verificado somente nos sistemas piloto S3 e S4. A Portaria nº 518 recomenda que o teor máximo de cloro residual livre, em qualquer ponto do sistema de abastecimento, seja de 2,0 mg/L. Sendo assim, a concentração média deste parâmetro, encontrada no Ponto P4 do Sistema piloto S3, de 2,5 mg/L, está acima do valor recomendado. Consta-se que é preciso um monitoramento mais eficaz do dispositivo de desinfecção, a fim de ter um maior controle da concentração deste parâmetro na água encaminhada aos animais. No Ponto P4 do Sistema piloto S4, não foi observado teor de cloro de residual livre.

### 5.3.3. **Conclusões e Observações do Monitoramento da Qualidade da Água**

Os desvios padrão elevados, próximos ou mesmo superiores às suas respectivas médias mostram que existe uma grande variabilidade nos resultados encontrados.

Observa-se que a qualidade da água da chuva melhora significativamente dos pontos P2, após passagem pelo telhado, para os pontos P3, no interior do reservatório. Isso comprova a eficiência dos dispositivos de descarte de sólidos, de desvio de água dos primeiros escoamentos e de proteção sanitária do reservatório de acumulação (entrada com freio d'água junto ao fundo do reservatório, conjunto flutuante de sucção junto à superfície da água e sifão extravasor dotado com tubulação de sucção pelo fundo do reservatório). Os resultados também comprovam a eficiência do sistema de desinfecção utilizado no Sistema piloto S3.

O sistema de desinfecção da empresa FORNARI, instalado no Sistema piloto S4 foi mal operado, não propiciando resultados satisfatórios. Este equipamento, se não estiver bem regulado e bem operado, não funciona corretamente. Além do mais, o reservatório intermediário dentro do qual o equipamento foi instalado, está levemente inclinado. Provavelmente não houve uma devida reposição das pastilhas de cloro no interior do equipamento. A ausência de cloro residual livre na água coletada no Ponto P4 do Sistema piloto S4 comprova esta suposição. Porém, os resultados também indicaram uma

possível contaminação externa da água no reservatório intermediário, devido ao aumento no teor de sólidos totais.

Nos sistemas piloto S1 e S2, a água coletada no interior do reservatório e destinada aos usos não-potáveis se apresentou com excelente qualidade. No Sistema piloto S1, somente o pH e os coliformes totais não estavam de acordo com os padrões de potabilidade da Portaria n° 518 do MS. No Sistema piloto S2, todos os parâmetros analisados na água destinada aos usos finais não-potáveis (Ponto P3) atendem a Portaria n° 518.

Nos sistemas piloto S3 e S4, percebe-se que a água da chuva após desinfecção (pontos P4) é melhor que as águas superficiais também fornecidas aos animais (pontos P5). Os resultados também comprovam que, a água armazenada no reservatório (Ponto P3), sem desinfecção, também se apresentou com melhor qualidade que as águas superficiais, para praticamente todos os parâmetros, nos dois sistemas piloto. Após a desinfecção, praticamente todos os parâmetros analisados na água fornecida aos animais dos sistemas piloto S3 e S4 estavam de acordo com os padrões de potabilidade da Portaria n° 518. Nesta água, foi verificada somente a presença de coliformes totais, sendo que no Sistema piloto S3 houve uma quantidade irrisória, de 1 UFC/mL. No Sistema piloto S4 a quantidade foi maior e semelhante à encontrada no interior do reservatório, já que se constatou que o equipamento de desinfecção tinha sido mal operado.

Com base nos parâmetros analisados nesta etapa do trabalho, também foi possível constatar que a ardósia e a chapa de aço galvanizado não comprometem a qualidade da água armazenada, já que todos os parâmetros analisados na água coletada no interior dos reservatórios (pontos P3), se apresentaram abaixo dos padrões estipulados pela Portaria n° 518, com exceção dos parâmetros bacteriológicos, os quais não têm relação com a ardósia e a chapa de aço galvanizado. Somente no Sistema piloto S4, as concentrações médias de amônia e de nitrito se apresentaram mais elevadas, próximas aos seus respectivos máximos permitidos. Os parâmetros também observaram as condições e padrões para as águas de classe 3 da Resolução CONAMA 357. Ressalta-se que nesta etapa não foram verificados os metais pesados.

#### **5.3.4. Precipitação Pluviométrica no Período de Coleta de Amostras**

A Tabela 36 apresenta a precipitação pluviométrica no período de coleta de amostras, ressaltando que as amostras foram coletadas nos dias 15 de fevereiro, 02, 21, e 29 de março e 12 de abril de 2011.

**Tabela 42: Precipitação pluviométrica no período de coleta de amostras.**

Dia	Precipitação pluviométrica			
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril
1	0	0	0	0,6
2	16,5	0	0	12,5
3	8,7	0	0	0
4	14	0	0	0
5	0	2	0	0
6	0	53,5	0	0
7	10,4	15	0	0
8	0	3,2	0	0
9	0	11,3	0	0
10	0	23,6	0	0
11	7	0	5,5	0
12	3,5	10,2	9,4	0
13	0	12,5	0	-
14	0	0	0	-
15	0	0	0	-
16	2,5	0	0	-
17	4,1	0	0	-
18	0	0	0	-
19	48,9	0	15	-
20	3,1	0	0	-
21	50	0	0	-
22	10,1	0	0	-
23	57,6	0	0	-
24	0	7,3	0	-
25	0,3	12,9	0,5	-
26	16,5	4,5	0	-
27	2,1	25	50,8	-
28	0	0	48	-
29	17,5	-	20,5	-
30	0	-	12,4	-
31	0	-	64,5	-

A quantidade de chuva precipitada nos intervalos entre coletas de amostras e os seus respectivos tempos de acúmulo de chuva/resíduos nos amostradores dos pontos P1 e P2 estão apresentados na Tabela 37.

Cabe lembrar que os amostradores dos pontos P1 foram instalados somente na segunda semana de fevereiro, após a realização da primeira coleta de amostras. Já os amostradores dos pontos P2 foram instalados no dia 02 de fevereiro de 2011.

**Tabela 43: Quantidade de chuva nos intervalos dos dias de coleta.**

<b>Intervalo de dias de coleta</b>	<b>Chuva precipitada (mm)</b>	<b>Dias de seca nos intervalos entre coletas (dias)</b>	<b>Período de acúmulo de chuva/resíduos (dias)</b>
01/02 a 15/02	131,3 <sup>(1)</sup>	6 <sup>(2)</sup>	15 <sup>(1)</sup>
16/02 a 02/03	49,7	13	15
03/03 a 21/03	29,9	16	19
22/03 a 29/03	119,8	4	8
30/03 a 12/04	90	10	14

NOTA: <sup>(1)</sup> considerando a partir do dia 03 de fevereiro, após a instalação dos amostradores dos pontos P2.

<sup>(2)</sup> contando a partir da última chuva registrada, no dia 29 de janeiro.

Observando a Tabela 37, verifica-se que o intervalo entre os dias 03/03 a 21/03 (terceiro intervalo), apresentou o maior período de acúmulo de chuva, de 19 dias, o maior período de seca, de 16 dias, e a menor precipitação pluviométrica, de 29,9 mm. Ou seja, choveu bem menos e por poucos dias em um maior intervalo de dias entre coletas (maior período de acúmulo de chuva). Provavelmente esse fato exerceu influência na qualidade da água coletada no dia 21 de março.

### **5.3.5. Ensaio de Potabilidade da Água**

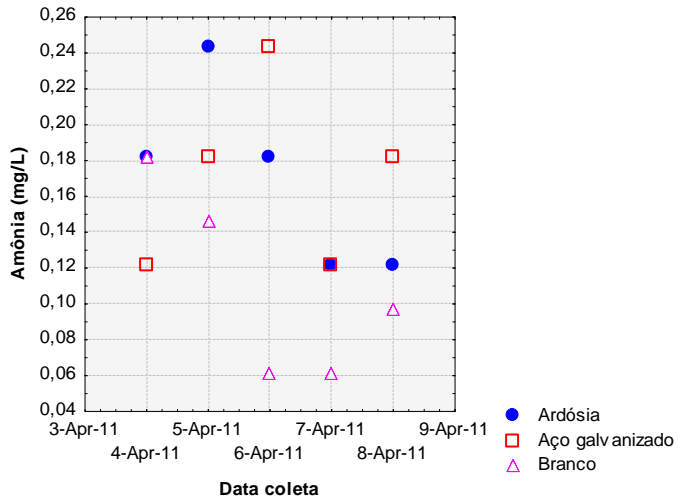
Os ensaios de potabilidade foram realizados de acordo com a NBR 12170:2009. Complementariamente, diversos parâmetros físico-químicos foram analisados, a fim de verificar se as amostras de água potável, em contato com diferentes materiais, estão de acordo com os padrões de potabilidade da Portaria nº 518 do MS. Os materiais em estudo são: placa de ardósia com adesivo selante a base de poliuretano (atóxico, segundo fabricante) e chapa de aço galvanizado. Cabe lembrar que este ensaio serviu para verificar se há migração de elementos para a

água da chuva armazenada, por parte dos materiais constituintes das paredes dos reservatórios avaliados neste trabalho, que estão em contato com a água.

### 5.3.5.1. Amônia

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante e com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de amônia que variou de 0,12 mg/L a 0,24 mg/L, com média de 0,17 mg/L e desvio padrão de 0,05 mg/L. O branco, por sua vez, apresentou uma concentração de amônia que variou de 0,06 mg/L a 0,18 mg/L, com média de 0,11 mg/L e desvio padrão de 0,05 mg/L.

Os resultados referentes à concentração de amônia nas amostras de água podem ser observados na Figura 69.



**Figura 69: Resultados referentes à concentração de amônia nas amostras de água potável.**

Observando a Figura 69 é possível constatar que, para todas as amostras, nos cinco dias de coleta, a concentração de amônia foi inferior ao valor máximo permitido pela Portaria n° 518 do Ministério da Saúde, de 1,5 mg/L.

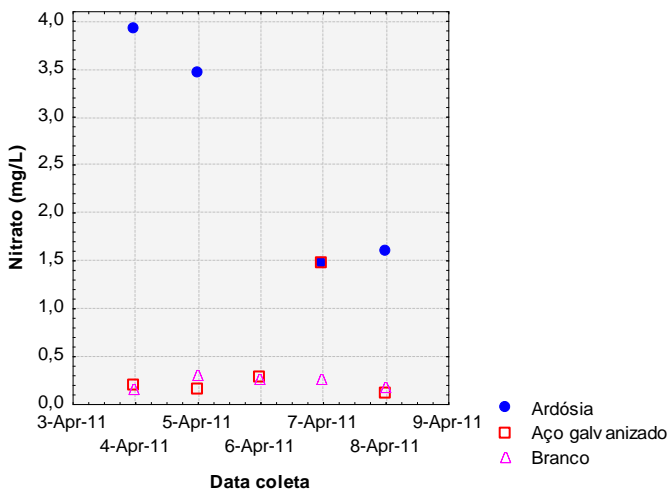
Mesmo não comprometendo a qualidade da água potável, é possível observar, por meio da Figura 69, que as amostras em contato com a ardósia e adesivo selante e com a chapa metálica apresentaram maiores concentrações de amônia, ainda assim, desprezíveis.

Cabe lembrar que o nitrogênio, na forma de amônia, está associado a uma poluição recente, enquanto que o nitrogênio na forma de nitrato está associado a uma poluição mais remota (SPERLING, 2005).

### 5.3.5.2. Nitrato

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de nitrato que variou de 1,46 mg/L a 3,92 mg/L, com média de 2,61 mg/L e desvio padrão de 1,26 mg/L. As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de nitrato que variou de 0,11 mg/L a 1,47 mg/L, com média de 0,44 mg/L e desvio padrão de 0,58 mg/L. O branco, por sua vez, apresentou uma concentração de nitrato que variou de 0,15 mg/L a 0,29 mg/L, com média de 0,22 mg/L e desvio padrão de 0,06 mg/L.

Os resultados referentes à concentração de nitrato nas amostras de água podem ser observados na Figura 70.



**Figura 70: Resultados referentes à concentração de nitrato nas amostras de água potável.**

Observando a Figura 70 é possível constatar que, para todas as amostras, nos cinco dias de coleta, a concentração de nitrato foi inferior ao valor máximo permitido pela Portaria n<sup>o</sup> 518, de 10 mg/L.



É possível observar, por meio da Figura 70, que as amostras em contato com a ardósia apresentaram concentrações de nitrato consideravelmente maiores que as demais amostras.

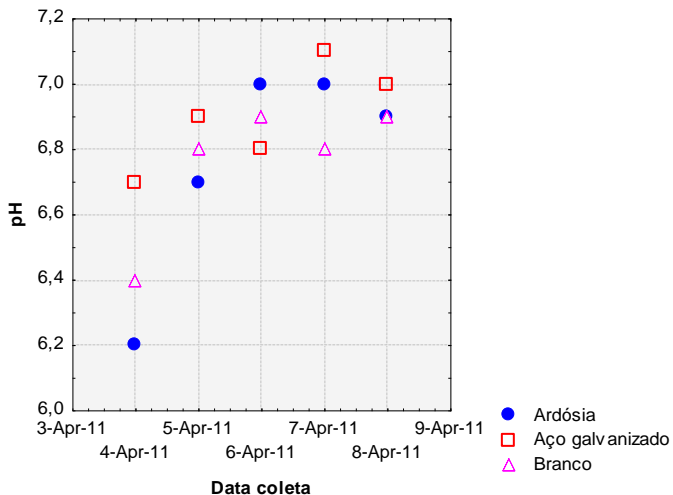
Constata-se que a ardósia com adesivo selante liberou uma pequena quantidade de nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), que por sua vez propiciou a formação de amônia, como foi visto na Figura 69, e posteriormente a formação de nitrato. Ressalta-se que ambos os parâmetros não se encontraram em concentrações suficientes para o comprometimento da qualidade da água.

Não foram observadas concentrações de nitrito nas amostras de água em contato com os materiais em estudo, nos cinco dias de coleta.

### 5.3.5.3. pH

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram um pH que variou de 6,2 a 7,0, com média de 6,8 e desvio padrão de 0,3. As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram um pH que variou de 6,7 a 7,1, com média de 6,9 e desvio padrão de 0,1. O branco, por sua vez, apresentou um pH que variou de 6,4 a 6,9, com média de 6,7 e desvio padrão de 0,2.

Os resultados referentes ao pH nas amostras de água podem ser observados na Figura 71.



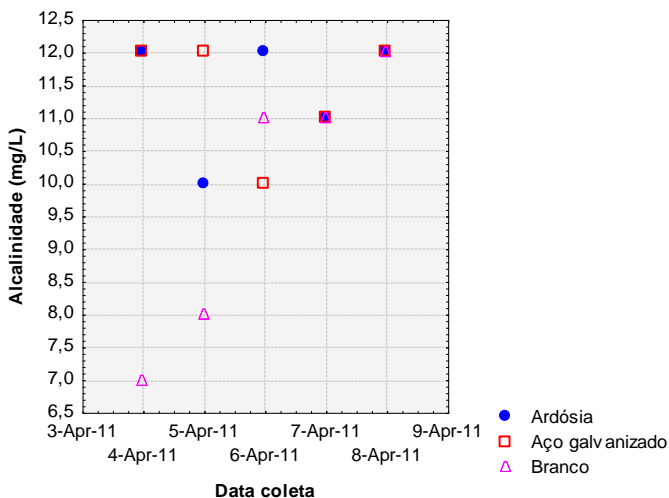
**Figura 71: Resultados referentes ao pH nas amostras de água potável.**

Observando a Figura 71 é possível constatar que, para todas as amostras, nos cinco dias de coleta, o pH se manteve na faixa recomendada pela Portaria nº 518, de 6 a 9,5.

#### 5.3.5.4. Alcalinidade

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante e com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma alcalinidade que variou de 10 a 12 mg/L, com média de 11,4 mg/L e desvio padrão de 0,9 mg/L. O branco apresentou uma alcalinidade que variou de 7 a 12 mg/L, com média de 9,8 mg/L e desvio padrão de 2,2 mg/L.

Os resultados referentes à concentração de alcalinidade nas amostras de água podem ser observados na Figura 72.



**Figura 72: Resultados referentes à alcalinidade nas amostras de água potável.**

Como o pH das amostras de apresentou entre 6,2 e 7,1, a alcalinidade é constituída por apenas bicarbonatos.

Cabe lembrar que não há um valor máximo permitido pela Portaria nº 518 referente à alcalinidade na água. Porém, o conhecimento deste parâmetro é importante para a avaliação geral da qualidade da água. A alcalinidade não tem significado sanitário para a água potável, porém em elevadas concentrações confere um gosto amargo para a água. Trata-se de uma determinação importante no controle do tratamento de água, estando relacionada com a coagulação, redução da dureza e

prevenção da corrosão em tubulações (SPERLING, 2005). É um parâmetro importante no caso de águas tratadas.

É possível observar, por meio da Figura 72, que nos dois primeiros dias de coleta as amostras em contato com os materiais em estudo apresentaram uma alcalinidade visivelmente maior que as amostras do branco. Porém, a partir do terceiro dia, essa diferença diminuiu, em função do aumento da alcalinidade nas amostras do branco.

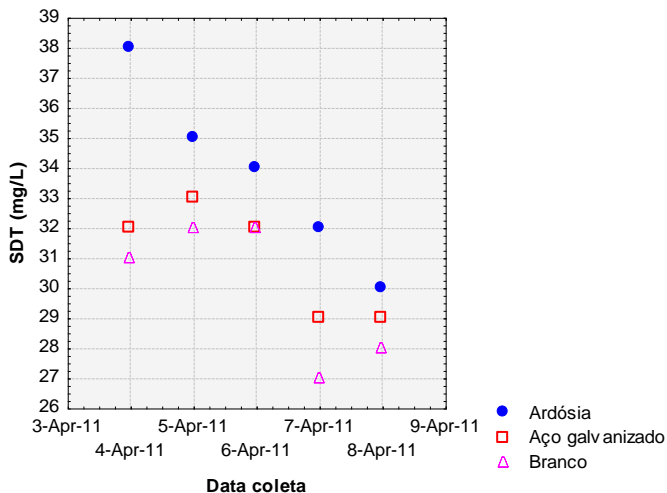
#### *5.3.5.5. Turbidez*

Com relação à turbidez, todas as amostras, nos cinco dias de coleta, apresentaram uma turbidez inferior ao limite de quantificação, de 5 NTU. Portanto, todas as amostras estão de acordo com o padrão estipulado pela Portaria n° 518, de 5 NTU.

#### *5.3.5.6. Sólidos Dissolvidos Totais*

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de SDT que variou de 30 a 38 mg/L, com média de 34 mg/L e desvio padrão de 3 mg/L. As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de SDT que variou de 29 a 33 mg/L, com média de 31 mg/L e desvio padrão de 2 mg/L. O branco apresentou uma concentração de SDT que variou de 27 a 32 mg/L, com média de 30 mg/L e desvio padrão de 2 mg/L.

Os resultados referentes à concentração de sólidos totais dissolvidos nas amostras de água podem ser observados na Figura 73.



**Figura 73: Resultados referentes à concentração de sólidos totais dissolvidos nas amostras de água potável.**

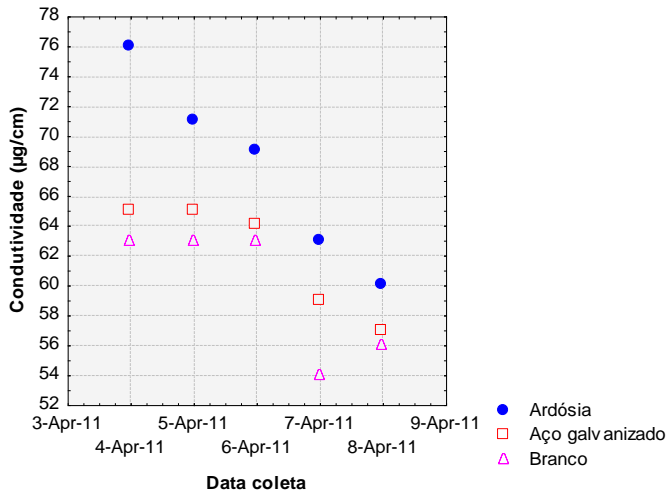
Observando a Figura 73 é possível constatar que, para todas as amostras, nos cinco dias de coleta, a concentração de SDT foi bem inferior ao valor máximo permitido pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, de 1000 mg/L. Percebe-se a ardósia com adesivo selante fez aumentar levemente o teor de SDT na água em comparação com as outras amostras.

Percebe-se, analisando a Figura 73, que houve uma tendência de diminuição da concentração de SDT nas amostras em função da data de coleta, apesar do branco também ter diminuído. Constata-se que quanto mais os materiais iam sendo “lavados”, menor o teor de SDT.

#### 5.3.5.7. Condutividade

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma condutividade que variou de 60 a 76  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com média de 68  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e desvio padrão de 6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma condutividade que variou de 57 a 65  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com média de 62  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e desvio padrão de 4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . O branco, por sua vez, apresentou uma condutividade que variou de 54 a 63  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , com média de 60  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e desvio padrão de 4  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Os resultados referentes à condutividade nas amostras de água podem ser observados na Figura 74.



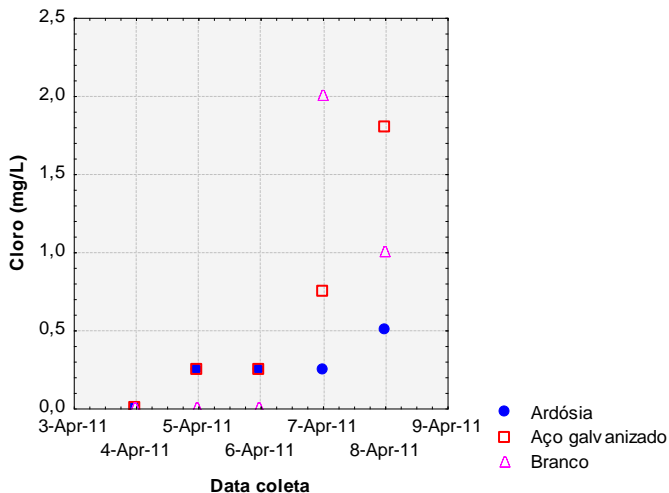
**Figura 74: Resultados referentes à condutividade nas amostras de água potável.**

Observando a Figura 74, nota-se a grande semelhança com a Figura 73, referente à concentração de SDT na água. Isso mostra a forte relação que existe entre os dois parâmetros, ou seja, quanto menor o teor de sólidos dissolvidos, menor será a condutividade na água. Neste caso, a ardósia com adesivo selante também fez aumentar levemente a condutividade na água em comparação com as outras amostras.

#### 5.3.5.8. Cloro Residual Livre

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de cloro residual livre que variou de 0 a 0,5 mg/L, com média de 0,25 mg/L e desvio padrão de 0,18 mg/L. As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de cloro residual livre que variou de 57 a 65 mg/L, com média de 62 mg/L e desvio padrão de 4 mg/L. O branco, por sua vez, apresentou uma concentração de cloro residual livre que variou de 0 a 2 mg/L, com média de 0,6 mg/L e desvio padrão de 0,89 mg/L.

Os resultados referentes à concentração de cloro residual livre nas amostras de água podem ser observados na Figura 75.



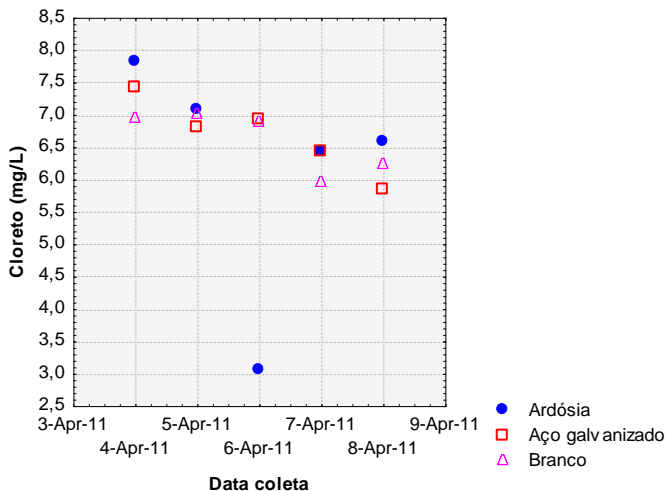
**Figura 75: Resultados referentes à concentração de cloro nas amostras de água potável.**

Observando a Figura 75, percebe-se que somente a amostra do dia 7 de abril, referente ao branco, apresentou uma concentração de cloro de 2 mg/L, valor máximo recomendado pela Portaria n<sup>o</sup> 518.

#### 5.3.5.9. Cloreto

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de cloreto que variou de 3,06 a 7,83 mg/L, com média de 6,20 mg/L e desvio padrão de 1,84 mg/L. As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de cloreto que variou de 5,83 a 7,43 mg/L, com média de 6,68 mg/L e desvio padrão de 0,60 mg/L. O branco, por sua vez, apresentou uma concentração de cloreto que variou de 5,95 a 7,02 mg/L, com média de 6,61 mg/L e desvio padrão de 0,48 mg/L.

Os resultados referentes à concentração de cloreto nas amostras de água podem ser observados na Figura 76.



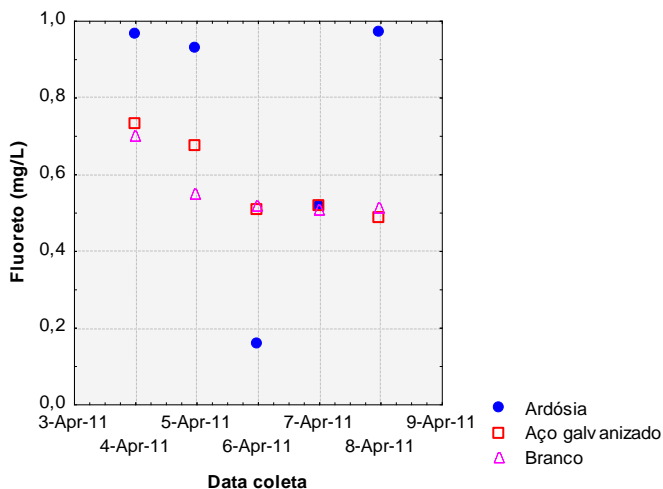
**Figura 76: Resultados referentes à concentração de cloreto nas amostras de água potável.**

Em todas as amostras analisadas o valor desse parâmetro ficou bem abaixo do máximo permitido pela Portaria n<sup>o</sup> 518, de 250 mg/L. Destaca-se a amostra coletada do dia 6 de abril, referente à ardósia com adesivo selante, que apresentou uma forte diminuição na concentração de cloreto, saindo da normalidade.

#### 5.3.5.10. Fluoreto

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de fluoreto que variou de 0,16 a 0,97 mg/L, com média de 0,71 mg/L e desvio padrão de 0,36 mg/L. As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de fluoreto que variou de 0,49 a 0,73 mg/L, com média de 0,58 mg/L e desvio padrão de 0,11 mg/L. O branco, por sua vez, apresentou uma concentração de fluoreto que variou de 0,50 a 0,70 mg/L, com média de 0,56 mg/L e desvio padrão de 0,08 mg/L.

Os resultados referentes à concentração de fluoreto nas amostras de água podem ser observados na Figura 77.



**Figura 77: Resultados referentes à concentração de fluoreto nas amostras de água potável.**

Em todas as amostras analisadas o valor desse parâmetro ficou abaixo do máximo permitido pela Portaria n° 518, de 1,5 mg/L. Geralmente os índices elevados de fluoreto são encontrados em águas subterrâneas e águas tratadas.

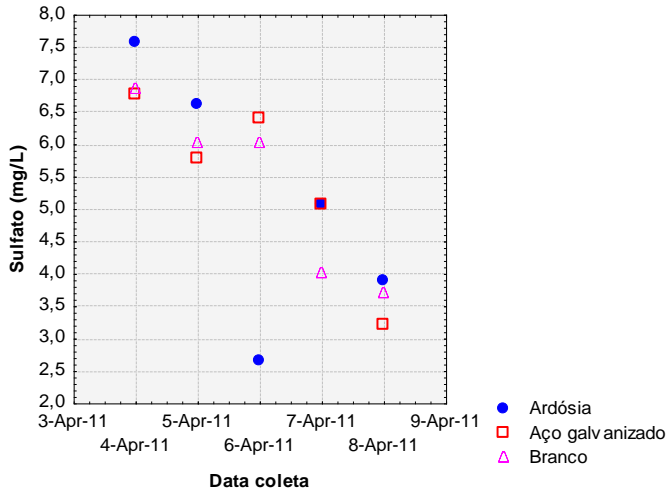
Como foi visto nos resultados do íon cloreto, observa-se também uma queda brusca na concentração de fluoreto na amostra do dia 6 de abril, referente à ardósia com adesivo selante.

#### 5.3.5.11. Sulfato

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de sulfato que variou de 2,64 a 7,58 mg/L, com média de 5,16 mg/L e desvio padrão de 1,99 mg/L. As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de sulfato que variou de 3,20 a 6,76 mg/L, com média de 5,43 mg/L e desvio padrão de 1,41 mg/L. O branco, por sua vez, apresentou uma concentração de sulfato que variou de 3,71 a 6,86 mg/L, com média de 5,32 mg/L e desvio padrão de 1,38 mg/L.

Os resultados referentes à concentração de sulfato nas amostras de água podem ser observados na Figura 78.





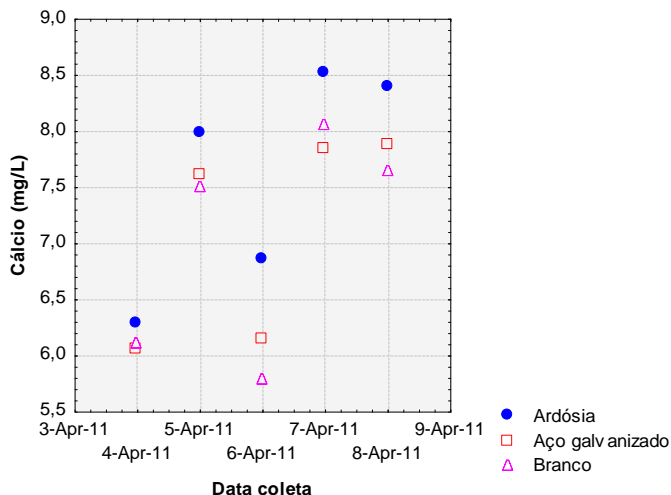
**Figura 78: Resultados referentes à concentração de sulfato nas amostras de água potável.**

Em todas as amostras analisadas o valor desse parâmetro ficou bem abaixo do máximo permitido pela Portaria n° 518, de 250 mg/L.

#### 5.3.5.12. *Cálcio e Magnésio*

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de cálcio que variou de 6,28 a 8,51 mg/L, com média de 7,61 mg/L e desvio padrão de 0,99 mg/L. As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de cálcio que variou de 6,05 a 7,88 mg/L, com média de 7,11 mg/L e desvio padrão de 0,92 mg/L. O branco, por sua vez, apresentou uma concentração de cálcio que variou de 5,78 a 8,06 mg/L, com média de 7,02 mg/L e desvio padrão de 1,01 mg/L.

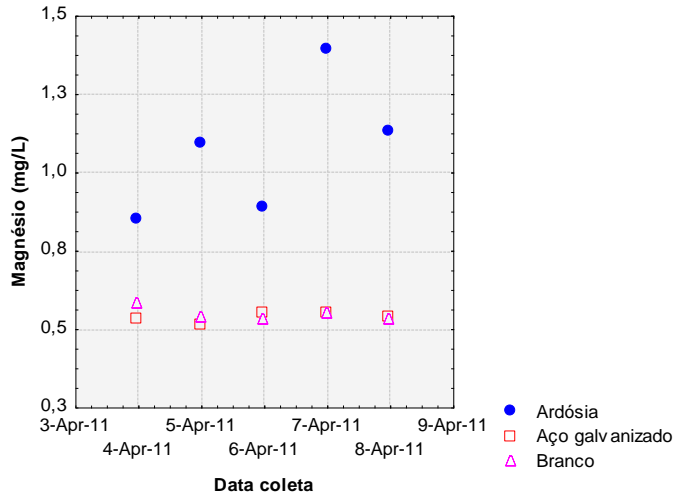
Os resultados referentes à concentração de cálcio nas amostras de água podem ser observados na Figura 79.



**Figura 79: Resultados referentes à concentração de cálcio nas amostras de água potável.**

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de magnésio que variou de 0,85 a 1,39 mg/L, com média de 1,07 mg/L e desvio padrão de 0,22 mg/L. As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de magnésio que variou de 0,51 a 0,55 mg/L, com média de 0,54 mg/L e desvio padrão de 0,02 mg/L. O branco, por sua vez, apresentou uma concentração de magnésio que variou de 0,53 a 0,58 mg/L, com média de 0,55 mg/L e desvio padrão de 0,02 mg/L.

Os resultados referentes à concentração de magnésio nas amostras de água podem ser observados na Figura 80.



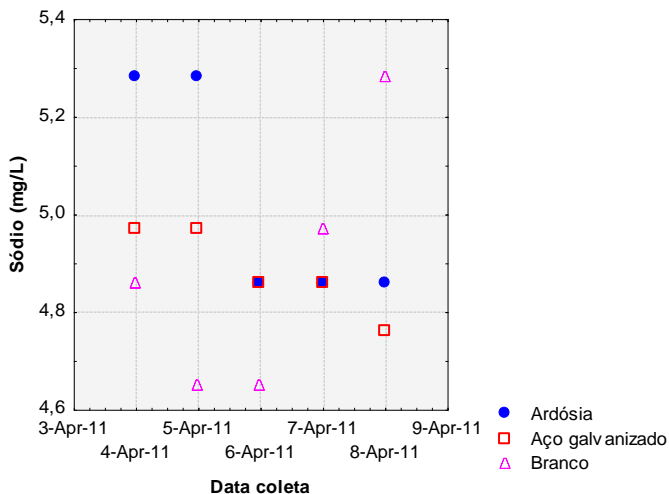
**Figura 80: Resultados referentes à concentração de magnésio nas amostras de água potável.**

Observando as figuras 79 e 80, constata-se que a presença da ardósia com adesivo selante faz aumentar levemente a concentração de cálcio e magnésio na água. Há, portanto, uma migração destes íons para a água. Cabe lembrar que foi comprovada a existência de cálcio e magnésio na análise da composição da ardósia. Porém, este leve aumento na concentração destes íons não compromete a qualidade da água, já que a concentração de ambos é pequena, implicando em uma baixa dureza. Cabe lembrar que o magnésio é um elemento cujo comportamento geoquímico é muito parecido com o do cálcio e, em linhas gerais, acompanha este elemento.

### 5.3.5.13. Sódio

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de sódio que variou de 4,86 a 5,28 mg/L, com média de 5,03 mg/L e desvio padrão de 0,23 mg/L. As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de sódio que variou de 4,76 a 4,97 mg/L, com média de 4,88 mg/L e desvio padrão de 0,09 mg/L. O branco, por sua vez, apresentou uma concentração de sódio que variou de 4,65 a 5,28 mg/L, com média de 4,88 mg/L e desvio padrão de 0,26 mg/L.

Os resultados referentes à concentração de sódio nas amostras de água podem ser observados na Figura 81.



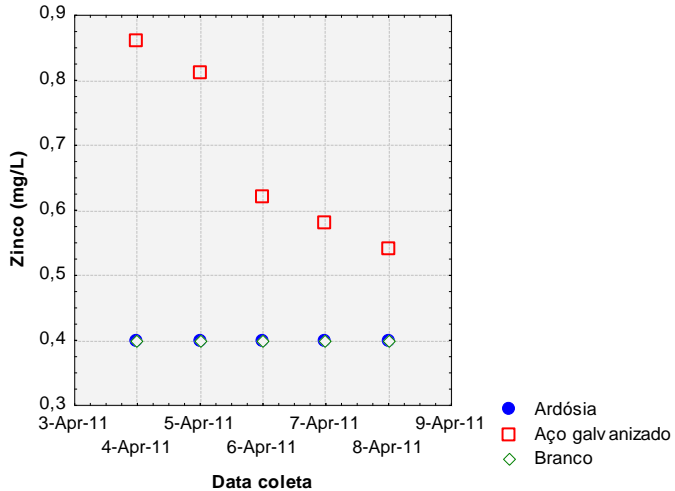
**Figura 81: Resultados referentes à concentração de sódio nas amostras de água potável.**

Em todas as amostras analisadas o valor desse parâmetro ficou bem abaixo do máximo permitido pela Portaria n<sup>o</sup> 518, de 200 mg/L. Cabe lembrar que o elemento sódio foi identificado na análise da composição química da ardósia, porém não se percebe influência da pedra na qualidade da água, já que nos dias de ensaio a variação de sódio foi mínima.

#### 5.3.5.14. Zinco

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante e o branco apresentaram concentrações de zinco abaixo do limite de detecção, de 0,40 mg/L. As amostras em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de zinco que variou de 0,54 a 0,86 mg/L, com média de 0,68 mg/L e desvio padrão de 0,14 mg/L.

Os resultados referentes à concentração de zinco nas amostras de água podem ser observados na Figura 82.



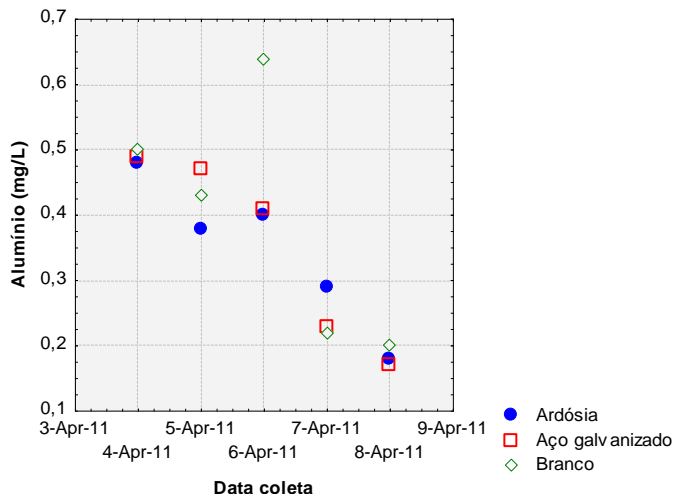
**Figura 82: Resultados referentes à concentração de zinco nas amostras de água potável.**

Em todas as amostras analisadas o valor desse parâmetro ficou bem abaixo do máximo permitido pela Portaria n° 518, de 5 mg/L. Porém, observa-se que há uma leve migração de zinco da chapa de aço galvanizado para a água. Este resultado é esperado, tendo em vista que a chapa é constituída por uma camada protetora de zinco, que previne a corrosão.

#### 5.3.5.15. Alumínio

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de alumínio que variou de 0,18 a 0,48 mg/L, com média de 0,35 mg/L e desvio padrão de 0,11 mg/L. As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de alumínio que variou de 0,17 a 0,49 mg/L, com média de 0,35 mg/L e desvio padrão de 0,14 mg/L. O branco apresentou uma concentração de alumínio que variou de 0,20 a 0,64 mg/L, com média de 0,40 mg/L e desvio padrão de 0,19 mg/L.

Os resultados referentes à concentração de alumínio nas amostras de água podem ser observados na Figura 83.



**Figura 83: Resultados referentes à concentração de alumínio nas amostras de água potável.**

Surpreendentemente, a maioria das amostras se apresentou acima do máximo permitido pela Portaria n<sup>o</sup> 518, de 0,2 mg/L. Apenas no quinto dia de ensaio, as amostras de apresentaram inferiores ou iguais a este valor. É importante salientar que nos quatro primeiros dias de ensaio o branco também se apresentou acima de 0,2 mg/L. Isso significa que pode não haver migração deste metal na água por parte dos materiais analisados, mesmo havendo alumínio na composição da ardósia, como constatado na análise de sua composição química.

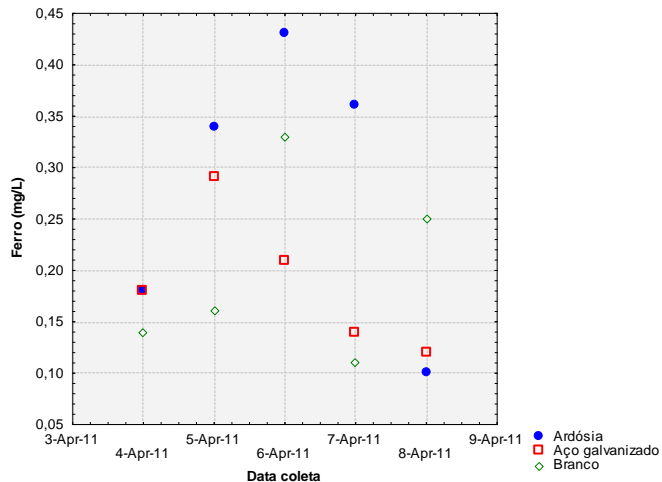
Foi percebida uma queda gradual nas concentrações de alumínio ao longo do tempo, inclusive para o branco, com exceção do dia 6 de abril. Nesse dia o branco apresentou uma concentração mais elevada, de 0,64 mg/L. Este fenômeno pode ter sido decorrente de algum erro na curva de calibração do instrumento de análise.

De acordo com Nunes (2008) parte da água consumida na área central de Florianópolis estava contaminada por até cinco vezes a quantidade de alumínio permitida na água pela ANVISA, no ano de 2008. Os resultados deste trabalho mostram que este problema pode estar ocorrendo novamente, já que o branco se apresentou acima do máximo permitido pela Portaria n<sup>o</sup> 518, em 4 das 5 amostras analisadas.

### 5.3.5.16. Ferro

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de ferro que variou de 0,10 a 0,43  $\mu\text{g/L}$ , com média de 0,28  $\mu\text{g/L}$  e desvio padrão de 0,14  $\mu\text{g/L}$ . As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de ferro que variou de 0,12 a 0,29  $\mu\text{g/L}$ , com média de 0,19  $\mu\text{g/L}$  e desvio padrão de 0,07  $\mu\text{g/L}$ . O branco, por sua vez, apresentou uma concentração de ferro que variou de 0,11 a 0,33  $\mu\text{g/L}$ , com média de 0,20  $\mu\text{g/L}$  e desvio padrão de 0,09  $\mu\text{g/L}$ .

Os resultados referentes à concentração de ferro nas amostras de água podem ser observados na Figura 84.



**Figura 84: Resultados referentes à concentração de ferro nas amostras de água potável.**

Percebe-se que as amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram, nos dias 5, 6 e 7 de abril, concentrações superiores ao valor máximo permitido pela Portaria n<sup>o</sup> 518, de 0,3 mg/L. Ressalta-se que no dia 6 de abril, o branco também se apresentou acima deste valor.

Cabe lembrar que não foi identificado o elemento ferro na análise da composição química da ardósia.

De acordo com o técnico responsável pelas análises de qualidade da água da CASAN, o teor de ferro, na saída dos mananciais de água utilizados pela CASAN para o abastecimento de Florianópolis, costuma

ficar em torno de 0,05 mg/L de Fe. Segundo o técnico, este teor baixo não costuma sofrer grandes variações, “o que pode fazer aumentar o teor de ferro na água da CASAN são as canalizações de ferro fundido, antigas e enferrujadas”.

#### 5.3.5.17. *Cobre*

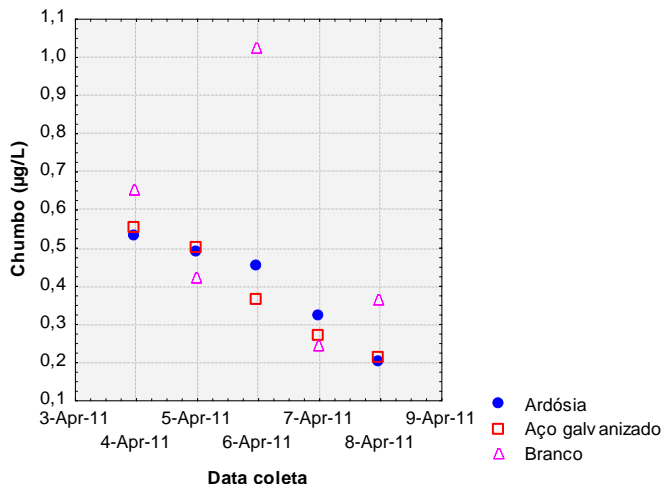
As concentrações de cobre, para todas as amostras, ficaram abaixo do limite de quantificação, de 2 mg/L. Portanto, todas as amostras estão de acordo com o padrão estipulado pela Portaria n° 518, de 2 mg/L.

#### 5.3.5.18. *Chumbo*

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de chumbo que variou de 0,20 a 0,53 µg/L, com média de 0,40 µg/L e desvio padrão de 0,14 µg/L. As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de chumbo que variou de 0,21 a 0,55 µg/L, com média de 0,38 µg/L e desvio padrão de 0,15 µg/L. O branco, por sua vez, apresentou uma concentração de chumbo que variou de 0,24 a 1,02 µg/L, com média de 0,54 µg/L e desvio padrão de 0,31 µg/L.

Os resultados referentes à concentração de chumbo nas amostras de água podem ser observados na Figura 85.





**Figura 85: Resultados referentes à concentração de chumbo nas amostras de água potável.**

Em todas as amostras analisadas o valor desse parâmetro ficou bem abaixo do máximo permitido pela Portaria nº 518, de 0,01 mg/L. Percebe-se uma queda gradual nas concentrações de chumbo ao longo do tempo, porém essa tendência também foi observada nas amostras do branco, com exceção do dia 6 de abril. Neste dia o branco, surpreendentemente, apresentou um teor de chumbo bem mais elevado do que todas as outras amostras.

#### 5.3.5.19. Cádmio

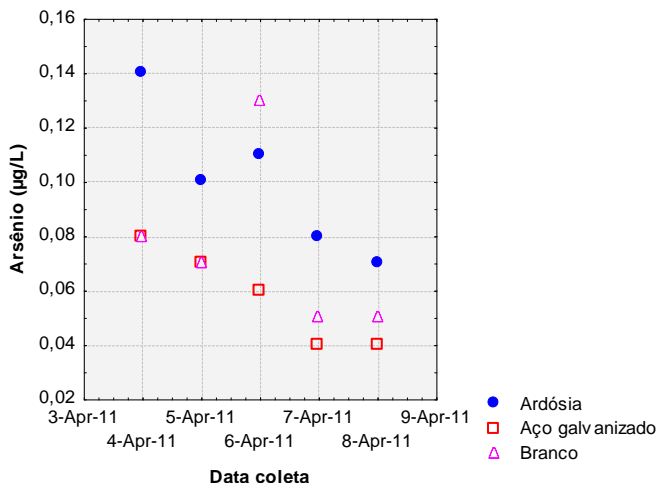
As concentrações de cádmio, para todas as amostras, ficaram abaixo do limite de quantificação, de 0,03 µg/L. Portanto, todas as amostras estão de acordo com o padrão estipulado pela Portaria nº 518, de 0,005 mg/L.

#### 5.3.5.20. Arsênio

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de arsênio que variou de 0,07 a 0,14 µg/L, com média de 0,10 µg/L e desvio padrão de 0,03 µg/L. As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de arsênio que variou de 0,04 a 0,08

$\mu\text{g/L}$ , com média de  $0,06 \mu\text{g/L}$  e desvio padrão de  $0,02 \mu\text{g/L}$ . O branco, por sua vez, apresentou uma concentração de arsênio que variou de  $0,05$  a  $0,13 \mu\text{g/L}$ , com média de  $0,08 \mu\text{g/L}$  e desvio padrão de  $0,03 \mu\text{g/L}$ .

Os resultados referentes à concentração de arsênio nas amostras de água podem ser observados na Figura 86.



**Figura 86: Resultados referentes à concentração de arsênio nas amostras de água potável.**

Em todas as amostras analisadas o valor desse parâmetro ficou bem abaixo do máximo permitido pela Portaria n° 518, de  $0,01 \text{ mg/L}$ . As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram concentrações mais elevadas de arsênio, denunciando uma leve migração deste metal para a água.

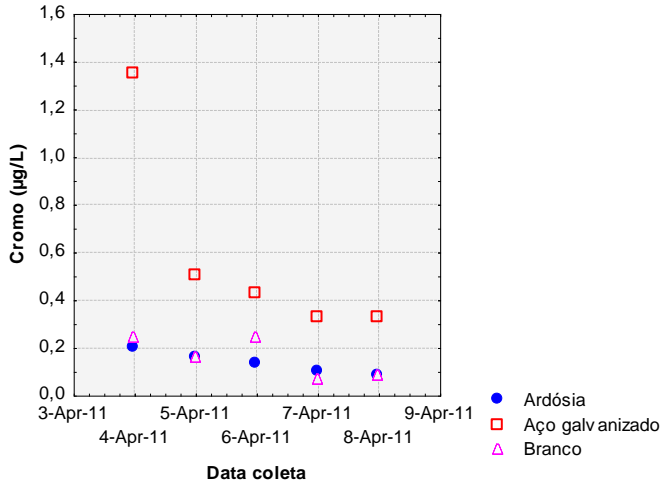
Também foi percebida uma queda gradual nas concentrações de arsênio ao longo do tempo, tendência também observada nas amostras do branco, com exceção do dia 6 de abril. Neste dia o branco, apresentou um teor de arsênio bem mais elevado do que todas as outras amostras.

#### 5.3.5.21. Cromo

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de cromo que variou de  $0,08$  a  $0,20 \mu\text{g/L}$ , com média de  $0,13 \mu\text{g/L}$  e desvio padrão de  $0,05 \mu\text{g/L}$ . As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado

apresentaram uma concentração de cromo que variou de 0,33 a 1,35  $\mu\text{g/L}$ , com média de 0,59  $\mu\text{g/L}$  e desvio padrão de 0,43  $\mu\text{g/L}$ . O branco, por sua vez, apresentou uma concentração de cromo que variou de 0,07 a 0,24  $\mu\text{g/L}$ , com média de 0,16  $\mu\text{g/L}$  e desvio padrão de 0,08  $\mu\text{g/L}$ .

Os resultados referentes à concentração de cromo nas amostras de água podem ser observados na Figura 87.



**Figura 87: Resultados referentes à concentração de cromo nas amostras de água potável.**

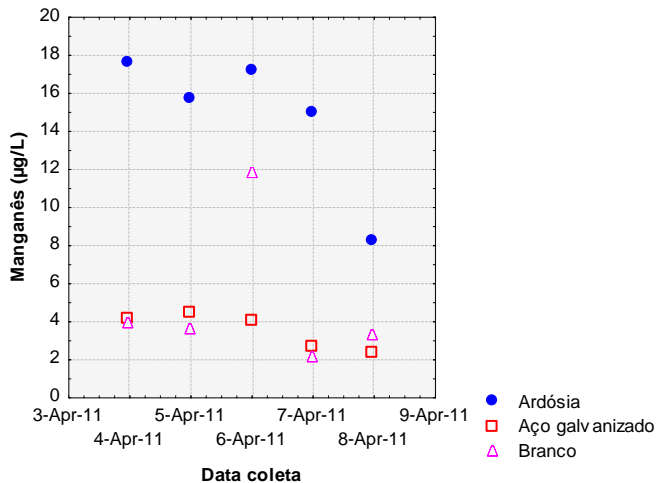
Em todas as amostras analisadas o valor desse parâmetro ficou bem abaixo do máximo permitido pela Portaria n° 518, de 0,05  $\text{mg/L}$ . Percebe-se que as amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram concentrações de cromo superiores às outras, indicando uma leve migração deste metal na água por parte da chapa metálica.

#### 5.3.5.22. *Manganês*

As amostras de água em contato com a ardósia e adesivo selante apresentaram uma concentração de manganês que variou de 8,23 a 17,58  $\mu\text{g/L}$ , com média de 14,71  $\mu\text{g/L}$  e desvio padrão de 3,78  $\mu\text{g/L}$ . As amostras de água em contato com a chapa de aço galvanizado apresentaram uma concentração de manganês que variou de 2,35 a 4,45  $\mu\text{g/L}$ , com média de 3,51  $\mu\text{g/L}$  e desvio padrão de 0,94  $\mu\text{g/L}$ . O branco, por sua vez, apresentou uma concentração de manganês que variou de

2,11 a 11,81  $\mu\text{g/L}$ , com média de 4,94  $\mu\text{g/L}$  e desvio padrão de 3,90  $\mu\text{g/L}$ .

Os resultados referentes à concentração de manganês nas amostras de água podem ser observados na Figura 88.



**Figura 88: Resultados referentes à concentração de manganês nas amostras de água potável.**

Percebe-se que as amostras em contato com a ardósia com adesivo selante tiveram concentrações de manganês mais elevadas em comparação com as outras, o que evidencia uma migração deste metal para a água. Porém, não há comprometimento da qualidade da mesma. Em todas as amostras analisadas o valor desse parâmetro ficou bem abaixo do máximo permitido pela Portaria n<sup>o</sup> 518, de 0,1  $\text{mg/L}$ .

### 5.3.5.23. *Mercúrio*

As concentrações de mercúrio, para todas as amostras, ficaram abaixo do limite de quantificação, de 2,40  $\text{ng/L}$ . Portanto, todas as amostras estão de acordo com o padrão estipulado pela Portaria n<sup>o</sup> 518, de 0,001  $\text{mg/L}$ .

### 5.3.6. Conclusões e Observações sobre os Ensaio de Potabilidade

Os metais pesados, tais como o cobre, o mercúrio e o cádmio ficaram abaixo de seus limites de quantificação de 2  $\text{mg/L}$ , 2,40  $\text{ng/L}$  e

0,03 µg/L, respectivamente, para todas as amostras analisadas. A turbidez também ficou abaixo de seu limite de quantificação, de 5 NTU. Por essa razão, não foi feito o gráfico destes elementos. Cabe ressaltar que o cobre e o potássio foram analisados no Laboratório de Análise Físico-Química da Embrapa, em Concórdia, enquanto que o mercúrio e o cádmio foram analisados no Laboratório de Espectrometria Atômica da UFSC.

A grande maioria dos elementos verificados se apresentaram bem abaixo dos valores máximos permitidos pela Portaria nº 518, do MS. Isso indica que não há migração destes elementos para a água, ou se há migração, esta não é suficiente para comprometer a qualidade da água armazenada. Por parte da ardósia com adesivo selante, observou uma leve migração inofensiva dos seguintes elementos: manganês, arsênio, cálcio, magnésio e possivelmente ferro. Destes, somente o cálcio e o magnésio foram identificados na análise da composição química da ardósia, realizada em etapa anterior. As amostras em contato com a ardósia também apresentaram Nitrato, SDT e Condutividade mais elevados. Por parte da chapa de aço galvanizado, constatou-se uma leve migração de zinco e cromo, também inofensiva.

Alguns parâmetros apresentaram concentrações que apresentaram uma queda gradual ao longo do tempo, com a mesma tendência para o branco. Cabe ressaltar que, muitos parâmetros referentes às amostras do dia 6 de abril, se apresentaram fora da linha de tendência, principalmente em se tratando do branco e da amostra em contato com a ardósia.

Dois parâmetros, o ferro e o alumínio, apresentaram valores superiores ao máximo permitido pela Portaria nº 518. Porém, nesses dias seus respectivos brancos também ficaram acima deste máximo permitido, com exceção dos dias 5 e 7 de abril, para o ferro. Isso significa que o problema pode não estar relacionado com os materiais imersos na água, e sim com o próprio branco, ou seja, com a água potável provinda da central de abastecimento do município. Para o alumínio, no quinto dia de ensaio as concentrações já estavam abaixo do valor máximo permitido. Seria recomendável realizar novamente este ensaio para estes dois metais, a fim de verificar se os valores encontrados estão de fato relacionados com os materiais em estudo, ou se o problema está ligado ao próprio branco.

## EFICIÊNCIA DOS CONJUNTOS DE DISPOSITIVOS DE TRATAMENTO FÍSICO DA ÁGUA

As eficiências dos conjuntos de dispositivos de tratamento físico da água, tais como: dispositivos de descarte de sólidos, dispositivos de desvio das águas dos primeiros escoamentos, e dispositivos de proteção sanitária, estão apresentadas na Tabela 43. Ressalta-se que foi calculada a eficiência relativa à passagem do Ponto P2 para o Ponto P3, para os parâmetros definidos na metodologia.

**Tabela 44: Eficiência do conjunto de dispositivos de tratamento físico da água.**

Parâmetro	Unidade	S1			S2			S3			S4		
		P2	P3	E (%)	P2	P3	E (%)	P2	P3	E (%)	P2	P3	E (%)
Alcal.	mg/L	1,7	0,6	66	74,4	7,1	90	37,1	18,0	51	7,5	10,8	*
Cond.	µS/cm	31,2	15,6	50	144,0	29,0	80	139,5	64,6	54	47,8	35,2	26
ST	mg/L	530	<110	>79	4593	<110	>98	711	<110	>85	281	126	61
SDT	mg/L	16	7	53	82	15	82	70	32,4	54	23,6	17,5	26
Amônia	mg/L	0,28	0,21	24	16,71	0,21	99	1,42	0,07	95	2,10	1,02	52
Turbidez	UNT	64,2	<5	>92	518,81	<5	>99	64,54	<5	>92	32,34	<5	85
Ferro	mg/L	<3	<3	-	<3	<3	-	<3	<3	-	<3	<3	-
Cobre	mg/L	<2	<2	-	<2	<2	-	<2	<2	-	<2	<2	-
Zinco	mg/L	0,94	<0,4	>57	0,50	<0,4	>19	0,74	<0,4	>46	<0,4	0,48	*
Manganês	mg/L	<1	<1	-	1,22	<1	>18	<1	<1	-	<1	<1	-
CT	UFC/mL	30,20	4,20	86	60,50	0,40	99	64,00	18,60	71	47,00	26,50	44
CF	UFC/mL	0,80	0,40	50	38,00	0,00	100	27,80	4,80	83	2,40	0,00	100
Cálcio	mg/L	0,77	<0,5	>34	5,99	2,26	62	18,61	8,14	56	1,60	2,39	*
Magnésio	mg/L	0,18	<0,13	>26	3,25	0,18	94	1,77	0,47	73	0,41	0,14	67
Potássio	mg/L	<2	<2	-	4,68	<2	>57	8,26	2,89	65	3,51	2,11	40
Fósforo	mg/L	<0,5	<0,5	-	1,42	<0,5	>65	1,71	0,69	60	0,77	0,52	33
Nitrato	mg/L	4,30	0,69	84	0,09	1,94	*	8,21	3,34	59	9,87	1,65	83
Nitrito	mg/L	<0,54	<0,54	-	<0,54	x	-	0,71	<0,54	>24	<0,54	0,78	*
Fluoreto	mg/L	0,01	0,01	11	0,04	0,02	34	0,10	0,03	70	0,03	0,05	*
Cloreto	mg/L	0,43	0,16	62	1,10	0,33	70	0,62	4,59	*	0,28	0,51	*
Sulfato	mg/L	0,45	0,12	73	5,06	0,58	89	1,81	0,47	74	0,61	0,61	0

\* houve um aumento na concentração do elemento na passagem do pontos P2 para os pontos P3.

- não foi possível calcular a eficiência.

No Sistema piloto S1, a eficiência do conjunto de dispositivos de tratamento físico variou de 11% para o fluoreto, a mais de 92% para a turbidez. Destaca-se ainda a eficiência de remoção dos coliformes totais, de 86%, do nitrato, de 84%, e dos ST, superior a 79%. A eficiência de

remoção dos coliformes fecais ficou de 50%, 53% dos SDT foram removidos, enquanto que para a amônia a eficiência ficou de 24%.

No Sistema piloto S2, a eficiência do conjunto de dispositivos de tratamento físico variou de mais de 18% para o manganês, a 100% para os coliformes fecais. Além destes, destaca-se a eficiência de remoção dos coliformes totais e da amônia, ambas de 99%, da turbidez, superior a 99%, e dos sólidos totais, superior a 98%, do magnésio, de 94%, da alcalinidade, de 90%, do sulfato, de 89%, dos SDT, de 82%, da condutividade, de 80%.

No Sistema piloto S3, a eficiência do conjunto de dispositivos variou de mais de 24% para o nitrito, a 95% para a amônia. Destaca-se ainda a eficiência de remoção da turbidez, superior a 92%, dos coliformes fecais, de 83%, dos coliformes totais, de 71%.

No Sistema piloto S4, a eficiência do conjunto de dispositivos variou de 0% para o sulfato, a 100% para os coliformes fecais. Além destes, destaca-se a eficiência de remoção da turbidez, de 85%, do nitrato, de 83%. A eficiência de remoção dos coliformes totais foi de 44%, dos ST foi de 61% e dos SDT foi de 26%.

Para alguns parâmetros, observou-se um aumento na sua concentração no interior do reservatório (Ponto P3). Esse aumento pode ser justificado pela migração de elementos constituintes do material do reservatório em contato com a água. Porém, cabe ressaltar que este aumento não foi significativo e não comprometeu a qualidade da água armazenada. Outra justificativa é o tempo de armazenamento, que pode ter levado à formação de nitrato no Sistema piloto S2, já que este composto está associado a uma poluição mais remota (SPERLING, 2005). No Sistema piloto S2, a água armazenada fica em contato direto com placas de ardósia.

No Sistema piloto S3, observa-se um aumento na concentração de cloreto. Neste sistema piloto, a água armazenada fica em contato direto com placas de ardósia.

No Sistema piloto S4, diversos parâmetros tiveram sua concentração aumentada no interior do reservatório, tais como: alcalinidade, zinco, cálcio, cloreto, fluoreto, e nitrito. Neste caso, a água armazenada fica em contato direto com chapas de aço galvanizadas. Aqui também o aumento nas concentrações não foi significativo e não comprometeu a qualidade da água armazenada.

Em alguns casos, para todos os sistemas piloto, não foi possível calcular a eficiência de remoção de certos parâmetros, já que tanto no P2 quanto no P3, as concentrações se apresentaram abaixo dos limites de



quantificação. Os parâmetros que apresentaram essa particularidade são o ferro, o cobre, o manganês, o potássio, o fósforo, e o nitrito.

Os conjuntos de dispositivos de tratamento físico instalados neste trabalho apresentaram boas eficiências de remoção, principalmente em se tratando de tais parâmetros: turbidez, ST, amônia, nitrato, coliformes totais e fecais. O conjunto que mais se destacou, apresentando maiores eficiências, foi aquele constituído pelo dispositivo de descarte de sólidos VF6, da empresa Acquasave/3P Technik (Sistema piloto S2). Porém, cabe ressaltar que, em função das diferentes condições e variáveis existentes de um sistema a outro, torna-se impossível a comparação dos resultados.

Magri et al. (2008) também caracterizaram a água da chuva antes e depois de passar por um sistema de descarte seguido de peneiramento. Em termos de eficiências das unidades de descarte e peneiramento, foram obtidas: 66% de remoção média de turbidez, produzindo um efluente com concentração efluente média de 1 NTU. Neste trabalho, os conjuntos de dispositivos de descarte de sólidos e desvio dos primeiros escoamentos apresentaram eficiências superiores a 85%.

No estudo de Magri et al. (2008) também foram obtidas: 21% de remoção média de sólidos totais e 6% de sólidos dissolvidos, produzindo um efluente com concentrações efluentes médias de 117 e 113 mg/L, respectivamente. Neste trabalho, a eficiência de remoção de sólidos totais foi superior a 79%, enquanto que, para os sólidos dissolvidos, foi de superior a 26% (no Sistema piloto S4) chegando a 82% no Sistema piloto S2.

## 5.4. ANÁLISE ECONÔMICA

### 5.4.1. Custos de Execução dos Reservatórios

Os custos de execução dos reservatórios de ardósia e do reservatório de aço estão apresentados nas Tabelas 44 e 45, respectivamente. Os custos discriminados estão expostos no Apêndice.

**Tabela 45: Custos de execução dos reservatórios de placas de ardósia.**

Item	Reserv. 50 m <sup>3</sup>	Reserv. 80 m <sup>3</sup>	Reserv. 250 m <sup>3</sup>
Laje	R\$ 1.480,89	R\$ 1.764,95	R\$ 3.048,44
Pedras	R\$ 298,31	R\$ 351,33	R\$ 524,12
Estrutural	R\$ 2.000,74	R\$ 2.737,71	R\$ 4.580,08
Tubos, conexões e outros	R\$ 485,05	R\$ 485,05	R\$ 485,05
Cobertura	R\$ 1.250,00	R\$ 1.460,00	R\$ 4.490,00
Mão-de-obra	R\$ 600,00	R\$ 1.000,00	R\$ 1.400,00
Geomembrana de PVC	R\$ 1.250,00	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 7.365,00</b>	<b>R\$ 7.799,03</b>	<b>R\$ 14.527,68</b>

NOTA: O custo da mão-de-obra referente a cada item está incluso no valor apresentado.

No custo das pedras foi desconsiderado o custo do frete (este consta no Apêndice).

**Tabela 46: Custos de execução do reservatório de aço.**

Item	Reserv. 200 m <sup>3</sup>
Laje	R\$ 2.518,38
Chapas de aço galvanizado e cobertura	R\$ 18.190,00
Tubos, conexões e outros	R\$ 485,05
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 21.293,43</b>

NOTA: O custo da mão-de-obra referente a cada item está incluso no valor apresentado.

Os reservatórios de placas de ardósia de 50, 80 e 250 m<sup>3</sup> foram executados em 6, 9 e 11 dias, respectivamente. O reservatório de chapas de aço foi construído em apenas 4 dias.

A Tabela 46 apresenta os custos e o tempo de execução de alguns modelos de reservatórios de armazenamento comumente encontrados na região de estudo.

**Tabela 47: Custos e tempo de execução de alguns modelos de reservatórios de armazenamento.**

<b>Reservatório</b>	<b>50</b>	<b>200</b>	<b>300</b>
Geomembrana de PEAD (BIOTER, 2010)	x	x	R\$ 12.087,94 (10 dias)
Concreto armado (Rural Bebedouros, 2010)	R\$ 18.000,00 (9 dias)	R\$ 33.000,00 (25 dias)	x
Fibra de vidro (Gonçalves, 2004)	R\$ 7.400,00 (1 dia)	R\$ 29.600,00 (2 a 3 dias)	R\$ 44.400,00 (2 a 3 dias)

NOTA: Os custos das instalações hidráulicas e da mão-de-obra não estão sendo considerados. Para os reservatórios que necessitam de base de concreto, o custo deste elemento também não está incluso.

Como mostra a Tabela 46, para uma capacidade de 200 m<sup>3</sup>, um reservatório de concreto armado custa em média R\$ 33.000,00 e o tempo médio de execução é de 25 dias (RURAL BEBEDOUROS, 2010). Em fibra de vidro, o custo fica em torno de R\$ 29.600,00 (GONÇALVES et al., 2004) e o tempo de execução é de 3 a 4 dias (instalação de dez caixas d'água de 20 m<sup>3</sup>, execução da base, dispositivos de proteção sanitária e etc). Portanto, mesmo considerando uma capacidade inferior à máxima estabelecida neste trabalho, o custo total para executar reservatórios de concreto e de fibra de vidro é duas vezes maior que o custo para executar reservatórios de placas de ardósia. O tempo de execução dos reservatórios de ardósia também foi consideravelmente curto, quando comparados com o tempo de execução de um reservatório de concreto armado.

O custo total de execução do reservatório de aço galvanizado de 200 m<sup>3</sup> foi mais elevado do que o custo do reservatório de ardósia de 250 m<sup>3</sup>, mesmo assim o reservatório metálico é mais em conta que aqueles feitos em concreto e fibra de vidro. O tempo de execução do reservatório de aço foi mais curto do que o tempo para construir os reservatórios de ardósia.

Observando a Tabela 46, constata-se que o reservatório de geomembrana apresenta um custo inferior se comparado ao custo dos reservatórios propostos neste trabalho. Porém, existem outros fatores que pesam na escolha do reservatório. Cabe lembrar que o reservatório de geomembrana é menos resistente e de difícil manutenção na presença de vazamentos.

É importante ressaltar que no custo total de execução dos reservatórios deste trabalho está incluso o custo dos dispositivos de proteção sanitária, que entra no item “tubos e conexões”. É também

possível verificar, por meio da Tabela 44, que a presença de geomembrana de PVC, como revestimento interno, encarece bastante o reservatório de ardósia. Por essa razão, o custo do reservatório de 50 m<sup>3</sup> ficou semelhante ao custo do reservatório de 80 m<sup>3</sup>.

#### 5.4.2. Custos de execução dos Dispositivos de Descarte de Sólidos

Os custos de execução dos dispositivos de descarte de sólidos estão apresentados na Tabela 47. Os custos discriminados estão expostos no Apêndice.

**Tabela 48: Custos de execução dos dispositivos de descarte de sólidos.**

<b>Item</b>	<b>Funil Coador</b>	<b>Bombona Coadora</b>
Funil em fibra de vidro ou bombona plástica	R\$ 200,00	R\$ 50,00
Conjunto de peneiras de aço inox	R\$ 338,00	R\$ 262,00
Selante marca SOULDAL	R\$ 16,00	R\$ 16,00
Mão-de-obra	R\$ 100	R\$ 100
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 654,00</b>	<b>R\$ 428,00</b>

O dispositivo de descarte de sólidos VF6, instalado no Sistema piloto S2, apresentou um custo de R\$ 8.280,00. O dispositivo VF1, para áreas de telhado de até 200 m<sup>2</sup>, custa em torno de R\$ 1.184,00 (ECORACIONAL, 2010). Portanto os resultados mostraram que os dispositivos de descarte de sólidos propostos neste trabalho (funil coador e bombona coadora) possuem grande viabilidade econômica em comparação com os dispositivos comerciais importados.

O dimensionamento proposto se mostrou adequado, após algumas modificações. A perda de água é mínima, e as peneiras se mostraram eficientes na remoção de grande parte do material sólido originado da área de captação. Porém, como não existe auto-limpeza, é necessária uma limpeza manual constante das peneiras para manter o bom funcionamento dos dispositivos.

#### 5.4.3. Custos de Execução dos Dispositivos de Desvio das Águas dos Primeiros Escoamentos

Os custos de execução dos dispositivos de desvio das águas dos primeiros escoamentos estão apresentados na Tabela 48. Os custos discriminados estão expostos no Apêndice.

**Tabela 49: Custos de execução dos dispositivos de desvio das águas dos primeiros escoamentos.**

<b>Item</b>	<b>Desviador das águas dos primeiros escoamentos</b>
Bombona plástica 1000 L	R\$ 250,00
Tubos, conexões e outros*	R\$ 252,00
Bóia plástica DN 150	R\$ 3,00
Selante a base de poliuretano	R\$ 13,00
Mão-de-obra	R\$ 100
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 618,00</b>

\*adesivo plástico para PVC, cola araldite, parafuso e porca, anéis de borracha e etc.

De acordo com Marinoski (2007) e Martini (2009), no Brasil, o desviador com válvula de desvio horizontal da empresa SAFERAIN custa em torno de R\$ 600,00, considerando-se as taxas de importação. Atualmente na Austrália, esse dispositivo custa \$ 135,00, assim como o desviador com válvula de desvio vertical (SAFERAIN, 2011). Cabe ressaltar que nestes valores não entra o custo da mão-de-obra. Portanto, o dispositivo proposto neste trabalho apresentou um custo inferior, de R\$ 518,00, sem considerar a mão-de-obra.

O método desenvolvido na vedação da abertura da bombona mostrou-se eficiente, já que não foram observados vazamentos. Graças à expansão com parafuso na qual foi introduzida a bóia, o sistema bóia flutuante funcionou perfeitamente, ou seja, a bóia não teve problema em acompanhar a superfície da água, nem ficou presa à tubulação.

## 6. CONCLUSÕES

Observando os resultados obtidos no cálculo da eficiência dos sistemas piloto, constatou-se que os sistemas piloto S1 e S2 atendem a 100% das demandas de água da chuva, respectivamente, já que a produção média anual de água da chuva é superior à demanda média anual requerida. Já os sistemas piloto S3 e S4 atendem a 41 e 40% das demandas de água da chuva, respectivamente, já que a produção média anual de água da chuva é inferior à demanda média anual requerida.

Na etapa de monitoramento da qualidade da água da chuva, pode-se concluir que:

- As análises físico-químicas e bacteriológicas comprovaram a eficiência dos dispositivos de descarte de sólidos, de desvio de água dos primeiros escoamentos e de proteção sanitária do reservatório de acumulação.
- A água armazenada nos reservatórios se apresentou com excelente qualidade em todos os sistemas piloto. A grande maioria dos parâmetros estava de acordo com os padrões de potabilidade da Portaria nº 518 do MS e observam as condições ou padrões para as águas de classe 3 da Resolução CONAMA 357. Em alguns casos, somente o pH e/ou o teor de coliformes totais estavam fora dos padrões.
- Comprovou-se a eficiência do sistema de desinfecção instalado no Sistema piloto S3. O sistema instalado no Sistema piloto S4 foi mal operado, não apresentando resultados satisfatórios.
- A água da chuva, após passar pelo processo de desinfecção, se apresentou com melhor qualidade que as águas superficiais também fornecidas aos animais. Os resultados também comprovam que, a água armazenada nos reservatórios, sem desinfecção, também se apresentou com melhor qualidade que as águas superficiais, para praticamente todos os parâmetros.
- O ensaio de potabilidade mostrou que a grande maioria dos elementos verificados se apresentou bem abaixo dos valores máximos permitidos pela Portaria nº 518, do MS. Dois parâmetros, o ferro e o alumínio, apresentaram valores superiores ao máximo permitido pela Portaria. Porém, nesses dias seus respectivos brancos também ficaram acima do máximo permitido, com exceção de dois dias de coleta, para o ferro. Isso significa que o problema pode não estar relacionado com os materiais imersos na água, e sim com o próprio branco. Apesar dos valores

mais elevados destes dois elementos, verificou-se que a ardósia e a chapa metálica, em contato com a água, não comprometem sua qualidade.

Os conjuntos de dispositivos de tratamento físico instalados neste trabalho apresentaram boa eficiência de remoção, todos acima de 50%. O conjunto que apresentou maior eficiência, de 74%, é constituído pelo dispositivo de descarte de sólidos VF6, da empresa Acquasave/3P Technik. Porém, devido às peculiaridades de cada local, não foi possível fazer uma análise comparativa dos resultados de eficiência.

Com relação ao estudo comparativo de custos, concluiu-se que:

- Os reservatórios de ardósia possuem baixo custo de execução, apresentando maior viabilidade econômica do que reservatórios de concreto armado e fibra de vidro.
- Os custos de execução dos reservatórios de aço galvanizado foram mais elevados do que os custos dos reservatórios de ardósia. Mesmo assim, os reservatórios metálicos são mais baratos que aqueles feitos em concreto e fibra de vidro.
- Os dispositivos de descarte de sólidos e dispositivos de desvio dos primeiros escoamentos, desenvolvidos e propostos neste trabalho, tiveram baixo custo de execução, com valor próximo de R\$ 500,00. Em contrapartida, o dispositivo de descarte de sólidos VF6, comercializado no Brasil, apresentou um custo significativamente maior: de R\$ 8.280,00. Além do baixo custo, os dispositivos de descarte de sólidos e desvio das águas dos primeiros escoamentos aqui desenvolvidos, também apresentaram viabilidade técnica e ambiental.

O método construtivo do reservatório de ardósia possibilitou a execução do mesmo com facilidade e rapidez, bom desempenho estrutural, e baixo custo global da obra. Ele deve apresentar maior durabilidade que o reservatório de ferrocimento, já que a água não fica em contato direto com a argamassa de revestimento das paredes do reservatório. Como a ardósia é uma rocha inerte, a armadura do reservatório fica mais protegida. A ardósia, além de servir de forma para a camada de ferrocimento, é um material natural abundante na região central do Estado de Santa Catarina, além de ser inerte e ter alta durabilidade, baixo custo e com grande potencial de aplicação para reservatórios. Esta rocha é também encontrada com abundância em outros estados, e notadamente em Minas Gerais.

Esta nova tecnologia utilizando-se placas de ardósia apresenta assim grande potencial de aplicação e viabilidade econômica,

dependendo principalmente do custo de transporte destas pedras, que é quase sempre mais caro do que o valor pago na compra das mesmas. Neste experimento foi possível constatar que as pedras de ardósia são facilmente perfuradas para passagem de tubulações, com serra copo de vídea. Elas também podem ser cortadas com facilidade com serra circular.

Sugere-se a continuidade de pesquisas com esta pedra em outras aplicações em saneamento, como em biodigestores rurais, e a pesquisa de outros tipos de pedra para a execução de reservatórios como rochas de calcário laminado, conhecidas comercialmente como “Pedra Cariri”, disponível no Estado do Ceará.

O reservatório de chapas de aço é também uma boa opção devido à grande oferta de material na região, apesar de apresentar um custo total de execução mais elevado em comparação ao reservatório de ardósia. A facilidade e rapidez na execução também favorecem a utilização desta tecnologia.



## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10844**. Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12217**. Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7008**. Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou com liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente – Especificação. Rio de Janeiro, 2003.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15527**. Água de chuva. Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12170**. Potabilidade da água aplicável em sistemas de impermeabilização. Rio de Janeiro, 2009.

ACQUASAVE. Disponível em: <  
<http://www.acquasave.com.br/Manual-VF6.pdf>> Acesso em 21 de março de 2010.

AMORIM, S.; PEREIRA, D. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, v.8, n.2, 2008.

ANA – Agência Nacional das Águas; SAS/ANA, Superintendência de Conservação de Água e Solo; FIESP, Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; DMA, Departamento de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; Sinduscon-SP, Sindicato da Indústria da Construção do Estado de São Paulo; COMASP, Comitê de Meio Ambiente do Sinduscon- SP - **Conservação e Reúso da Água em Edificações**. São Paulo, 2005.

ANA - Agência Nacional das Águas. **Disponibilidade e demanda de recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2005.

ANA - Agência Nacional das Águas. **Plano nacional de recursos hídricos: panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil.** Brasília, 2006.

ANDRADE, M.; MARINOSKI, A. K.; BECKER, R. H. **Casa Eficiente: Uso Racional da Água.** v.3, Florianópolis-SC, 2009.

ANNECCHINI, P. V. K. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES).** Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória – ES, 2005.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução nº 105.** Regulamento Técnico sobre Disposições Gerais para Embalagens e Equipamentos Plásticos em Contato com Alimentos e seus Anexos. 1999.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 91.** Critérios Gerais e Classificação de Materiais para Embalagens e Equipamentos em Contato com Alimentos constante do Anexo desta Resolução. 2001.

ANVISA – AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Resolução RDC nº 20.** Regulamento Técnico sobre Disposições para Embalagens, Revestimentos, Utensílios, Tampas e Equipamentos Metálicos em Contato com Alimentos. 2007.

AQUABARREL. Disponível em: <<http://www.aquabarrel.com>> Acesso em 05 de fevereiro de 2011.

ASA BRASIL – Articulação no Semi-Árido Brasileiro. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br>> Acesso em 02 de novembro de 2009.

AUSTRALIAN/NEW ZEALAND STANDARD . **AS/NZS 4020** - Testing of products for use in contact with drinking water, 2005.

AZEVEDO NETTO, J. M.; ALVAREZ, G. A. **Manual de Hidráulica.** 7. ed. rev. e compl. São Paulo: E. Blucher, 1991.

BELLAVER, C., OLIVEIRA, P.A. Balanço da água nas cadeias de aves e suínos. **Avicultura Industrial**, n.10, pág. 39-44, 2009.

BENOLIEL, M. J. G. **Influência de Produtos Químicos e de Materiais na Qualidade da Água de Consumo Humano - Testes Realizados na EPAL.** In: CONGRESSO DA ÁGUA EM LISBOA, 4., Portugal, 1998.

BIOTER. Disponível em: <<http://www.bioter.com.br>>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2010.

BRASIL. **Decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934. Código das Águas.** Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/d24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/d24643.htm)> Acesso em: 12 de dezembro de 2009.

BRITO, N. **Efeito do Escoamento da Água de Chuva em Diferentes Coberturas.** Disponível em: <<http://www.imbubrasil.jex.com.br>> Acesso em: 10 de agosto de 2010.

BSI - British Standards Institution. **BS 8515.** Rainwater harvesting systems. Code of practice, 2009.

CASAN - COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO. Disponível em: <<http://www.casan.com.br>> Acesso em: 03 de junho de 2011.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA nº 357 de 29 de novembro de 2000.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2009.

CSN - COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL. Disponível em: <<http://www.csn.com.br>> Acesso em: 10 de fevereiro de 2011.

CRIVELATTI. Disponível em: <<http://www.crivelatti.com.br>>. Acesso em: 14 de outubro de 2010.

CUNHA, J. P. **Desenvolvimento de um Novo Material a Partir da Composição dos Resíduos da Mineração de Varvito e da Produção de Cal.** Dissertação (mestrado em Engenharia e Ciência dos Materiais), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, 2007.

CURITIBA. **Lei nº 10.785 de 18 de setembro de 2003.** Câmara Municipal de Curitiba. Disponível em: <<http://www.recicloteca.org.br/agua/lei-Ctba.htm>> Acesso em: 12 de dezembro de 2009.

DE MELO LISBOA, H; COSTA, R. H. R.; WALTORT, L. M. B. **Análise da qualidade das águas da chuva no campus Universitário da UFSC no período de maio de 1991 a janeiro de 1992.** Florianópolis, UFSC, 1992.

DE OLIVEIRA, Y. **Uso do Balanço Hídrico Seriado para o Dimensionamento de Estrutura de Armazenamento de Águas das Chuvas: Estudos de Casos.** Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2004.

DE OLIVEIRA, P. A. V. **Uso racional da água na suinocultura.** Disponível em: <[http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf\\_doc/7-PauloArmando\\_agua.pdf](http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/7-PauloArmando_agua.pdf)> Acesso em 21 de abril de 2010.

DENARDIN, V. F. **De Capital Natural a Capital Natural Crítico: a Aplicação da Matriz de Deliberação na Gestão Participativa dos Recursos Hídricos no Oeste Catarinense.** Tese (doutorado em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2004.

DENARDIN, V. F.; SULZBACH, M. T. **Os possíveis caminhos da sustentabilidade para a agropecuária da região oeste de Santa Catarina.** Desenvolvimento em questão, julho-dezembro, ano/vol. 3, número 006. Universidade Regional do Noroeste do Rio Grande do Sul. Ijuí, Brasil, 2005. PP. 87-115.

DIN - German National Standard. **DIN 1989,** Rainwater harvesting systems – Part 1: Planning, installation, operation, and maintenance. 34p. 1989.

DWI. **REGULATION 31.** Approval of Products for Use in Contact with Water Intended for Human Consumption, 2011.

ECORACIONAL. Disponível em: <<http://www.ecoracional.com.br/>> Acesso em: 27 de agosto de 2010.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Seminário: Planejamento, Construção e Operação de Cisternas para Armazenamento da Água da Chuva.** Concórdia – SC, 2005.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: < <http://www.embrapa.br/> > Acesso em: 24 de março de 2010.

ENHEALTH - **Environmental Health.** Disponível em: < <http://www.nphp.gov.au/enhealth> > Acesso em: 17 de agosto de 2010.

ENVOLVERDE. Disponível em: <http://envolverde.com.br/ambiente/clima/agricultura-de-santa-catarina-esta-sofrendo/> Acesso em 04 de novembro de 2011.

EPAGRI-SC. Gerência de Recursos Naturais. Estação Meteorológica de Florianópolis. Estação Climatológica Principal. Acesso em: 25 de janeiro de 2010.

EVANS, C. A.; COOMBES, P. J.; DUNSTAN, R. H. Wind, rain and bacteria: The effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater. **Water Research**, v. 40, n. 1, p. 37-44, 2006.

FENDRICH, R. **Manual de Utilização das Águas Pluviais (100 maneiras práticas).** 2ª Ed. – ampliada – Curitiba – PR, 2009.

FEPAM. **Dessedentação Animal e Irrigação.** Acesso em: <<http://eta.fepam.rs.gov.br:81/documentacoes/uruguai/relatorio03/Cap%207.3.pdf>> Acessado em 01 de março de 2010.

FERNANDES, M. R. D.; NETO, M. B. V.; MATTOS, C. M. K. **Viabilidade Econômica do Uso da Água da Chuva: Um Estudo de Caso da Implantação de Cisterna na UFRN/RN.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., Foz do Iguaçu-PR, 2007.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Conservação e Reuso de Água.** Manual de Orientações para o Setor Industrial. v.1, São Paulo, 2008.

GHISI, E., GUGEL, C. E. (2005). **Instalações Prediais de Águas**

**Pluviais.** Apostila da disciplina ECV5317 – Instalações I. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

**GNADLINGER, J. Tecnologias de captação e manejo de água de chuva em regiões semi-áridas.** Artigo Técnico. Fortaleza, 2006.

**GNADLINGER, J. Tailândia para o Semi-Árido Brasileiro: Lições de um projeto de captação de Água de Chuva em larga escala.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 7., Caruaru - PE, 2009.

**GONÇALVES, B. G. Estudo de Viabilidade para a Implantação de um Sistema de Captação e Aproveitamento da Água de Chuva no Prédio de Salas de Aula do Centro Tecnológico – CTC.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

**GROUP RAINDROPS. Aproveitamento da Água da Chuva.** Curitiba: Organic Trading Editora, 2002.

**HAGEMANN, E. S. Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade da sua captação e uso.** Dissertação (mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria – RS, 2009.

**HARTER, B. I. Análise de Precipitação em Pelotas-RS utilizando transformada Wavelet de Morlet.** Dissertação (mestrado em Meteorologia), Universidade Federal de Pelotas, 2004.

**HAUGHT, D.; WYCKOFF, I. Water Project.** Disponível em: <[http://www.awish-hellas.org/images/small\\_waterproject.pdf](http://www.awish-hellas.org/images/small_waterproject.pdf)>. Acesso em: 26 de outubro de 2010.

**HUSNI, H.; HUSSEIN, C. Análise de ciclo de vida na fabricação de reservatórios de água de fibra de vidro.** Disponível em: <<http://biblioteca.universia.net/ficha.do?id=29693191>>. Acesso em 26 de fevereiro de 2010.

**JAQUES, C. R. Qualidade da Água de Chuva no Município de Florianópolis e sua Potencialidade para Aproveitamento em**

**Edificações.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2005.

KIM, R. H.; LEE, S.; KIM, Y. M.; LEE, J. H.; KIM, S. K.; KIM, S. G. Pollutants in rainwater runoff in Korea: Their impacts on rainwater utilization. **Environmental Technology**, v. 26, n. 4, p. 411-420, 2005.

KOBIYAMA, M., HANSEN, S., 2002. **Vantagens da utilização do sistema de coleta da água da chuva sob o ponto de vista dos aspectos hidrológicos e econômicos: Estudo de caso em Florianópolis/SC.** In: Aproveitamento da água da chuva. Group Raindrops. Organizadores e Tradutores: KOBIYAMA, M., USHIWATA, C. T., AFONSO, M., Curitiba/PR. 2002. p. 169-181.

LAURENTI, A. **Qualidade da Água I.** Florianópolis: Imprensa Universitária, 89 p., 1997.

LINDNER, E. A.; KOBIYAMA, K.; MASSIGNAM, A. M.; ANTONELLO, K.; DANIELA PRONER CANALE, D. P. **Análise dos desastres naturais de excesso e de escassez hídrica decretados na bacia Rio do Peixe, SC/Brasil.** Jornadas Internacionales sobre Gestión del Riesgo de Inundaciones y Deslizamientos de Laderas. Brasil, 2007.

LISBOA, M. **Estudo de Viabilidade Econômica da Implantação de um Sistema de Aproveitamento da Água de Chuva em uma Escola Pública no Município de Seara – SC.** Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis – SC, 2008.

LYE, D. J. Rooftop runoff as a source of contamination: A review. **Science of the Total Environment**, v. 407, n. 21, p. 5429-5434, 2009.

MAGRI, M. E.; FENELON, F. R.; GHISLENI, J. L. A.; ROSSETO, T. S.; PHILIPPI, L. S. **Avaliação da Eficiência e Viabilidade de Sistemas de Aproveitamento de Água de Chuva em Escala Residencial, para Lavação de Roupas e Usos Correlatos.** In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - SILUBESA, 13., *Anais...* Belém - PA, 2008.

MANCUSO, C. S. P.; SANTOS, F. H. **Reúso de Água.** Barueri, SP:Manole, 2003.

MARINGÁ. **Lei nº 6.345 de 15 de outubro de 2003**. Disponível em: <[http://sapl.cmm.pr.gov.br:8080/sapl\\_documentos/norma\\_juridica/8126\\_texto\\_integral](http://sapl.cmm.pr.gov.br:8080/sapl_documentos/norma_juridica/8126_texto_integral)> Acesso em: 12 de dezembro de 2009.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de Água pluvial para Fins Não Potáveis em Instituição de Ensino: Estudo de Caso em Florianópolis – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis – SC, 2007.

MARTINI, F. **Potencial de Economia de Água Potável por Meio do Uso de Água de Chuva em São Miguel do Oeste – SC**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis – SC, 2009.

MARTINS, R. F. **Avaliação da qualidade das águas de chuva de Florianópolis, Tubarão, Criciúma e São Martinho, com ênfase na caracterização das influências marinhas e continentais simuladas utilizando o modelo HYSPLIT**. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, 2008.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 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**, v. 45, n. 5, p. 2049-2059, 2011.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 518 de 25 de março de 2004**. Disponível em: <<http://dtr2001.saude.gov.br/sas/PORTARIAS/Port2004/GM/GM-518.htm>>. Acesso em: 12 de dezembro de 2009.

MORROW, A. C.; DUNSTAN, R. N.; COOMBES, P. J. Elemental composition at different points of the rainwater harvesting system. **Science of the Total Environment**, v. 408, n. 20, p. 4542-4548, 2010.



NSF/ANSI. Standards. **NSF/ANSI 61. Standard for Drinking Water Additives - Drinking water system components – Health effects**, 2008.

NUNES, L. **Ministério Público investiga excesso de alumínio na água consumida em Florianópolis**. Jornal UOL Notícias Cotidiano, setembro de 2008. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/cotidiano/2008/09/05/ult5772u760.jhtm>> Acesso em: 10 de julho de 2011.

PALHARES, J. C. P. **Quantidade e qualidade da água na produção de suínos**. Artigo publicado na Revista Suinocultura Industrial. 7p., n.5, 2010.

PETERS, A. J.; WEIDNER, K. L.; HOWLEY, C. L. The chemical water quality in roof-harvested water cisterns in Bermuda. **Journal of Water Supply Research and Technology-Aqua**, v. 57, n. 3, p. 153-163, 2008.

PETERS, R. M. **Potencial de Uso de Fontes Alternativas para Fins Não Potáveis em uma Unidade Residencial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2006.

PORTAL SÃO FRANCISCO. Disponível em: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/rochas/rochas.php>. Acesso em 07 de setembro de 2010.

PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico. Rede cooperativa de pesquisas. **Tecnologias de segregação e tratamento de esgotos domésticos na origem, visando à redução do consumo de água e da infraestrutura de coleta, especialmente nas periferias urbanas**. UFES, UFSC, UNICAMP IPT, 2006.

RAINWATER HARVESTING AND UTILISATION. **An environmentally sound approach for sustainable urban water management-an introductory guide for decision-makers**. UNEP-DTIE-IETC/Sumida City Government/ People for Promoting Rainwater Utilization- Japan, 2002.

RHINO TANKS. Disponível em: <[www.rhinotanks.com.au](http://www.rhinotanks.com.au)> Acesso em 12 de agosto de 2009.

ROCHA, L. V. **Validação do algoritmo do programa Netuno para avaliação do potencial de economia de água potável e dimensionamento de reservatórios de sistemas de aproveitamento de água pluvial em edificações.** Dissertação de mestrado, Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2009.

RURAL BEBEDOUROS. Disponível em: <[www.ruralbebedouros.com](http://www.ruralbebedouros.com)> Acesso em: 20 de outubro de 2010.

SAFERAIN. **Saferain First Flush Diversion Valve.** Disponível em: <<http://www.saferain.com.au>> Acesso em 05 de fevereiro de 2011.

SANTA CATARINA. **Decreto nº 099 de março de 2007.** Procuradoria Geral do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.pge.sc.gov.br>. Acesso em: outubro de 2009.

SÃO PAULO. **Lei nº 13.276 de 04 de janeiro de 2002.** Disponível em: <<http://www.leispaulistanas.com.br/sites/default/files/ReservatorioDeAgua/LEI%2013276.PDF>> Acesso em: 12 de dezembro de 2009.

SCHWEITZER, S. F. A. ; ANDRADE, M. A. N. . **Implantação de um programa de uso eficiente da água contemplando um sistema de aproveitamento de água de chuva na Escola E. B. Manuel Pereira de Medeiros.** In: Bernardete Wrublevski Aued; Célia Regina Vendramini.. (Org.). Educação do Campo - Desafios teóricos e práticos. 1 ed. Florianópolis: Insular, 2009, v. 1, p. 353-368.

SEEGER, M. K. L. **Eficiência dos Sistemas de Aproveitamento das Águas Pluviais na Região Central do Rio Grande do Sul.** Dissertação (mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2008.

SICKERMANN J. **Gerenciamento das águas de chuva: imprescindível para o futuro das grandes cidades.** 2004. Disponível em: <<http://ecoviagem.uol.com.br/fique-por-dentro/artigos/meio-ambiente/gerenciamento-das-aguas-de-chuva-imprescindivel-para-o-futuro-das-grandes-cidades-1134.asp>>. Acesso em: 19 de outubro de 2010.

SILVEIRA, F. **Viabilidade técnica para o aproveitamento da água da chuva em Rio Negro/SC**. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis – SC, 2008.

SIMMONS, G.; HOPE, V.; LEWIS, G.; WHITMORE, J.; GAO, W. Z. Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand. **Water Research**, v. 35, n. 6, p. 1518-1524, 2001.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade de Minas Gerais; 2005.

SUBOTSCH, N. **Coatings in the Water Industry**. Peerless Industrial Systems, 32nd Annual Qld Water Industry Operations Workshop Walter Pierce Pavilion, Showgrounds Complex - Rockhampton, 2007.

TEXAS WATER DEVELOPMENT BOARD. **The Texas Manual on Rainwater Harvesting**. 3 ed. Austin, 2005.

THIESEN, A. **Viabilidade Econômica do Aproveitamento de Águas Pluviais numa Residência Unifamiliar**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 2004.

THOMAS, T. **Escolha de Cisternas para Captação de Água de Chuva no Sertão**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA, 3., 2001, Campina Grande, Paraíba.

TOMAZ, P. **Previsão de Consumo de Água**. São Paulo: Navegar, 2000.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva – para áreas urbanas e fins não potáveis**. São Paulo: Navegar, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Ed. da URGs, 2000. 943p.

VAES, G.; BERLAMONT, J. The impact of rainwater reuse on combined sewer overflow (CSO) emissions. **Water Science and Technology**, v.39, n.5, p.57-64, 1999.

VIALLE, C.; SABLAYROLLES, C.; LOVERA, M.; JACOB, S.; HUAU, M. C.; MONTREJAUD-VIGNOLES, M. Monitoring of water quality from roof runoff: Interpretation using multivariate analysis. **Water Research**, v.45, p.3765-3775, 2011.

XAVIER, P. R. **Influência de barreiras sanitárias na qualidade da água de chuva armazenada em cisternas no semiárido paraibano**. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande, 2010.

WATER CONSERVATION PROGRAM. Disponível em  
<<http://www.sandiego.gov/>> Acesso dia 23 de setembro de 2010.

YWASHIMA, L. A.; ILHA, M. S. O.; CRAVEIRO, S. G.; GONÇALVES, O. M. (2006). **Método para Avaliação da Percepção dos Usuários para o Uso Racional de água em Escolas**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11., v.1, Florianópolis, SC, 2006.

## 8. APÊNDICE

### CUSTOS DE EXECUÇÃO

#### 1) Funil Coador

Item	Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor
	Funil de fibra de vidro 100 L, 72 graus		1	R\$ 200,00	R\$ 200,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	<b>R\$ 200,00</b>
Peneiras	Tela moeda inox de furo redondo 18 mm, espessura da chapa de 1,6 mm; larg 1 m	m	0,8	R\$ 95,00	R\$ 76,00
	Tela soldada inox, malha 4; abert. malha 6,35x6,35 mm; furo 0,63 mm; larg 1 m	m	1	R\$ 94,00	R\$ 94,00
	Tela de aço inox, malha 14; abert. malha 1,31x1,31 mm; furo 0,50 mm; larg 1,30 m	m	1	R\$ 168,00	R\$ 168,00
	Selante marca SOULDAL, modelo Soudaseal 270hs, tubo com 290 ml	Unidade	1	R\$ 16,00	R\$ 16,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	<b>R\$ 354,00</b>
Mão-de-obra		Unidade	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
				<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 654,00</b>

## 2) Bombona Coadora

Item	Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor
	Bombona plástica 200 L		1	R\$ 50,00	R\$ 50,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	<b>R\$ 50,00</b>
Telas	Tela soldada inox, malha 4; abert. malha 6,35x6,35 mm; furo 0,63 mm; larg 1 m	m	1	R\$ 94,00	R\$ 94,00
	Tela de aço inox, malha 14; abert. malha 1,31x1,31 mm; furo 0,50 mm; larg 1,30 m	m	1	R\$ 168,00	R\$ 168,00
	Selante marca SOULDAL, modelo SOUDASEAL 270hs, tubo com 290 ml	Unidade	1	R\$ 16,00	R\$ 16,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	<b>R\$ 278,00</b>
Mão-de-obra		Unidade	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
				<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 428,00</b>

### 3) Dispositivo de desvio dos primeiros escoamentos

Item	Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor
	Bombona plástica de 1000 L com abertura 150	Unidade	1	R\$ 250,00	R\$ 250,00
	Tê DN 150	Unidade	1	R\$ 32,70	R\$ 32,70
	Redução 200 X 150 mm	Unidade	2	R\$ 32,00	R\$ 64,00
	União simples DN 200 mm	Unidade	1	R\$ 14,80	R\$ 14,80
	Luva de correr DN 150 mm	Unidade	1	R\$ 21,50	R\$ 21,50
	Tubo série normal esgoto DN 150 mm	Unidade	3	R\$ 20,42	R\$ 61,26
	Anel de borracha DN 150	Unidade	3	R\$ 2,15	R\$ 6,45
	Parafuso Para Telha Ondulada 5/16`` x 230 mm	Unidade	1	R\$ 1,80	R\$ 1,80
	Porca para parafuso 5/16``	Unidade	1	R\$ 0,40	R\$ 0,40
	Luva Simples com Fixadores DN 150 mm	Unidade	1	R\$ 17,50	R\$ 17,50
	Cola Epóxi Araldite	Unidade	1	R\$ 23,60	R\$ 23,60
	Adesivo Plástico para PVC Frasco 175 g	Unidade	1	R\$ 8,10	R\$ 8,10
	Bóia plástica DN 150 mm	Unidade	1	R\$ 3,00	R\$ 3,00
	Selante a base de poliuretano	Unidade	1	R\$ 13,00	R\$ 13,00
	Mão-de-obra	Unidade	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
				<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 618,11</b>

4) Reservatório de ardósia de 50 m<sup>3</sup>

Item	Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor
Laje	madeirite 10 mm	Unidade	19	R\$ 2,50	R\$ 47,52
	Tela soldada MF 113, malha 10 x 20 cm, fio 4,2 mm)	m	18	R\$ 6,40	R\$ 116,16
	concreto	m3	2	R\$ 240,00	R\$ 477,22
	mão-de-obra		1	R\$ 840,00	R\$ 840,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 1.480,89
Pedras	pedra	Unidade	40	R\$ 5,00	R\$ 198,31
	frete	km	263	R\$ 2,40	R\$ 631,20
	mão-de-obra (descarregamento)	operário	4	R\$ 25,00	R\$ 100,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 929,51
Estrutural	madeira	Unidade	40	R\$ 4,00	R\$ 158,65
	silicone	Unidade	18	R\$ 13,00	R\$ 230,18
	tela galvanizada hexagonal para viveiro (malha 1/2; fio 2,4)	m	49	R\$ 3,30	R\$ 162,66
	cabo de aço 3/16" (4,8 mm)	m	430,00	R\$ 2,20	R\$ 946,00
	esticadores 5/16"	Unidade	23	R\$ 4,00	R\$ 92,00
	clips p/ cabo de aço 3/16"	Unidade	92,00	R\$ 0,50	R\$ 46,00
	sapatilhas p/ cabo de aço 3/16"	Unidade	46	R\$ 0,85	R\$ 39,10
	cimento	Kg	534	R\$ 0,42	R\$ 224,28
	areia fina	m3	0,4	R\$ 86,00	R\$ 35,33
	areia média	m3	0,8	R\$ 81,00	R\$ 66,54
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 2.000,74
Mão-de-obra construção	01 empreendedor, 01 pedreiro, 4 serventes	diária	3	200	R\$ 600,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 600,00



Tubos e Conexões	Tubo PVC esgoto série normal DN 100 mm	Unidade	1	R\$ 23,00	R\$ 23,00
	Adaptador para caixa d'água com rosca e flange e registro de fechamento rápido, em PVC, DN 40 mm	Unidade	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
	Tê de redução, 40 x 25	Unidade	1	R\$ 2,50	R\$ 2,50
	Joelho 90, DN 40	Unidade	2	R\$ 0,80	R\$ 1,60
	Registro, DN 25	Unidade	1	R\$ 12,00	R\$ 12,00
	Mangueira cristal, DN 25	m	2,5	R\$ 3,00	R\$ 7,50
	Bico de mamadeira, rosca interna 3/4"	Unidade	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
	Joelho 90, DN 100	Unidade	6	R\$ 4,00	R\$ 24,00
	Tê de redução, 100 x 50	Unidade	1	R\$ 6,50	R\$ 6,50
	Pasta lubrificante bisnaga 160 g	Unidade	1	R\$ 4,95	R\$ 4,95
	Conjunto flutuante de sucção	Unidade	1	R\$ 275,00	R\$ 275,00
	Freio d'água	Unidade	1	R\$ 94,00	R\$ 94,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 485,05
Cobertura	Telhas metálicas de aço galvanizado ondulado	Unidade	1,00	R\$ 1.250,00	R\$ 1.250,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 1.250,00
Revestimento	Geomembrana de PVC	Unidade	1,00	R\$ 1.250,00	R\$ 1.250,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 1.250,00
				<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 7.996,20</b>

5) Reservatório de ardósia de 80 m<sup>3</sup>

Item	Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor
Laje	madeirite 10 mm	Unidade	23	R\$ 2,50	R\$ 58,12
	Tela soldada MF 113, malha 10 x 20 cm, fio 4,2 mm)	m	22	R\$ 6,40	R\$ 142,08
	concreto	m <sup>3</sup>	3	R\$ 240,00	R\$ 724,75
	mão-de-obra		1	R\$ 840,00	R\$ 840,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 1.764,95
Pedras	pedra	Unidade	50	R\$ 5,00	R\$ 251,33
	frete	km	315	R\$ 2,40	R\$ 756,00
	mão-de-obra (descarregamento)	operário	4	R\$ 25,00	R\$ 100,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 1.107,33
Estrutural	madeira	Unidade	50	R\$ 4,00	R\$ 201,06
	silicone	Unidade	22	R\$ 13,00	R\$ 291,72
	tela galvanizada hexagonal para viveiro	m	62	R\$ 3,30	R\$ 204,65
	(malha 1/2; fio 2,4)				
	tela soldada MF 113 (malha 10 x 20 cm)	m	61	R\$ 6,40	R\$ 393,28
	vergalhão CA-60 4,2 mm	kg	197,16	R\$ 3,70	R\$ 729,48
	Arame recozido n°18 (BWG)	kg	1,55	R\$ 4,05	R\$ 6,28
	cimento	saco (50 kg)	27	R\$ 21,00	R\$ 571,19
	areia fina	m <sup>3</sup>	1,0	R\$ 86,00	R\$ 88,89
	areia	m <sup>3</sup>	3,1	R\$ 81,00	R\$ 251,16
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 2.737,71
Mão-de-obra construção	01 empreendedor, 01 pedreiro, 4 serventes	diária	5	R\$ 200	R\$ 1.000,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 1.000,00
Tubos e Conexões	Tubo PVC esgoto série normal DN 100 mm	Unidade	1	R\$ 23,00	R\$ 23,00
	Tubo PVC esgoto série normal DN 50 mm	Unidade	1	R\$ 18,00	R\$ 18,00

	Adaptador para caixa d'água com rosca e flange e registro de fechamento rápido, em PVC, DN 40 mm	Unidade	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
	Tê de redução, 40 x 25	Unidade	1	R\$ 2,50	R\$ 2,50
	Joelho 90, DN 40	Unidade	2	R\$ 0,80	R\$ 1,60
	Registro, DN 25	Unidade	1	R\$ 12,00	R\$ 12,00
	Mangueira cristal, DN 25	m	2,5	R\$ 3,00	R\$ 7,50
	Bico de mamadeira, rosca interna 3/4"	Unidade	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
	Joelho 90, DN 100	Unidade	6	R\$ 4,00	R\$ 24,00
	Tê de redução, 100 x 50	Unidade	1	R\$ 6,50	R\$ 6,50
	Pasta lubrificante bisnaga 160 g	Unidade	1	R\$ 4,95	R\$ 4,95
	Conjunto flutuante de sucção	Unidade	1	R\$ 275,00	R\$ 275,00
	Freio d'água	Unidade	1	R\$ 94,00	R\$ 94,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 485,05
Cobertura	Telhas metálicas de aço galvanizado ondulado	Unidade	1	R\$ 1.460,00	R\$ 1.460,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 1.460,00
				<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 8.555,03</b>

6) Reservatório de ardósia de 250 m<sup>3</sup>

Item	Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor
Laje	madeirite 10 mm	Unidade	37	R\$ 2,50	R\$ 92,68
	Tela soldada MF 113, malha 10 x 20 cm, fio 4,2 mm)	m	35	R\$ 6,40	R\$ 226,56
	concreto	m3	8	R\$ 240,00	R\$ 1.889,20
	mão-de-obra		1	R\$ 840,00	R\$ 840,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 3.048,44
Pedras	pedra	Unidade	85	R\$ 5,00	R\$ 424,12
	frete	km	276	R\$ 2,40	R\$ 662,40
	mão-de-obra (descarregamento)	operário	4	R\$ 25,00	R\$ 100,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 1.186,52
Estrutural	madeira	Unidade	85	R\$ 4,00	R\$ 339,29
	silicone	Unidade	38	R\$ 13,00	R\$ 492,28
	tela galvanizada hexagonal para viveiro (malha 1/2; fio 2,4)	m	103	R\$ 3,30	R\$ 341,50
	tela soldada MF 113 (malha 10 x 20 cm)	m	103	R\$ 6,40	R\$ 658,68
	vergalhão CA-60 4,2 mm	kg	329	R\$ 3,70	R\$ 1.217,27
	Arame recozido n°18 (BWG)	kg	2,59	R\$ 4,05	R\$ 10,48
	cimento	saco (50 kg)	45	R\$ 21,00	R\$ 953,14
	areia fina	m3	1,7	R\$ 86,00	R\$ 148,33
	areia	m3	5,2	R\$ 81,00	R\$ 419,11
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 4.580,08
Mão-de-obra construção	01 empreendedor, 01 pedreiro, 4 serventes	diária	7	200	R\$ 1.400,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 1.400,00
Tubos e Conexões	Tubo PVC esgoto série normal DN 100 mm	Unidade	1	R\$ 23,00	R\$ 23,00
	Tubo PVC esgoto série normal DN 50 mm	Unidade	1	R\$ 18,00	R\$ 18,00

	Adaptador para caixa d'água com rosca e flange e registro de fechamento rápido, em PVC, DN 40 mm	Unidade	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
	Tê de redução, 40 x 25	Unidade	1	R\$ 2,50	R\$ 2,50
	Joelho 90, DN 40	Unidade	2	R\$ 0,80	R\$ 1,60
	Registro, DN 25	Unidade	1	R\$ 12,00	R\$ 12,00
	Mangueira cristal, DN 25	m	2,5	R\$ 3,00	R\$ 7,50
	Bico de mamadeira, rosca interna 3/4"	Unidade	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
	Joelho 90, DN 100	Unidade	6	R\$ 4,00	R\$ 24,00
	Tê de redução, 100 x 50	Unidade	1	R\$ 6,50	R\$ 6,50
	Pasta lubrificante bisnaga 160 g	Unidade	1	R\$ 4,95	R\$ 4,95
	Conjunto flutuante de sucção	Unidade	1	R\$ 275,00	R\$ 275,00
	Freio d'água	Unidade	1	R\$ 94,00	R\$ 94,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 485,05
Cobertura	Telhas metálicas de aço galvanizado ondulado	Unidade	1	R\$ 4.490,00	R\$ 4.490,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 4.490,00
				<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 15.190,08</b>

7) Reservatório de chapas de aço galvanizado de 200 m<sup>3</sup>

Item	Discriminação	Unidade	Quantidade	Valor unitário	Valor
Laje	madeirite 10 mm	Unidade	32	R\$ 2,50	R\$ 80,11
	Tela soldada MF 113, malha 10 x 20 cm, fio 4,2 mm)	m	31	R\$ 6,40	R\$ 195,84
	concreto	m <sup>3</sup>	6	R\$ 240,00	R\$ 1.402,43
	mão-de-obra	Unidade	1	R\$ 840,00	R\$ 840,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 2.518,38
Parede e cobertura do reservatório	Uma estrutura metálica em chapa de aço galvanizado corrugado e calandrado com espessura de 1,55 mm, com cobertura em telha aço galvanizado corrugada espessura de 0,43 mm, com tesouras metálicas em chapa de aço galvanizado com 2,00 mm de espessura, com contraventamento, sem soldas, totalmente aparafusadas, entregues e instaladas em Piratuba (SC).	Unidade	1	R\$ 18.190,00	R\$ 18.190,00
				<b>SUB-TOTAL</b>	R\$ 18.190,00
Tubos e Conexões	Tubo PVC esgoto série normal DN 100 mm	Unidade	1	R\$ 23,00	R\$ 23,00
	Tubo PVC esgoto série normal DN 50 mm	Unidade	1	R\$ 18,00	R\$ 18,00
	Adaptador para caixa d'água com rosca e flange e registro de fechamento rápido, em PVC, DN 40 mm	Unidade	1	R\$ 15,00	R\$ 15,00
	Tê de redução, 40 x 25	Unidade	1	R\$ 2,50	R\$ 2,50
	Joelho 90, DN 40	Unidade	2	R\$ 0,80	R\$ 1,60
	Registro, DN 25	Unidade	1	R\$ 12,00	R\$ 12,00
	Mangueira cristal, DN 25	m	2,5	R\$ 3,00	R\$ 7,50
	Bico de mamadeira, rosca interna 3/4"	Unidade	1	R\$ 1,00	R\$ 1,00
	Joelho 90, DN 100	Unidade	6	R\$ 4,00	R\$ 24,00

	Tê de redução, 100 x 50	Unidade	1	R\$ 6,50	R\$ 6,50
	Pasta lubrificante bisnaga 160 g	Unidade	1	R\$ 4,95	R\$ 4,95
	Conjunto flutuante de sucção	Unidade	1	R\$ 275,00	R\$ 275,00
	Freio d'água	Unidade	1	R\$ 94,00	R\$ 94,00
	Mão-de-obra	Unidade	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
				<b>SUB- TOTAL</b>	R\$ 585,05
				<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 21.293,43</b>