UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS–GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE

BÁRBARA CRISTINA CASTRO DE MELO ROCHA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE DESCARTE DE ÁGUA DE CHUVA COLETADA EM COBERTURAS DE TRÊS DIFERENTES TIPOS DE MATERIAIS

Goiânia - GO
2010

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS–GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE

BÁRBARA CRISTINA CASTRO DE MELO ROCHA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE DESCARTE DE ÁGUA DE CHUVA COLETADA EM COBERTURAS DE TRÊS DIFERENTES TIPOS DE MATERIAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Engenharia do Meio Ambiente.

Área de concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Orientador: Prof. José Vicente Granato de Araújo, Ph.D.

Goiânia - GO
2010

BÁRBARA CRISTINA CASTRO DE MELO ROCHA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DO SISTEMA DE DESCARTE DE ÁGUA DE CHUVA COLETADA EM COBERTURAS DE TRÊS DIFERENTES TIPOS DE MATERIAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Engenharia do Meio Ambiente – PPGEMA da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás para obtenção do título de Mestre em Engenharia do Meio Ambiente, aprovada em 20 de maio de 2010, pela banca examinadora, composta pelos seguintes professores:

Prof. José Vicente Granato de Araújo, Ph. D.
Presidente da Banca - UFG

Profa. Dra. Marina Sangoi de Oliveira Ilha
Examinador Externo - UNICAMP

Prof. Dr. Klebber Teodomiro Martins Formiga
Examinador Interno - UFG

Prof. MSc. Ricardo Prado Abreu Reis
Examinador Interno - UFG

Às minhas filhas queridas

Julia e Marina

Obrigada por terem se tornado quem são e obrigada por estarem ao meu lado a cada desafio que se apresenta em minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus ter me mantido com saúde permitindo assim a conclusão deste trabalho, com alegria e determinação.

Ao Prof. José Vicente Granato de Araújo por ter me recebido como sua orientanda no PPGEMA, acreditando no meu potencial.

Aos Profs. Klebber Teodomiro Martins Formiga e Eduardo Queija de Siqueira pela participação na minha qualificação com valiosas contribuições.

Ao Prof. Ricardo Prado de Abreu Reis, meu agradecimento especial pela confiança na minha capacidade de desenvolver esta pesquisa, pelos conhecimentos técnicos transmitidos e pela amizade e carinho durante este período de convivência.

À Profa. Dra. Marina Sangoi de Oliveira Ilha, pela atenção e disponibilidade.

Aos professores do PPGEMA, pela contribuição ao meu crescimento profissional por meio de todos os ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários da portaria da EEC-UFG, Luiz Mauro e Wilian que colaboraram com o sucesso de cada coleta efetuada e aos demais funcionários da EEC-UFG.

Aos funcionários e amigos da SANEAGO pela presteza e precisão nas análises das amostras e no fornecimento de dados necessários à execução da pesquisa.

À ANA pelo apoio financeiro, através do convênio firmado entre esta Instituição e a Universidade Federal de Goiás, a SANEAGO e o Ministério das Cidades.

À amiga Daniela Fonseca Camplesi, pelos ensinamentos na análise dos parâmetros e leitura dos resultados e pelo carinho, paciência e incentivo.

Às amigas, Alyne, Jeanete, Fernanda e Valéria, pela valiosa ajuda nos grupos de estudos e alegria nos encontros, sem os quais eu não alcançaria sucesso neste trabalho.

Aos novos amigos do PPGEMA por terem participado juntos nessa caminhada.

À amiga Carolina Gontijo Guimarães pelo apoio e ajuda durante todo o período da pesquisa.

Aos colegas e amigos da Divisão de Fiscalização de Edificações e Loteamentos da Prefeitura Municipal de Goiânia pelo incentivo durante a elaboração deste trabalho.

Aos colegas e amigos do Instituto Federal de Goiás que contribuíram para que o andamento da pesquisa não fosse prejudicado.

Aos meus queridos genros que me apoiaram e incentivaram todo o tempo.

À minha mãe Maria Alice, minhas irmãs e irmãos, cunhados e cunhadas, sobrinhos e sobrinhas que, mesmo à distância me incentivaram a continuar sempre, através dos estudos, crescendo como profissional.

À todos os meus colegas, companheiros e amigos que de uma maneira ou outra contribuíram com o sucesso de mais esta etapa de vida realizada.

ROCHA, B. C. C. M. (2010). A**valiação do desempenho do sistema de descarte de água de chuva coletada em coberturas de três diferentes tipos de materiais.** Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010. 186p.

RESUMO

A escassez de água tem se tornado um dos grandes problemas mundiais, o que vem levando a necessidade de estudos de novas metodologias e técnicas de conservação de água. Visando a obtenção de soluções eficazes para minimizar esse problema, dentro do ambiente construído, vários estudos estão sendo realizados em busca de sistemas prediais hidráulicos e sanitários mais sustentáveis ou que promovam menor impacto ambiental. Dentre as possíveis tecnologias que visam à conservação de água em edificações, os sistemas de aproveitamento de águas de chuva podem ser uma alternativa viável e de grande potencial para a solução desse problema. O objetivo deste trabalho consiste em estudar as condições ideais do processo de descarte da água da chuva coletadas em três coberturas de diferentes tipos de materiais: metálico, cimento amianto e barro, situadas em uma mesma localidade, visando identificar o volume ideal de descarte e padrões de qualidade de água que viabilizem sua posterior utilização. Para tanto, foram instaladas unidades experimentais de captação, descarte e armazenamento de água de chuva em três edificações na área da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás. Após o monitoramento do volume de descarte correlacionado com a avaliação da qualidade da água de chuva coletada em cada tipo de cobertura e, com a água de chuva coletada diretamente da atmosfera, foram avaliados os processos com base nos parâmetros observados e nos critérios estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), de forma a identificar a melhor forma de viabilizar a implantação de unidades de descarte em sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações. Foi verificado que o processo de descarte de água de chuva é essencial para a obtenção de água de melhor qualidade nestes sistemas. Também foi possível observar que o descarte por tempo não se mostrou suficiente para garantir a captação de água de chuva de qualidade assegurada. Dentre os telhados avaliados, a cobertura de telhas metálicas proporcionou a obtenção de uma água de melhor qualidade após o descarte dos primeiros 100 litros coletados (correspondente a 1,33 mm de chuva para as áreas de contribuição estudadas). Presume-se que este resultado tenha sido obtido devido a sua superfície de contato ser mais lisa que os outros telhados estudados e, também de não haver sobreposição de telhas. Por outro lado, os 2 mm de descarte de água de chuva, sugeridos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), não se mostraram suficientes para garantir que a água de chuva coletada possa ser utilizada sem que haja risco aos usuários e às instalações hidráulicas, exigindo para tanto ao menos um tratamento simplificado.

Palavras-chave: aproveitamento de água de chuva; descarte de água de chuva; sistemas prediais; qualidade da água de telhados.

ROCHA, B. C. C. M. (2010)**. Performance assessment of disposal units from Rainfal collection system from roofs made by three different materials.** Master Thesis, School of Civil Engineering, Federal University of Goiás, Goiânia, 2010. 186p .

ABSTRACT

The water shortage has become one of the world's main problems, leading to the development of new technologies and practices of water conservation. In order to obtain more effective solutions to solve this problem, new researches have been carried on to create hydraulic and sanitary systems more sustainable or, at least, system that causes less impact to the environment. Among the technologies economically available on water conservation in buildings, the use of rainfall collected from roofs can be of great potential to become a viable solution. The objective of this work is to study the ideal conditions for the disposal process of rainfall collected from three roofs made of different materials: metal, asbestos cement and ceramic tiles, located nearby, with the purpose of identifying both the ideal volume of disposal and the achievement of water quality standards, so that it becomes feasible for future uses. To do so, experimental units were installed to collect, dispose and store rainwater from three buildings located within the area of the School of Civil Engineering at Federal University of Goiás. After monitoring the volume of disposal correlating it with the quality assessment of the rainwater collected in each type of roof and with the rainwater collected directly from the atmosphere, the processes were evaluated based on the observed parameters and on the criteria established by the NBR 15,527 (ABNT, 2007), in order to identify the best way to implement disposal units in rainwater usage systems in buildings. It had been found that the rainwater disposal process is essential for obtaining water with better quality from these systems. It had also been observed that the disposal based on time does not seem to be securely enough to guarantee the necessarily quality in the collected water. Among the roofs in study, the metal roof gave water with the best quality after the disposal of the first 100 liters collected (this corresponds to 1,33 mm of accumulated rainfall in the area of study). It is presumed that the metal roof is the best choice to collect rainfall water because it is smoother and has almost no overlapping tiles. On the other hand, the 2 mm rainwater disposal suggested by NBR 15,527 (ABNT, 2007) has shown to be insufficient to guarantee the safe and secure use of the collected water to both users and hydraulic installations, requiring for this purpose the installation of at least a simplified water treatment unit.

Key-words: rainfall collection; rainwater disposal; sustainable building systems, water quality from roofs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Comparativo do aumento da demanda por água nos continentes 1
Figura 2 – Aumento da demanda por água na América do Sul e Central até 2030..... 2
Figura 3 – Regiões hidrográficas brasileiras 2
Figura 4 – Indicadores de consumo de água faturada por tipo de consumo..... 5
Figura 5 – Volumes mensais de água faturada na cidade de Goiânia 5
Figura 6 – Reservatórios de água de chuva para uso público, no Japão..... 12
Figura 7 – Isoietas anuais no país entre 1961 e 1990 13
Figura 8 – Projeto de captação de água de chuva denominado “1-2-1” (Zhu)..... 26
Figura 9 – Sistema de coleta experimental de água de chuva 28
Figura 10 – Sistema de captação de água de chuva em dois pontos distintos..... 30
Figura 11 – Esquema do sistema de captação de água de chuva em três diferentes tipos de telhados..... 31
Figura 12 – Montagem de telhados conjugados para a coleta da água de chuva 34
Figura 13 – Sistema de coleta de água de chuva por meio de garrafas alinhadas..... 34
Figura 14 – Amostrador com funil de coleta e tubulações de armazenamento..... 35
Figura 15 – Área de captação de água de chuva..... 37
Figura 16 – Grelha para retenção de sólidos grosseiros 39
Figura 17 – Sistemas de retenção de sólidos grosseiros por meio de grade sobre a calha 40
Figura 18 – Grade incorporada à calha para retenção de sólidos grosseiros..... 40
Figura 19 – Sistema de descarte por gravidade 40
Figura 20 – Sistema de descarte com fechamento do sistema após coleta do volume pretendido..... 41
Figura 21 – Exemplos de reservatórios executados artesanalmente..... 42
Figura 22 - Exemplos de Reservatório de água de chuva 42
Figura 23 – Membrana de filtração colocada sobre a calha 43
Figura 24 – Filtros para descarte de material grosseiro..... 44
Figura 25 – Esquema do sistema de coleta, armazenamento e tratamento de água de chuva.. 46
Figura 26 – Fluxograma das etapas de realização da pesquisa..... 48
Figura 27 – Índice de precipitação mensal acumulada de Goiânia entre 2000 e 2010..... 49
Figura 28 – Hietograma de projeto para Goiânia baseado no processo de blocos alternados.. 50
Figura 29 - Localização frontal da área de coleta na UFG..... 52
Figura 30 – Vista aérea posterior dos telhados..... 52
Figura 31 – Localização dos pluviógrafos e local da pesquisa..... 52
Figura 32 – Disposição das edificações utilizadas na coleta na EEC-UFG na Etapa 1 54

Figura 33 – Disposição dos equipamentos ao longo do experimento 55
Figura 34 - Disposição das calhas nas edificações 56
Figura 35 – Coleta de água sem passar por nenhum tipo de cobertura 56
Figura 36 – Localização das coberturas de diferentes materiais na EEC-UFG na Etapa 2 57
Figura 37 – Esquema das medidas a serem utilizadas nos telhados 58
Figura 38 – Padrão de cobertura em telhas metálicas 59
Figura 39 – Padrão de cobertura em telhas de cimento amianto 60
Figura 40 – Padrão de cobertura em telhas de barro 61
Figura 41 – Esquema do sistema de captação de água de chuvas das coberturas 63
Figura 42 – Esquema dos componentes do sistema de captação de água de chuva 64
Figura 43 - Vista do sistema instalado para captação da água da CTM 66
Figura 44 – Vista do sistema instalado para captação da água da CTCA 66
Figura 45 – Vista do sistema instalado para captação da água da CTB 67
Figura 46 – Detalhe do Filtro Wisy WFF 150 67
Figura 47 – Índices de precipitação acumulada em Goiânia 72
Figura 48 – Amostras das águas de chuva coletadas na primeira etapa da pesquisa 75
Figura 49 – Turbidez presente nas amostras ao longo das coletas efetuadas 75
Figura 50 – Cor aparente presente nas amostras ao longo das coletas efetuadas 76
Figura 51 – Alcalinidade presente nas amostras ao longo das coletas efetuadas 77
Figura 52 – Teor de dureza presente nas amostras ao longo das coletas efetuadas 78
Figura 53 – Condutividade presente nas amostras ao longo das coletas efetuadas 78
Figura 54 – Sólidos totais presentes nas amostras ao longo das coletas efetuadas 79
Figura 55 – Variação do pH presente nas amostras ao longo das coletas efetuadas 80
Figura 56 – Coliformes totais presentes nas amostras ao longo das coletas efetuadas 80
Figura 57 – Índices de precipitação média mensal em Goiânia 83
Figura 58 – Turbidez presente em cada galão de armazenamento provisório após coleta 88
Figura 59 – Turbidez presente nas amostras do galão 6 e pontos R1 e R2 da bombona de armazenamento dos três tipos de cobertura 91
Figura 60 – Cor aparente presente em cada galão de armazenamento provisório após coleta. 95
Figura 61 – Cor aparente presente nas amostras do galão 6 e pontos R1 e R2 da bombona de armazenamento dos três tipos de cobertura 97
Figura 62 – Variação do pH presente nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura 101
Figura 63 – Condutividade presente nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura 104
Figura 64 – Sólidos dissolvidos presentes nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura 107
Figura 65 – Alcalinidade presente nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura 110

Figura 66 – Teor de dureza presente nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura 112
Figura 67 – Sólidos totais presentes nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura 114
Figura 68 – Sólidos voláteis e fixos presentes nas amostras coletadas dos galões de armazenamento provisório 1 e 6 dos três tipos de cobertura 116
Figura 69 – Ferro total presente nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura 119
Figura 70 – Coliformes totais presentes nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura . 121
Figura 71 – *E coli* presente nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura 122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Referências legais para qualidade de água 25
Tabela 2 – Resultados das análises de amostras coletadas em diferentes volumes de precipitação 27
Tabela 3 – Resultados das análises efetuadas em águas coletadas em dois tipos de cobertura 28
Tabela 4 – Resultados de análises da precipitação livre e coletada de telhado 29
Tabela 5 – Valores dos parâmetros da chuva coletados nos diversos pontos do telhado e nos reservatórios de detenção 30
Tabela 6 – Resultados de análises efetuadas em águas coletadas em dois tipos de cobertura . 32
Tabela 7 – Valores dos parâmetros da chuva coletada em três diferentes pontos da cidade de Natal-RN 36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estimativa de consumo em residência na Suécia 14
Quadro 2 – Estimativa de consumo interno de uma casa nos EUA 14
Quadro 3 – Estimativa de consumo interno em residência na Alemanha 15
Quadro 4 – Estimativa do consumo interno em edificações unifamiliares em Goiânia – GO . 15
Quadro 5 – Requisitos mínimos de qualidade de água para usos não potáveis 16
Quadro 6 – Faixa de valores de pH na água em relação à concentração de $CaCO_3$ 21
Quadro 7 – Determinação do grau de dureza de acordo com a concentração de $CaCO_3$ 22
Quadro 8 – Descarte recomendado desde o início da precipitação em mm 35
Quadro 9 – Coeficientes de escoamento superficial médios 38
Quadro 10 – Coeficientes de escoamento superficial adotados em diferentes localidades 38
Quadro 11 – Coeficiente de escoamento superficial adotados para superfícies de telhados 38
Quadro 12 – Necessidade de tratamento de água por diferentes usos 43

Quadro 13 – Parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos selecionados para análise 51
Quadro 14 – Relação dos métodos e equipamentos utilizados nas análises de água de chuva 53
Quadro 15 – Relação de peças e quantitativos utilizados nas coberturas estudadas 63
Quadro 16 – Total de análises realizadas e respectivo custo total..... 69
Quadro 17 – Dados das coletas efetuadas nos telhados na Etapa 1 (set/08 a abr/09) 73
Quadro 18 – Resultados obtidos e padrões estabelecidos pela NBR 15.527/07 81
Quadro 19 – Coletas efetuadas durante a Etapa 2 do período experimental 84
Quadro 20 – Necessidade de volume de acordo com o grau de turbidez e cor aparente 99
Quadro 21 – Resultados das análises de zinco e chumbo das amostra dos três tipos de coberturas..... 123
Quadro 22 – Resultados obtidos e padrões estabelecidos pela NBR 15.527/07 124

LISTA DE QUADROS – APÊNDICE A

Quadro A 1 – Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas metálicas – Etapa 1 – setembro/2008 a abril/2009 135
Quadro A 2 – Resultado das análises das água escoadas da cobertura em telhas de cimento amianto – Etapa 1– setembro/2008 a abril/2009 136
Quadro A 3 – Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de barro – Etapa 1 – setembro/2008 a abril/2009 137
Quadro A 4 – Resultado das análises das águas captadas diretamente da atmosfera – Etapa 1– setembro/2008 a abril/2009 138

LISTA DE QUADROS – APÊNDICE B

Quadro B 1- Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas metálicas – Etapa 2 - 19/set/2009 e 29/set/2009..... 140
Quadro B 2 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas metálicas – Etapa 2 - 18/out/2009 e 09/Nov/2009 141
Quadro B 3 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas metálicas – Etapa 2 - 19/Nov/2009 e 06/dez/2009 142
Quadro B 4 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas metálicas – Etapa 2 - 15/dez/2009 e 07/jan/2010 143
Quadro B 5 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas metálicas – Etapa 2 - 21/jan/2010 e 10/fev/2010..... 144

Quadro B 6 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de cimento amianto – Etapa 2 - 19/set /2009 e 29/set/2009 145
Quadro B 7 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de cimento amianto – Etapa 2 - 18/out/2009 e 09/Nov/2009 146
Quadro B 8 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de cimento amianto – Etapa 2 - 19/Nov/2009 e 06/dez/2009 147
Quadro B 9 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de cimento amianto – Etapa 2 - 15/dez/2009 e 07/jan/2010 148
Quadro B 10 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de cimento amian- Etapa 2 - 21/jan/2010 e 10/fev2010 149
Quadro B 11 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de barro – Etapa 2- 19/set/2009 e 29/set/2009 150
Quadro B 12 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de barro – Etapa 2 - 18/out/2009 e 09/Nov/2009 151
Quadro B 13 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de barro – Etapa 2 - 19/Nov/2009 e 06/dez/2009 152
Quadro B 14 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de barro – Etapa 2 -15/dez/2009 e 07/jan/2010 153
Quadro B 15 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de barro – Etapa 2 - 21/jan/2010 e 10/fev/2010 154

LISTA DE TABELAS – APÊNDICE C

Tabela C 1–Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade do galão de armazenamento provisório M1 156
Tabela C 2- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário M2 156
Tabela C 3-Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário M3 156
Tabela C 4- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário M4 156
Tabela C 5- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário M5 156
Tabela C 6- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário M6 156

Tabela C 7- Teste Anova para comprovação dos dados dos galões M1 a M5 157
Tabela C 8- Teste de análise de regressão linear para o galão de armazenamento provisório M6 158
Tabela C 9- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento RM1 158
Tabela C 10- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento RM2 158
Tabela C 11- Teste T Student para comprovação dos dados pareados da bombona de armazenamento M 158
Tabela C 12- Teste de regressão linear para comprovação dos dados pareados do galão de armazenamento provisório M6 e bombona de armazenamento M 159
Tabela C 13- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário C1 159
Tabela C 14- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário C2 159
Tabela C 15- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário C3 160
Tabela C 16- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário C4 160
Tabela C 17- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário C5 160
Tabela C 18- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário C6 160
Tabela C 19- Teste Anova para comprovação entre os galões de armazenamento temporário C1 a C5 160
Tabela C 20- Teste de análise de regressão linear para o galão de armazenamento provisório C6 161
Tabela C 21- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade na bombona de armazenamento RC1 162
Tabela C 22- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade na bombona de armazenamento RC2 162
Tabela C 23 - Teste T Student para comprovação dos dados pareados na bombona de armazenamento C 162
Tabela C 24- Teste de regressão linear para comprovação dos dados pareados do galão de armazenamento provisório C6 e bombona de armazenamento M 163

Tabela C 25- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário B1 163
Tabela C 26- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário B2 163
Tabela C 27- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário B3 163
Tabela C 28- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário B4 163
Tabela C 29- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário B5 164
Tabela C 30- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário B6 164
Tabela C 31- Teste Anova para comprovação de dados dos galões de armazenamento provisório B1 a B5 164
Tabela C 32- Teste de análise de regressão linear para o galão de armazenamento provisório B6 165
Tabela C 33- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade na bombona de armazenamento RB1 165
Tabela C 34- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade na bombona de armazenamento RB2 165
Tabela C 35- Teste T Student para dados pareados das coletas da bombona de armazenamento B 166
Tabela C 36- Teste de regressão linear para comprovação dos dados pareados do galão de armazenamento provisório M6 e bombona de armazenamento M 166

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CEDIPLAC	Centro de Desenvolvimento e Documentação da Infra-Estrutura Urbana e Habitação
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
EEC	Escola de Engenharia Civil
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PBQP-H	Programa Nacional de Qualidade e Produtividade em Habitação
PCA	Programa de Conservação da Água
PGUAE	Programa de Gestão do Uso da Água nas Edificações
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PRFV	Plástico Reforçado com Fibra de Vidro
PURA	Programa de Uso Racional da Água
PVC	Policloreto de Vinila
RNA	Ácido Ribonucleico
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANEAGO	Saneamento de Goiás S/A
SIMEHGO	Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás
UnVMP	Unidade de Valor Máximo Permitido
UFG	Universidade Federal de Goiás
UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
UNICAMP	Universidade de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
UV	Ultra Violeta
VMP	Valor Máximo Permitido

LISTA DE SÍMBOLOS

$CaCO_3$	Bicarbonato de Cálcio
CO_2	Gás carbônico
CO_3^{2-}	Carbonato
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
HCO_3	Bicarbonato
HO	Hidróxido
mg/L	Miligrama por Litro
nm	Nanômetro – 1 nm = 10^{-9} m
NMP	Número Mais Provável
NO_x	Número de oxidação
OD	Oxigênio dissolvido
Org	Orgânico
pH	Potencial Hidrogeniônico
SO_2	Dióxido de Enxofre
SD	Sólidos dissolvidos
ST	Sólidos totais
SST	Sólidos solúveis totais
SS	Sólidos em suspensão
uH	Unidade de Hazen
uT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
µS	Microsiemens
µm	Micron

SUMÁRIO

RESUMO vii
ABSTRACT viii
LISTA DE FIGURAS..... .ix
LISTA DE TABELAS.....xiii
LISTA DE QUADROS.....xiv
LISTA DE QUADROS - APÊNDICE A.....xv
LISTA DE QUADROS - APÊNDICE B.....xv
LISTA DE TABELAS - APÊNDICE C.....xvi
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....xx
LISTA DE SÍMBOLOS.....xxi

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 JUSTIFICATIVA.....4
1.2 OBJETIVOS 6
1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO 7

2 REVISÃO DA LITERATURA 8

2.1 HISTÓRICO DE PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL 8
2.2 ÁGUA DE CHUVA COMO FONTE DE ABASTECIMENTO.....11
2.3 POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA.....13
2.4 QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA PARA UTILIZAÇÃO NÃO POTÁVEL 16
2.4.1 Parâmetros de qualidade da água de chuva 17
2.4.1.1 *Padrões Físicos de Qualidade da Água* 18
2.4.1.2 *Padrões Químicos de Qualidade das Águas* 20
2.4.1.3 *Padrões Bacteriológicos de Qualidade da Água* 23
2.4.2 Normalização 24
2.5 COLETA DE ÁGUA DE CHUVA EM DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA PARA UTILIZAÇÃO NÃO POTÁVEL.....25
2.6 DESCARTE DE ÁGUAS DE CHUVA.....32
2.7 SISTEMAS PREDIAIS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA 36
2.7.1 Parâmetros necessários.....37
2.7.1.1 *Intensidade de chuva*.....37
2.7.1.2 *Áreas de captação de água pluvial* 37

2.7.1.3 *Coeficiente de escoamento superficial* 37

2.7.1.4 *Vazão de projeto* 39

2.7.2 Componentes do Sistema de Captação 39

2.7.2.1 *Gradeamento* 39

2.7.2.2 *Unidades de descarte* 40

2.7.2.3 *Unidades de Armazenamento* 41

2.7.3 Sistemas de tratamento 43

2.7.3.1 *Filtração* 43

2.7.3.2 Filtração lenta 44

2.7.3.3 *Desinfecção* 44

2.7.3.3.1 Cloração 45

2.7.3.3.2 Radiação Ultra violeta 45

2.7.3.3.3 Ozônio 46

3 METODOLOGIA 47

3.1 CARACTERÍSITICAS PLUVIOMÉTRICAS DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA 49

3.2 EXPERIMENTO REALIZADO 50

3.2.1 LOCAL DA PESQUISA E COLETAS DA ÁGUA DE CHUVA 51

3.2.2 EQUIPAMENTOS PARA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA 53

3.3 ETAPA 1 DO EXPERIMENTO – COLETA MANUAL 53

3.3.1 Metodologia utilizada para captação da água de chuva dos telhados 54

3.3.2 Frequência das coletas na Etapa 1 56

3.4 ETAPA 2 DO EXPERIMENTO 57

3.4.1. Critérios para estudo dos telhados 58

3.4.2 Características das coberturas 59

3.4.2.1 *Cobertura com telhas metálicas (CTM)* 59

3.4.2.2 *Cobertura com telhas em cimento amianto (CTCA)* 60

3.4.2.3. *Cobertura com telhas de barro (CTB)* 61

3.4.3 Coleta da água de chuva por volume acumulado 68

3.4.3.1 *Análises efetuadas no laboratório da concessionária de águas* 69

3.4.4 Análise estatística dos dados 70

4 RESULTADOS DA ETAPA 1 72

4.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DAS ÁGUAS COLETADAS DA ATMOSFERA 74

4.2 ANÁLISES COMPARATIVAS DOS RESULTADOS OBTIDOS DAS COLETAS NOS DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA 74

4.2.1 Turbidez 74

4.2.2 Cor Aparente 76

4.2.3 Alcalinidade 76

4.2.4 Dureza 77

4.2.5 Condutividade 78

4.2.6 Sólidos totais 78

4.2.7 pH 79

4.2.8 Coliformes totais e termotolerantes 80

4.3 QUADRO RESUMO 81

4.4 AVALIAÇÕES PRELIMINARES 81

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA ETAPA 2 83

5.1 TURBIDEZ 84

5.2 COR APARENTE 92

5.4 CONDUTIVIDADE 102

5.5 SÓLIDOS DISSOLVIDOS 105

5.7 ALCALINIDADE 108

5.8 DUREZA 111

5.6 SÓLIDOS TOTAIS 113

5.9 FERRO TOTAL 117

5.10 COLIFORMES TOTAIS 120

5.11 Escherichia Coli – E coli 120

5.12 ZINCO E CHUMBO 123

5.13 QUADRO RESUMO 123

5.14 RESULTADOS DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS 124

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 125

REFERÊNCIAS 128

APÊNDICE A 134

APÊNCICE B 139

APÊNDICE C 155

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e sua concentração em centros urbanos, juntamente com a necessidade de aumento da produção agrícola e do desenvolvimento industrial contribuem para o aumento da demanda por água e, também, para a sua degradação. Desta forma, nos deparamos com uma redução contínua de disponibilidade hídrica. O uso intensivo de água, assim como seu mau uso impossibilita a sua renovação natural em tempo hábil capaz de afetar o equilíbrio natural do ciclo hidrológico. Segundo Oliveira (1999), a importância deste equilíbrio no balanço hídrico deve-se a troca de água entre oceanos, rios, terra e atmosfera não ser somente uma renovação quantitativa, mas uma restauração qualitativa.

Segundo dados publicados no World Economic Forum Water (McKinsey, 2009) haverá um grande aumento na demanda por água nas áreas urbanas, segundo projeções para 2030. O gráfico da Figura 1 apresenta uma situação preocupante, já que a previsão de aumento da demanda certamente ocasionará o agravamento da escassez de água. Analisando o gráfico, nota-se que o grande aumento da demanda está concentrado nos setores doméstico e industrial e que se medidas de economia como, uma melhor gestão das águas não forem implantadas nas regiões, não serão as medidas alternativas somente, que poderão solucionar a crise que se projeta.

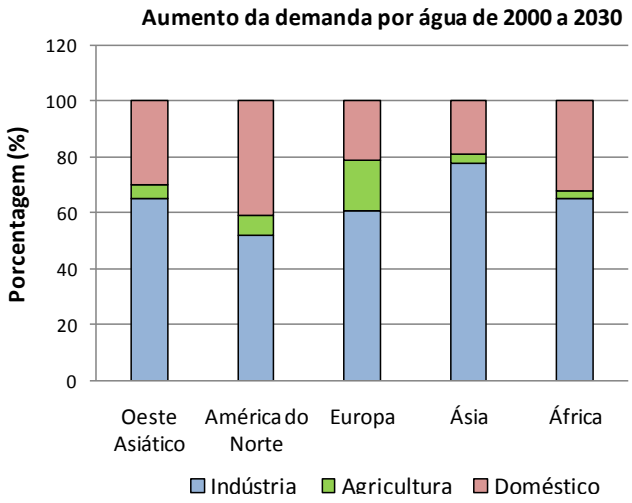


Figura 1 – Comparativo do aumento da demanda por água nos continentes
Fonte: McKinsey (2009)

Na América do Sul e América Central, como apresentado no gráfico da Figura 2, observa-se que a projeção da demanda por água no uso industrial e doméstico para 2030 é de 97%, sinalizando para que ocorram mais estudos voltados para a conservação e utilização racional da água no ambiente construído.

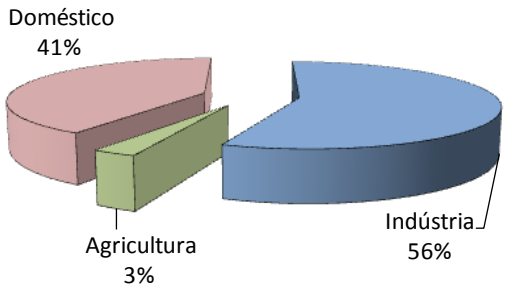


Figura 2 – Aumento da demanda por água na América do Sul e Central até 2030
Fonte: McKinsey (2009)

Além do crescimento populacional urbano, a preocupação com as mudanças climáticas que irão reduzir as fontes de água potável disponíveis em algumas áreas do planeta, também pode ser ressaltado como outro problema a ser solucionado de acordo com o Relatório da CIA (2009) e contribui para que se desenvolvam estudos de novas tecnologias de captação que visem o desenvolvimento com menor impacto e maior eficiência no uso da água. Porém, toda a tecnologia adquirida não será efetiva se não houver um modo de agregar valor e promover sua aplicação em larga escala.

O Brasil conta com 12% do total de água doce disponível no planeta. Por outro lado a sua distribuição ocorre de forma bastante desigual se forem comparadas as doze regiões hidrográficas do território nacional apresentadas na Figura 3.

.

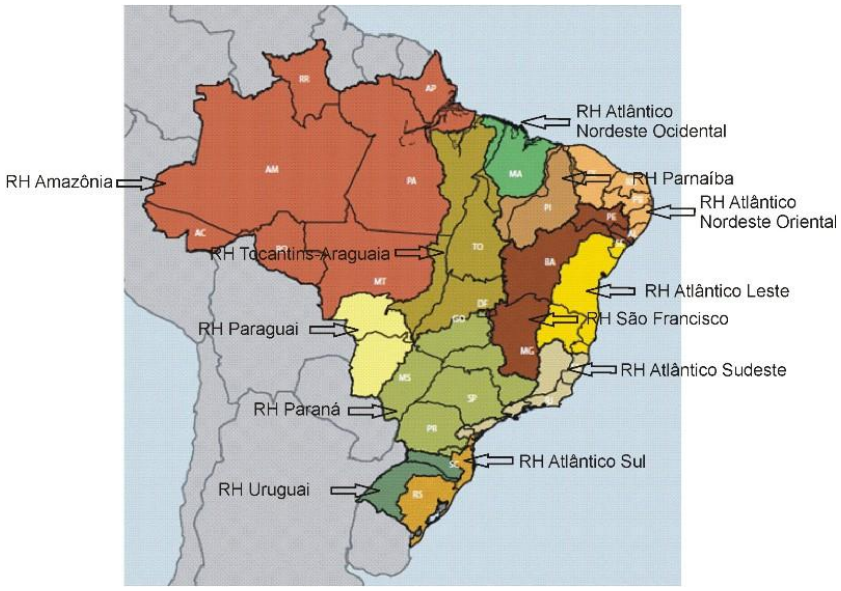


Figura 3 – Regiões hidrográficas brasileiras
Fonte: Adaptado de ANA(2009)

A maior disponibilidade hídrica no país é na região hidrográfica Amazônia, com 132 mil m³/s contrastando com a região hidrográfica Parnaíba com 753 m³/s. A Amazônia

ainda é a maior região com a menor densidade demográfica, porém com alta taxa de urbanização. A região Paraná é a mais povoada e a região Atlântico Sudeste é a que possui a maior densidade demográfica.

Essa maior densidade populacional é uma das causas da escassez de água no Brasil por estar ainda associada à concentração na região, da grande maioria das indústrias do país. Nessas regiões, a poluição dos recursos hídricos acontece com maior intensidade e gravidade, aumentando significativamente os custos para tratamento da água. A escassez de recursos hídricos também aumenta os custos de captação de água, pois os mananciais de abastecimento com água explorável são encontrados cada vez mais distantes dos centros de consumo. Em muitos casos há a necessidade de exploração de fontes alternativas, como a captação de águas de chuva, dessalinização de águas salobras ou salgadas sendo que, algumas destas fontes geram altos investimentos financeiros ou impactos ambientais.

Existe ainda o desperdício de água que, segundo Oliveira (1999), é toda água que esteja disponível para uso desde a captação até o consumo final e que seja perdida antes de ser utilizada para uma determinada atividade ou quando utilizada para uma atividade fim, é feita de forma excessiva. O desperdício ocorre também em cada domicílio, sendo ocasionados por perdas pelo mau uso da água, vazamentos ou desempenho inadequado do sistema hidráulico, muitas vezes com o uso de conexões e componentes de má qualidade. Situações como estas quando analisadas em grande escala, interferem na sustentabilidade hídrica em nível macro.

A preocupação com a sustentabilidade hídrica tem um capítulo específico apresentado na Agenda 21, com o nome de “Proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos: aplicação de critérios integrados no desenvolvimento, manejo e uso dos recursos hídricos” com objetivos diversos. Entre eles destaca-se a busca pelo desenvolvimento de novas fontes e alternativas de abastecimento de água, tais como, o uso de águas com menor qualidade e a sua reciclagem e ainda, a promoção de práticas de conservação de águas por meio de programas mais eficientes de aproveitamento e da minimização do desperdício, inclusive com o desenvolvimento de mecanismos que resultem na economia de água (ONU, 1992).

Uma agenda regional, considerando as características de disponibilidade e da demanda de água é proposta por Ilha (2009) para a redução de consumo de água a partir da implementação de alternativas tecnicamente viáveis de conservação de água em edificações residenciais. Tais ações devem considerar a educação ambiental como forma de sensibilizar o usuário quanto as questões relacionadas à utilização da água, inclusive quando tratamos da utilização de fontes alternativas da mesma.

Levando em consideração a necessidade de se promover a conservação de água no ambiente construído, o aproveitamento de águas de chuva, seria uma alternativa de abastecimento para usos que não necessitam de atender a padrões de qualidade de potabilidade (descarga de bacias sanitárias, limpeza, rega de jardins, lavagem de veículos e roupas e uso ornamental).

1.1 JUSTIFICATIVA

Este trabalho se justifica pela necessidade de melhor conhecimento das técnicas de coleta, descarte e armazenamento das águas de chuva, contribuindo para a uma aplicação mais criteriosa de sistema de aproveitamento e conseqüentemente uma menor demanda ao sistema público de abastecimento de água potável.

O aumento da urbanização, com a concentração da população em grandes cidades, aumenta drasticamente a demanda por água de qualidade, sendo um dos motivos da busca por fontes alternativas de abastecimento. Porém, a implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva para consumo humano tem-se tornado uma prática nem sempre correta, em vários municípios brasileiros. A falta de critérios para a implantação do sistema contribui com a possibilidade de utilização de água com qualidade inadequada para consumo não potável, colocando em risco a saúde pública.

Considerando a necessidade de conhecimento técnico acerca da coleta e avaliação de águas de chuva para posterior aproveitamento é fundamental, pois as águas carreiam das superfícies de escoamento e da própria atmosfera, poluentes que podem prejudicar a saúde do ser humano e degradar as instalações hidráulicas. Para tanto, a necessidade de se avaliar o volume de água que deve ser descartada para que as águas coletadas possuam qualidade ideal para consumo é um dos pontos mais importantes na implantação de sistemas de aproveitamento de águas de chuva.

A implantação do sistema, construídos com materiais impróprios sem a técnica construtiva correta da captação ao armazenamento podem gerar problemas quando o recipiente de armazenamento estiver em locais inadequados. A água, ao longo do tempo, pode perder sua qualidade devido à reprodução de elementos nocivos à saúde que porventura possam ter acesso ao sistema e o tempo de armazenamento, sem a devida desinfecção da água, propicia o crescimento de algas e de patógenos que serão certamente utilizados juntamente com a água coletada.

Em Goiânia, GO, as primeiras chuvas, acontecem normalmente no final do mês de setembro e carreiam um excessivo número de sólidos e poluentes das superfícies dos telhados, devido ao longo período de estiagem, tornando as águas a serem armazenadas para posterior

utilização não potável, de baixa qualidade com excessivo nível de poluentes, devendo ser desprezadas. Após as primeiras chuvas que carreiam grande parte da carga poluidora das superfícies, "limpando-as" torna-se viável a coleta das águas de chuva dos telhados com um aproveitamento maior em volume e qualidade das águas.

Atualmente a Companhia de Saneamento do Estado de Goiás (SANEAGO), concessionária pública encarregada da captação, tratamento e distribuição de água para a população urbana, atende aproximadamente 85,8% da população urbana com água tratada em 223 municípios e 47 localidades do estado de Goiás (SANEAGO, 2009).

Em Goiânia-GO, o faturamento devido ao consumo de água varia muito entre as categorias de abastecimento, como demonstrado no Gráfico da Figura 4, onde a categoria residencial apresenta-se com um consumo percentual bem mais elevado que os outros setores.

De uma maneira geral observa-se que a diferença do volume de água consumido no município de Goiânia, varia ao longo dos meses do ano tendo como influência, a temperatura ambiental e o período chuvoso que ocorre normalmente entre os meses de setembro e abril**.**

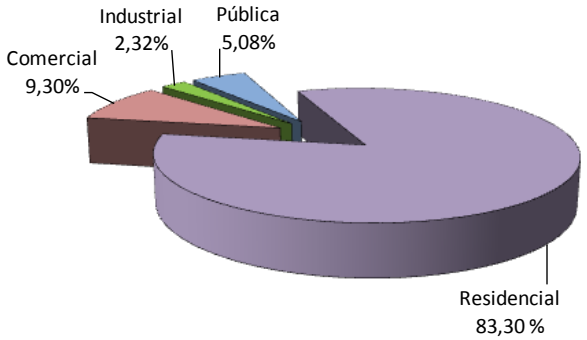


Figura 4 – Indicadores de consumo de água faturada por tipo de consumo
Fonte: SANEAGO (2009)

Os meses que apresentaram maiores indicadores de consumo de água, de acordo com o gráfico da Figura 5, são os meses de agosto, setembro e outubro, quando acontecem as temperaturas mais altas na região.

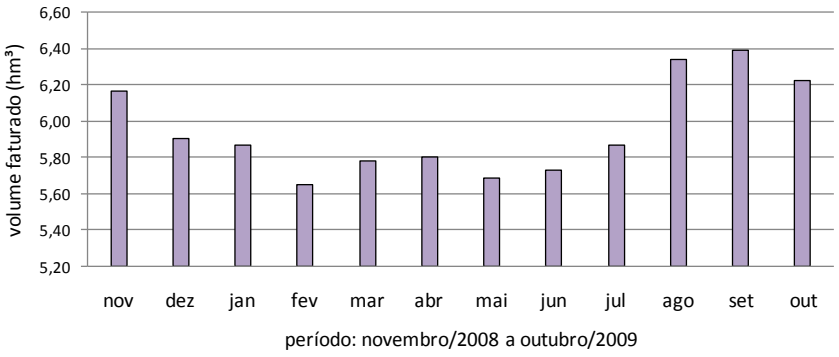


Figura 5 – Volumes mensais de água faturada na cidade de Goiânia
Fonte: SANEAGO (2009)

O indicativo anual de volume de água faturada no município não condiz com o volume de água captada para posterior distribuição, devido a perdas ocorridas e ao desperdício, que é um problema que vem preocupando os especialistas, pois segundo Miranda (2006), a média de perdas de água tratada no Brasil é de 39,4% existindo municípios com perdas entre 50% e 70%.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é avaliar o desempenho do sistema de descarte para águas de chuva coletadas de coberturas de diferentes materiais (cerâmica, metálica e cimento amianto), por meio de análises qualitativas e quantitativas, visando à concepção de sistemas prediais de aproveitamento de água.

A pesquisa desenvolvida teve por objetivos específicos:

- Determinar o volume adequado de descarte das águas de chuva escoadas nas coberturas estudadas (telhas metálicas, em cimento amianto e telhas de barro) no período do experimento, com a plotagem de um gráfico de apresentação do decaimento de poluentes nas amostras, por meio de análises da qualidade das águas armazenadas em seis reservatórios de enchimento sucessivos de 25 litros cada, que somam aproximadamente 2 mm de água escoada de cada superfície estudada
- Comparar os resultados das análises das amostras de água coletada dos três tipos de cobertura e determinar os diferentes volumes de descarte de acordo com a turbidez e cor aparente presentes na água obtida nas coletas;
- Avaliar e comparar os resultados das análises de água obtida nas coletas efetuadas, com os padrões estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) - *Água de chuva – Aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos*.
- Avaliar e comparar os resultados das análises de água obtida nas coletas efetuadas, aos dias de estiagem que antecederam cada coleta;
- Avaliar a eficiência de unidades de filtração de sólidos grosseiros em posterior armazenamento da água de chuva;
- Avaliar a necessidade de tratamento das águas a serem utilizadas;
- Identificar a importância da unidade de descarte para os sistemas prediais de aproveitamento de água de chuva.

1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho foi estruturado conforme a seqüência detalhada a seguir:

Foi apresentada a introdução do trabalho seguida da justificativa, do objetivo geral e dos objetivos específicos no Capítulo1.

No Capítulo 2 é apresentada a revisão da literatura, onde são descritos os exemplos de coleta e utilização de água de chuva e avaliação da sua qualidade.

O Capítulo 3 descreve a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho separada em Etapa 1 e Etapa 2, com os respectivos materiais constituintes do sistema de aproveitamento de água de chuva construído para captar água de três diferentes tipos de cobertura.

O Capítulo 4 apresenta os resultados e discussões dos dados obtidos das coletas efetuadas na Etapa 1 do experimento onde as águas foram coletadas após quinze minutos do início do evento de chuva e diretamente dos beirais dos telhados ou passando por calhas e condutores verticais.

No Capítulo 5 são apresentados os resultados e as discussões das análises de qualidade obtidas das coletas efetuadas dos seis galões de armazenamento provisório e dos dois pontos da bombona de armazenamento preenchidas após os eventos de chuva de cada tipo de cobertura.

O Capítulo 6 encerra o trabalho com as conclusões e recomendações, e indicações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O ciclo hidrológico, de acordo com Naghettini (2006), tem a radiação solar e a gravidade como principais agentes que determinam o seu equilíbrio, destacando-se a evaporação, precipitação, infiltração, transpiração, escoamentos superficial e subterrâneo. Como todos estes processos ocorrem concomitantemente, não é possível determinar onde é o início ou onde é o final, estabelecendo assim um círculo fechado.

A precipitação é a fase do ciclo hidrológico que ocorre após a evaporação, e pode variar de intensidade de acordo com a região ou da estação do ano, tendo ainda as diferenças climáticas como fator de interferência. Parte da precipitação é interceptada por folhagens e não atinge o solo podendo ainda retornar à atmosfera em forma de vapor. A outra parcela da precipitação que atinge o solo pode ser infiltrada no mesmo, escoada pela superfície ou ser drenada diretamente para um curso d'água.

No meio urbano, a parte da precipitação que atinge a superfície, carreando sólidos e poluentes é posteriormente infiltrada, evaporada ou escoada para os cursos d'água, podendo ser coletada e aproveitada racionalmente, diminuindo assim a demanda por água de qualidade existente atualmente.

Na revisão da literatura são descritos os procedimentos dos sistemas de aproveitamento de água de chuva, passando pelo histórico deste aproveitamento desde os tempos mais remotos, exemplos de sua aplicação em diversas partes do mundo e no Brasil e exemplos de experimentos onde foi analisada a qualidade da água descartada e coletada após descarte em diferentes tipos de cobertura.

2.1 HISTÓRICO DE PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL

A demanda por água deverá aumentar em 75% até o ano 2025 quando a disponibilidade hídrica estará cada vez menor. Uma porcentagem de aproximadamente 90% desta demanda deverá estar situada em países em desenvolvimento e a má qualidade da água e serviços de abastecimentos ineficientes, no meio urbano será prejudicial ao desenvolvimento destes países, de acordo com McKinsey (2009).

O Governo brasileiro buscou a partir de 1998, de acordo com Silva et al. (1999), através de programas nacionais, o incentivo à conservação e uso racional da água potável. O Programa Nacional Contra o Desperdício de Água (PNCDA) enumera diversos conceitos relativos aos principais produtos aplicáveis em quaisquer pontos do sistema hidráulico predial sem que seja necessária uma modificação estrutural do sistema. Enumera ainda conceitos relativos aos processos que constituirão alterações ou acréscimos nos sistemas hidráulicos

prediais, assim como novas tecnologias de instrumentação que possam contribuir para o uso racional da água.

Em 1998, o Governo Federal lançou o Programa Nacional de Qualidade e Produtividade em Habitação (PBQP-H), como um dos instrumentos do PNCDA, com o objetivo principal de combater a utilização de materiais e execução de sistemas fora dos padrões exigidos para a conservação de água, tendo resultados satisfatórios de um trabalho entre a indústria e o meio acadêmico, com a limitação do volume de água em descargas em bacias sanitárias, em apenas 6 litros.

De acordo com Gonçalves e Oliveira, (1998), é lançado o Programa de Uso Racional da Água (PURA), como resultado de uma parceria entre a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), a Universidade de São Paulo (USP) e o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), voltado para os sistemas prediais hidráulicos sanitários, com o intuito de promover o uso racional da água nestes sistemas por meios econômicos, sociais e tecnológicos.

Alguns estudos de caso foram implementados em São Paulo, voltados para escolas de ensino fundamental e hospital universitário, o que significou o início do PURA como projeto.

No ano 2000, é criada a Agência Nacional de Águas (ANA) que é um órgão do Ministério do Meio Ambiente, que tem como missão implementar e coordenar a gestão compartilhada e integrada dos recursos hídricos e regular o acesso à água, promovendo o seu uso sustentável em benefício da atual e das futuras gerações. (ANA, 2009)

No Programa de Gestão do Uso da Água nas Edificações – PGUAE em Santos (2006), há a previsão da gestão qualitativa e quantitativa da água. Para tanto, esse programa prevê ações como:

- caracterização do consumo de água;
- caracterização das ações de economia de água;
- avaliação da aplicabilidade integrada das ações de economia de água;
- confecção do plano de intervenção e de gestão de uso de água.

O programa PRO-AGUA de 2007, é resultado de uma parceria entre Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e a CEDIPLAC - Centro de Desenvolvimento e Documentação da Infra-Estrutura Urbana e Habitação e tem como objetivo melhorar a qualidade de água em sistemas de medição em edifícios. O sucesso alcançado pelo programa se deve à qualificação profissional e ao controle de qualidade dos sistemas de medição de água.

Estudos de caso têm sido executados dentro deste programa, em edificações existentes;

- No Campus da Universidade de Campinas (UNICAMP), com cerca de 250 edificações, o estudo possuiu um plano de intervenção preparado a partir dos resultados do diagnóstico do consumo. A partir deste diagnóstico foi feita a análise técnico-econômica preliminar para a definição de ações a serem implementadas.

- Em creches e escola pública de nível fundamental do Campus da Universidade de Campinas, num total de 73 unidades investigadas, após o diagnóstico, as informações foram encaminhadas à Secretaria Municipal de Educação para que providências quanto à substituição de equipamentos por economizadores fossem efetuados à medida do possível.

Outra forma de se promover a conservação da água em edificações é o PCA, Programa de Conservação de Água que é um conjunto de ações que devem ser implementadas na fase de projeto de edificações, de acordo com Sautchuk (2004). Quando da elaboração do projeto deve-se cruzar os dados de oferta e demanda de água, fazer análise quantitativa e qualitativa das necessidades do usuário, relacionar as diferentes fontes alternativas de

Em edifícios que já se encontram em funcionamento, as principais atividades que serão propostas são a sensibilização dos usuários, correção de vazamentos e instalação de componentes de poupança de água.

Nas edificações existentes, o desperdício de água, principalmente nos grandes centros urbanos é devido à utilização de água com elevado grau de qualidade para todos os fins. Essa forma de desperdício de "água nobre", de acordo com Sautchuk et al. (2005), aponta para a necessidade de uma análise sistêmica do uso da água, com a avaliação da demanda para a minimização do consumo, aliada a avaliação do uso de fontes alternativas como suprimento da oferta ao atendimento dos usos menos nobres. Dessa maneira, as fontes de suprimento de água de qualidade superior existentes, seriam em parte, resguardadas.

Fontes alternativas de água, ainda de acordo com Sautchuk (2004), são águas que não estão sob concessão de órgãos públicos, ou que não sofrem cobrança pelo uso, podendo ser consideradas também, aquelas com composição diferente da água potável fornecida pelas concessionárias de água.

A maioria das cidades no Brasil apresenta crescimento acelerado, de acordo com Barreto (2008), provocando um adensamento populacional em função do êxodo rural. A concentração de pessoas no meio urbano, oriunda de diversas regiões do país trouxe novos hábitos que foram aos poucos modificando o perfil do consumo de águas nas cidades, tendo como principal razão da modificação, a crescente demanda da mesma.

Atualmente, de acordo com Gonçalves (2006), algumas cidades, estados e países têm adotado legislação específica para a conservação da água e o uso de fontes alternativas de suprimento como o aproveitamento da água da chuva. Cidades tais como, Tóquio, Berlim, Sidney, entre outras, estados como Califórnia, Flórida e Texas nos EUA ou ainda países como Austrália, Alemanha, Reino Unido e outros, editam guias ou manuais, sendo disponibilizados para toda a sociedade e apoiados em programas oficiais dos órgãos da administração pública local ou regional.

Segundo Gonçalves (2006), em muitas cidades brasileiras como São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba e Porto Alegre, tem sido adotadas legislações especificas sobre a obrigatoriedade de coleta e aproveitamento da água da chuva. Nestas cidades, alguns novos empreendimentos passaram a ser obrigados a coletar a água da chuva, visando sua utilização para fins não potáveis ajudando ainda na minimização de enchentes.

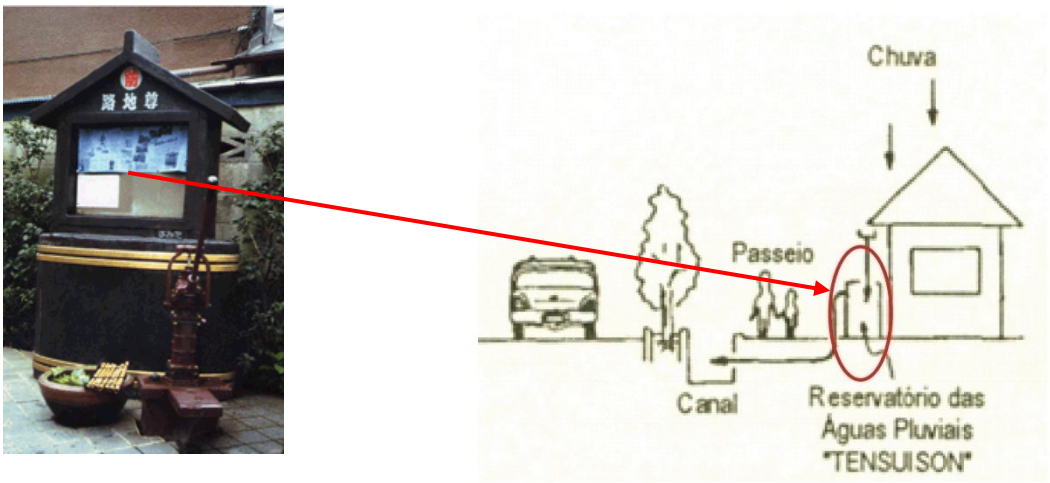
2.2 ÁGUA DE CHUVA COMO FONTE DE ABASTECIMENTO

A água de chuva é um recurso disponível na maior parte das regiões e seu aproveitamento é utilizado pela humanidade desde os tempos mais remotos. Tomaz (2003), afirma que em 850 a.C., o rei Mesha dos Moabitas, propôs a construção de um reservatório em cada casa para aproveitamento de água de chuva. Em Creta, no palácio de Knossos a água de chuva era aproveitada para descarga em bacias sanitárias e ainda existiam inúmeros reservatórios escavados em rochas, anteriores a 3000 a.C., que aproveitavam a água de chuva para consumo humano.

Novas tecnologias e políticas públicas voltadas para a concepção de sistemas prediais de reutilização de águas residuárias e de aproveitamento de água de chuva têm sido estudadas em todo o mundo, de acordo com Sickermann (2003), tendo como um dos principais propósitos, as soluções para o problema mundial da escassez de água.

Um exemplo mais recente do aproveitamento de água de se encontra no Japão que, segundo Fendrich (2002), utiliza a água de chuva para abastecimento na cidade de Sumida, desde 1982, quando a ocorrência de terremotos nesta década, provocavam a interrupção do abastecimento de água, passando então a armazenar a água de chuva em reservatórios denominados “Tensuison”, como mostra a Figura 6.

Esses reservatórios recebem água de chuva captada nas coberturas e pátios das edificações por meio de calhas e são equipados com uma bomba manual e uma torneira para que toda a comunidade tenha acesso para a utilização em regas de plantas e em casos extremos para combate a incêndio e até para beber.



a) Vista do reservatório b) Sistema de coleta do reservatório

Figura 6 – Reservatórios de água de chuva para uso público, no Japão
Fonte: Fendrich (2002)

Após o armazenamento de água em toda a sua capacidade volumétrica, o escoamento excedente é direcionado para canais de infiltração com o propósito de recarregar os aqüíferos e amortecer o pico de vazão do hidrograma de escoamento superficial.

Na China, segundo Mou et al. (1999), existe a necessidade de se alcançar um desenvolvimento equilibrado e sustentável reduzindo as disparidades das regiões que possuem uma distribuição desigual de chuvas. Algumas regiões possuem índices de precipitações máximas anuais de 6000 mm, mas, em um terço de todo o país as precipitações não chegam a 300 mm/ano. Para isto, é necessária uma melhor gestão das águas, pois a falta da água para consumo ou uso irrestrito e ainda uma enorme demanda, são fatores de impedimento desse desenvolvimento. O aproveitamento das águas de chuva é de muita importância, pois é acessível a todos, diferentemente das águas superficiais e subterrâneas que são escassas, principalmente no oeste do país.

De acordo com Gonçalves (2006), no Brasil, o semi-árido é a região onde primeiramente foram executadas obras visando o aproveitamento de águas de chuva para utilização pela população em razão do baixo índice pluviométrico, agravado pela má distribuição das chuvas, na região. Porém somente nas ultimas décadas do século passado, houve investimento governamental nesta área, com programas de construção de cisternas de armazenamento de águas de chuva, no semi-árido.

No país acontece uma distribuição irregular da precipitação com uma variação pluviométrica de até 3000 mm/ano na Amazônia, em torno de 1300 mm/ano na região central, e abaixo de 900 mm/ano no semi-árido, como apresentado no mapa da Figura 7.

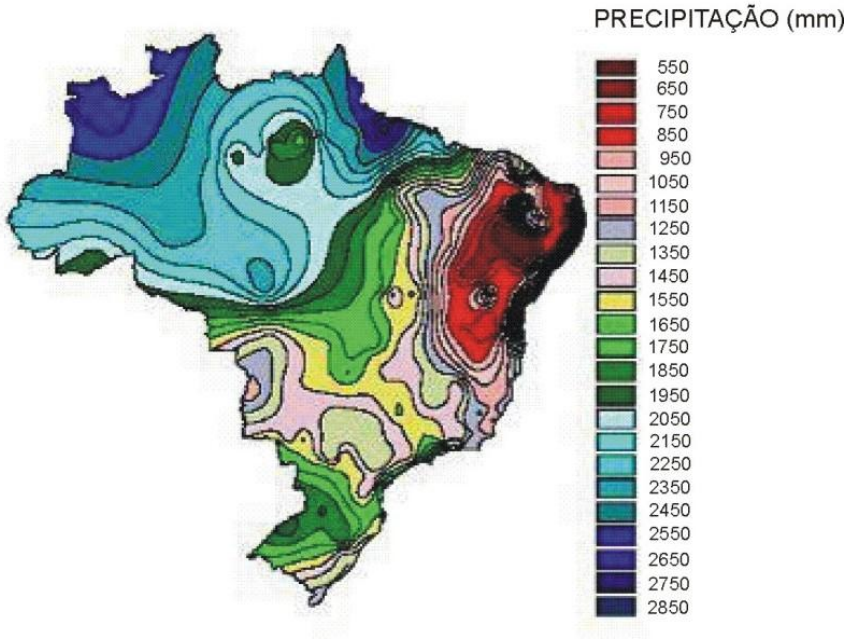


Figura 7 – Isoietas anuais no país entre 1961 e 1990
Fonte: ANA (2009)

2.3 POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Em se tratando da concepção de edificações de baixo impacto ambiental, os sistemas de aproveitamento de água de chuva representam soluções de grande importância para a obtenção de um bom desempenho no quesito conservação da água. Dentre as possíveis aplicações de água de chuva em sistemas hidráulico-sanitários domiciliares que não demandam água potável, podem ser citadas: descarga de bacias sanitárias, irrigação de áreas verdes, lavagem de pisos e de carros, lavagem de roupas, abastecimento de fontes e de espelhos de água, e até banho, devendo ser desenvolvido sistemas de tratamento de água compatíveis com os usos que exijam água de melhor qualidade, em caso de usos múltiplos.

O indicador mais comum relativo à quantificação do uso da água em edifícios residenciais é o “consumo diário per capita”, expresso em litros por habitante por dia (L/hab.dia). A agenda 21 propôs como meta de fornecimento de água tratada para 2005 o consumo diário per capita de 40 litros (ONU,1992). Esse valor é semelhante ao proposto pelo Banco Mundial e pela Organização Mundial da Saúde: suprimento mínimo de 20 a 40 litros/pessoa.dia, de acordo com Gonçalves (2006).

Desta forma, considerando apenas a relação entre os possíveis usos de água de chuva e o potencial de suprimento dos sistemas de aproveitamento de água de chuva, pode-se afirmar, avaliando as pesquisas realizadas, que esses sistemas são perfeitamente viáveis.

Villarreal (2004) afirma que na Suécia, as fontes de abastecimento de água potável são provenientes principalmente de águas subterrâneas e de superfície de córregos, rios e lagos. Cerca de 75% das companhias municipais de saneamento suecas dependem de lagos e rios para o abastecimento de água potável, e cerca de 25% utiliza águas subterrâneas. A captação de água de chuva em conjuntos residenciais poderia suprir a necessidade de abastecimento para utilização em descarga sanitária, lavagem de roupas e áreas externas com economia e benefícios ambientais, pois as porcentagens de utilização de água por equipamentos, chegam a 45% do total da água utilizada nas residências, como demonstrado no Quadro 1.

Quadro 1 – Estimativa de consumo em residência na Suécia

Consumo de água residencial	Porcentagem de consumo total
Bacias sanitárias	20%
Lavanderia	15%
Limpeza externa e de veículos	10%

Fonte: Vilarreal (2004)

Outro trabalho que apresenta dados de consumo residencial de água, apresentado no Quadro 2, demonstra que o consumo interno de uma casa nos Estados Unidos se apresenta bastante variável, mas também com grande potencial para o emprego de água não potável em usos menos nobres.

Esta pesquisa foi realizada em doze cidades americanas entre junho de 1996 e março de 1998, envolvendo o monitoramento de 1188 residências com *data-loggers*, que registravam a vazão a cada 10 segundos. Os dados, posteriormente foram tratados em um programa específico de computador.

Quadro 2 – Estimativa de consumo interno de uma casa nos EUA

Consumo de água residencial	Porcentagem do consumo total
Descargas de bacia sanitária	26,0%
Lavagem de roupas	21,7%
Chuveiro	16,8%
Consumo de torneiras	15,7%
Vazamentos em geral	13,7%
Lavagem de pratos	1,4%
Outros usos	2,2%
Total	**100%**

Fonte: DeOREO et al. (1999)

O consumo de água residencial na Alemanha, no ano de 1988, de acordo com Kong K. W. (2001) apud Tomaz (2003), também apresenta uma grande parcela de consumo

que pode ser suprida por água não potável (Quadro 3). O referido autor destaca que o consumo de água por habitante vem diminuindo ano a ano, com o desenvolvimento de conceitos de construção de baixo impacto sendo que em 1990, a média por habitante era de 145 L/hab.dia e em 1998 atingiu 127 L/hab.dia.

Quadro 3 – Estimativa de consumo interno em residência na Alemanha

Consumo de água residencial	Porcentagem do consumo total
Chuveiro	36%
Descargas de bacia sanitária	27%
Lavagem de roupas	12%
Pequenos trabalhos	9%
Lavagem de pratos	6%
Limpeza e lavagem de carros	6%
Preparo de alimentos	4%
Total	**100%**

Fonte: The Rainwater Technology Handbook, 2001, Alemanha, apud Tomaz (2003)

Em uma pesquisa realizada em Goiânia, estado de Goiás, Oliveira et al. (2006) estimaram a porcentagem de utilização de água por equipamento em uma residência unifamiliar, chegando ao resultado apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Estimativa do consumo interno em edificações unifamiliares em Goiânia – GO

Consumo de água residencial	Porcentagem do consumo total
Chuveiro	43%
Bacia Sanitária	19%
Pia	17%
Lavadora de roupas	12%
Lavatório	6%
Outros	3%
Total	**100%**

Fonte: Oliveira et al. (2006)

De acordo com o Sautchuk et al. (2005), o uso de fontes alternativas em edifícios comerciais tem obtido índices de 40% a 60% de economia de água em relação ao consumo anterior quando utilizadas em torres de refrigeração, na irrigação e lavagem de pisos, juntamente com a instalação de equipamentos economizadores, como bacia de 6 litros, reguladores de pressão e vazão, torneiras e registros automáticos.

Hernandes (2007) realizou um experimento na cidade de Ribeirão Preto - SP onde foi instalado um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma edificação residencial com 350 m² de área coberta. A água pluvial coletada e armazenada foi utilizada para descarga

em bacias sanitárias, para lavagem de pisos e veículos e irrigação de jardins. A utilização da água de chuva proporcionou uma economia na demanda mensal de água potável da concessionária local, na ordem de 28%.

A SANEAGO, concessionária estadual, monitora desde 2008, um sistema implantado em duas torres residenciais com 68 apartamentos cada uma, na cidade de Goiânia, onde as águas de chuva são utilizadas juntamente com a água distribuída pela concessionária, para utilização em limpeza externa do edifício e para descarga em bacias sanitárias.

2.4 QUALIDADE DA ÁGUA DE CHUVA PARA UTILIZAÇÃO NÃO POTÁVEL

Para cada tipo de uso de água são exigidos diferentes requisitos de qualidade para a sua utilização não potável (SAUTCHUK et al., 2005). O Quadro 5 apresenta critérios qualitativos mínimos para alguns tipos de uso de água proveniente de fontes alternativas, em função das atividades a serem realizadas nas edificações.

De acordo com Cohim (2009), a água de chuva pode ter qualidade microbiológica compatível até para utilização em banhos, mesmo com a presença de microorganismos patogênicos, desde que sejam seguidas as principais normas de operação do sistema como, limpeza e desinfecção periódica dos reservatórios de acumulação e principalmente o descarte das primeiras águas

Quadro 5 – Requisitos mínimos de qualidade de água para usos não potáveis

REQUISITOS PARA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA DE FONTE ALTERNATIVA		TIPOS DE USO NÃO POTÁVEL			
		Irrigação Rega de jardins Lavagem de pisos	Descarga em bacias sanitárias	Lavagem de veículos	Lavagem de roupas
NÃO DEVE	Apresentar mau cheiro	X	X	X	X
	Conter componentes que agridam as plantas o que estimulem crescimento de pragas	X			
	Se abrasiva	X	X	X	
	Manchar superfícies	X	X	X	
	Propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde	X	X	X	X
	Deteriorar os metais sanitários		X		X
	Conter sais ou substâncias remanescente após secagem			X	
	Ser turva				X
DEVE SER	Livre de algas				X
	Livre de partículas sólidas				X
	Livre de metais				X
	Incolor				X

Fonte: Adaptado de Sautchuk et al. (2005)

.

2.4.1 **Parâmetros de qualidade da água de chuva**

De acordo com Pádua (2006), água pura somente é encontrada na natureza, em forma de vapor. Quando as moléculas de água na atmosfera se condensam formando as chuvas, existe a incorporação nas gotas de água, de gases e poluentes em suspensão e ao atingir a superfície, a água dissolve uma série de substâncias que também são incorporadas a ela: cálcio, magnésio, sódio, bicarbonatos, cloretos, sulfatos, nitratos e outros. Ainda podem ser encontrados traços de metais como o chumbo, o cobre, manganês e compostos orgânicos que são provenientes da decomposição de matéria orgânica que ocorre nas superfícies e podem também estar presentes nas águas pluviais.

A atmosfera natural contém gás carbônico (CO_2) e óxidos de Nitrogênio (NO_x) que tornam as águas de chuva ligeiramente ácidas, (FENDRICH, 2002). Pode acontecer então a chuva ácida, que é o resultado do Dióxido de Enxofre (SO_2) emitido pelos automóveis, fábricas e indústrias, que se mistura com a chuva. Com a presença do SO_2 nas águas de chuva, ela se torna mais ácida, com pH menor que as águas pluviais normais e, este problema se agrava na época de estiagens muito longas, pela quantidade de resíduos acumulados na atmosfera. Dependendo da superfície de interceptação da água de chuva e escoamento para posterior armazenamento, pode haver alteração de pH, bem como de outros parâmetros relacionados como alcalinidade e dureza. Quando em zonas urbanas, o pH pode chegar a valores como 3,5 em regiões poluídas. Estudos indicam que o pH natural da água das chuvas é em torno de 5,6, de acordo com Cogbill & Likens (1974); Charlson & Rodhe (1982); Davis & Cornwell (1991); Hendrey (2001); Carvalho Júnior (2004), apud Cunha et al (2009). Esse valor é considerado como limite para a classificação de chuvas ácidas.

A composição da água de chuva varia de acordo com a localização geográfica do ponto de amostragem, com as condições meteorológicas (intensidade, duração e freqüência da chuva, regime de ventos, estação do ano, etc.) (TOMAZ, 2003). A presença ou não de vegetação aliada à presença de carga poluidora interfere na composição da água de chuva. O excesso de cargas poluidoras na atmosfera que posteriormente serão incorporadas à água precipitada, podem causar sérios problemas à saúde humana e deteriorar as instalações hidráulicas sanitárias. Por esta razão, toda a água que terá utilização não potável deverá passar por processo de caracterização física, química, biológica e radiológica para verificação de sua qualidade e definição de tratamento mais adequado.

A NBR 15.527 (ABNT, 2007) apresenta padrões de qualidade para águas de chuva. Esta Norma é considerada simplista por muitos pesquisadores, sendo que alguns

parâmetros que não constam da Norma deveriam ser considerados, para uma avaliação mais criteriosa da qualidade da água a ser utilizada.

A qualidade da água pode ser representada por meio de parâmetros que traduzem suas características. Os parâmetros descritos a seguir são citados por Von Sperling (1995), Richter e Azevedo Neto (2003) e Pádua (2006).

2.4.1.1 *Padrões Físicos de Qualidade da Água*

Os sólidos são as características mais importantes quando se trata de analisar os parâmetros físicos da água, podendo estar em suspensão, coloidais ou dissolvidos, dependendo de seu tamanho.

Dentre os parâmetros físicos que são utilizados para caracterizar a qualidade de uma amostra de água, para fins de utilização em abastecimento de sistemas prediais podem ser citados: turbidez, cor aparente, sabor e odor, temperatura, sólidos totais e condutividade como detalhado a seguir:

a) Turbidez

A turbidez é um dos mais relevantes parâmetros, juntamente com o pH e a condutividade, para determinar a qualidade da água, de acordo com Melo (2007) e pode ser determinada pelos sólidos suspensos em estado coloidal representando a dificuldade que a luz tem em atravessá-la, conferindo-lhe um aspecto turvo. Quando as partículas são mais grosseiras o grau de turbidez pode ser aumentado.

A turbidez, na maioria das vezes não traz inconvenientes diretos à água e à sua utilização, a não ser por conferir à água um aspecto desagradável. Porém, eventualmente, pode conter microorganismos patogênicos abrigados nos sólidos em suspensão, razão pela qual é recomendada pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), que a água utilizada tenha valor de turbidez abaixo de 5 uT. A turbidez ainda pode ser utilizada para selecionar o tipo de tratamento mais adequado caso o uso pretendido da água de chuva seja o mais restrito.

b) Cor

A cor representa presença de matéria orgânica colorida na água (ácidos fúlvicos e húmicos). O ferro e outros metais também podem alterar a cor da água, que pode ser adquirida por resíduos industriais, lixiviamento do solo ou no caso, limpeza dos telhados. Este parâmetro é bastante importante no caso do consumidor procurar fontes de água de aspecto

mais agradável. Entretanto, pode acontecer o fato de uma água, mesmo apresentando aspecto agradável, causar riscos à saúde.

A cor é analisada como *cor aparente* e *cor verdadeira*, onde no valor da cor aparente pode estar incluída uma parcela da turbidez. A cor verdadeira é obtida quando se retira todos os sólidos, por centrifugação ou filtragem.

A remoção da cor na água é mais fácil quando esta apresenta pH baixo, sendo evidenciada sua presença em pH maior devido à dimensão das moléculas de substâncias húmicas presentes na mesma.

De acordo com a NBR 15.527 (ABNT, 2007), a cor aparente não apresenta nenhum risco à saúde, sendo aceitáveis para utilização, quando em níveis abaixo de 15 uH.

c) Sabor e Odor

O sabor ou gosto e o odor podem ter como responsáveis os sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos e gases dissolvidos. Sólidos totais também podem produzir gosto sem odor nas águas.

O gosto e o odor podem se manifestar quando do armazenamento da água, devido à atividade microbiológica ou da corrosão de tubulações, de acordo com Pádua (2006), sendo um indicador de que o armazenamento ou o tratamento não estão de acordo ou estão insuficientes.

d) Temperatura

A importância de se medir a temperatura da água é devido à possibilidade de que, com valores elevados da temperatura, possam aumentar a taxa de reações químicas e proliferações biológicas. Dentre os principais problemas seria a *Legionella* spp[1] proliferando entre temperaturas 25° a 50°C, sendo sua transmissão ocorrida por inalação de aerossóis contendo a bactéria. O aumento da temperatura ainda provoca a diminuição da solubilidade dos gases, aumentando a taxa de transferência dos mesmos, o que eventualmente pode liberar gases com odores desagradáveis.

e) Sólidos Totais

Toda e qualquer matéria, com exceção dos gases dissolvidos presentes na água, contribuem para a carga de sólidos sendo classificados de acordo com seu tamanho e características químicas, como se segue:

---

[1]Legionella pneumophila é o mais importante patógeno deste gênero, sendo responsável pela febre de Pontiac e legionelese (PÀDUA, 2006).

1 - Sólidos em Suspensão (SS), são classificados após uma amostra de 1 L de água permanecer por 1 hora em repouso em um cone de Imhoff, dividindo-se então de acordo com a sua sedimentação em sólidos sedimentáveis e sólidos não sedimentáveis.

2 - Sólidos Dissolvidos (SD) são classificados após uma amostra de água passar por uma membrana filtrante com poro de aproximadamente 1,2 μm onde os sólidos são classificados de acordo o que fica retido no filtro e o que passa pelo filtro em colóides e efetivamente dissolvidos.

As características químicas dos sólidos na água são obtidas pela evaporação de uma amostra de água onde a matéria que permanece são os Sólidos Totais. Após a evaporação é efetuada a calcinação da mesma amostra a 550°C para que toda a matéria orgânica, Sólidos Totais Voláteis, se volatize, permanecendo somente os Sólidos Totais Fixos. Porém sabe-se que alguns sais minerais se volatizam nesta temperatura.

É importante que os sólidos grosseiros sejam retirados da água coletada, por gradeamento e filtração para que o uso desta não seja impossibilitado. Os sólidos podem interferir na cor, odor ou sabor da água, pela variedade da matéria orgânica contida, assim como pode transportar microorganismos patogênicos que são prejudiciais à saúde do usuário. Em excesso, acima de 500 mg/L, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, podem ocasionar manchas causadas pelos resíduos nas bacias sanitárias.

O excesso de sólidos dissolvidos pode causar problemas de corrosão, por estar associado à salinidade, tendo sido adotado como padrão para utilização o valor de 1000 mg/L para sólidos totais dissolvidos na água potável, de acordo com a Portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005).

f) Condutividade

A condutividade elétrica é o parâmetro que, segundo Pádua (2006), depende da quantidade de sais dissolvidos. Permite estimar de maneira rápida a quantidade de sólidos totais dissolvidos presentes na água. O aumento da condutividade pode gerar a precipitação de carbonato de cálcio que favorece a corrosão, prejudicando os equipamentos a serem utilizados.

2.4.1.2 *Padrões Químicos de Qualidade das Águas*

Os parâmetros químicos são os índices de maior importância para caracterizar a qualidade das águas, pois indicam o conteúdo mineral; o grau de contaminação; a concentração de principais poluentes, além de avaliar o seu equilíbrio bioquímico. Dentre os parâmetros químicos utilizados para a caracterização qualitativa de uma água a ser utilizada

pelo ser humano, destacam-se: pH, acidez e alcalinidade, dureza, ferro e manganês, cujas características principais são apresentadas a seguir.

a) pH

Representa a concentração de íons hidrogênio, dando uma indicação sobre a condição de acidez se pH for menor que 7,0, ou alcalinidade da água se pH for maior que 7,0. A faixa de medição de pH situa-se entre 0 a 14. As águas naturais, dentre elas as águas de chuva, tendem a apresentar um pH neutro, ou seja, igual a 7,0 cujo significado é a igualdade entre as concentrações de íons de hidrogênio e hidroxila. Entretanto, a poluição atmosférica presente em diversas localidades urbanas pode contribuir para a redução ou elevação do pH.

É importante que os valores estejam numa faixa entre 6,0 e 8,0 de acordo com a NBR 15.527 (ABNT, 2007), porque o pH baixo pode causar corrosão em equipamentos hidráulicos e um pH elevado pode causar incrustações nas águas. Deve-se verificar também a influência do pH no pré tratamento de água, com desinfecção pois, segundo Pádua (2006), a cloração perde eficiência em pH elevado.

b) Acidez e Alcalinidade

A alcalinidade é caracterizada pela concentração de Bicarbonatos (HCO_3), Carbonatos (CO_3) e Hidróxidos (HO). Águas com baixa alcalinidade, concentração de $CaCO_3$ menor que 24 mg/L, são mais suscetíveis a alterações de pH. A alcalinidade é medida pela quantidade de ácido adicionada à amostra de água até atingir um determinado valor de pH, que pode ser determinado como apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 – Faixa de valores de pH na água em relação à concentração de $CaCO_3$

FAIXA DE pH	CONCENTRAÇÃO DE ÍONS EM SOLUÇÃO
11,0 - 9,4	alcalinidade de hidróxidos e carbonatos
9,5 – 8,3	carbonatos e bicarbonatos
8,3 – 4,6	somente bicarbonatos
4,3 – 3,0	ácidos mineirais

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1995)

De acordo com Pádua (2006), a acidez é devida a presença de ácidos minerais fortes, ácidos fracos, como o ácido carbônico, ácidos fúlvicos e húmicos e sais de metais hidrolisados como ácidos fortes. Sua importância está na capacidade de quando em alto índice, causar a corrosão em tubulações e equipamentos, por conter sais que são mais comuns

em águas subterrâneas ou pelas condições dos solos banhados ou lixiviados. Estes sais podem também conferir às águas um gosto mais salino.

c) Dureza

A dureza é uma característica da água devido a presença de sais alcalinos terrosos (cálcio, magnésio, etc.) e eventualmente alguns metais, sendo expressa em termos de uma quantidade equivalente de $CaCO_3$. É caracterizada mais comumente pela dificuldade que se tem de formar espumas em sabões, dificultando assim o seu manuseio para os processos de higiene e limpeza. O Quadro 7 apresenta a classificação das águas em função do grau de dureza.

Quadro 7 – Determinação do grau de dureza de acordo com a concentração de $CaCO_3$

TIPO DE ÁGUA	CONCENTRAÇÃO DE $CaCO_3$
mole	Inferior a 50 mg/L
dureza moderada	Entre 50 a 150 mg/L
dura	Entre 150 a 300 mg/L
muito dura	Superior a 300 mg/L

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1995)

Apesar das águas moles serem as mais indicadas para o consumo humano, não existem objeções para a saúde pública do uso de águas consideradas duras. A dureza está associada ainda a incrustações em sistemas de aquecimento ambiental, causando problemas em aquecedores em geral.

d) Ferro e Manganês

Os sais de ferro, muitas vezes associados ao manganês, quando oxidados podem ocasionar gosto adstringente à água e podem causar manchas em peças sanitárias e roupas. É pouco comum a concentração elevada em águas de superfície, sendo mais comuns teores mais elevados em águas subterrâneas. Problemas mais comuns estão relacionados com incrustações e corrosões em sistemas prediais de distribuição de água.

É adotado, de acordo Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, o limite de 0,3 mg/L para a concentração de ferro juntamente com o manganês, sugerindo-se concentrações inferiores a 0,3 mg/L. Acima de 0,5 mg/L de concentração nas águas, de acordo com Ritcher (2003), causa gosto na boca.

2.4.1.3 *Padrões Bacteriológicos de Qualidade da Água*

Segundo Pádua (2006), a identificação e a quantificação de vírus, bactérias, protozoários e helmintos apresenta limitações técnico-analíticas e financeiras, razão pela qual usualmente a verificação da qualidade microbiológica das águas para consumo humano é feita por organismos indicadores.

Essas análises são de extrema importância na caracterização da qualidade das águas, pela determinação da potencialidade de uma água transmitir doenças. As análises bacteriológicas para a caracterização da qualidade da água pode ser efetuada de modo indireto, por meio da quantificação de organismos indicadores de contaminação termotolerante, pertencentes ao grupo de coliformes (VON SPERLING, 1995).

a) Coliformes Totais

São grupos de bactérias constituídos por bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, e que fermentam a lactose em 24 a 48 horas a temperaturas de 35°C. São formadoras deste grupo, tanto bactérias que se encontram no trato intestinal de seres humanos como de outros animais de sangue quente.

b) Coliformes Termotolerantes

A *Escherichia coli* ou as bactérias coliformes termotolerantes são coliformes capazes de se desenvolver e fermentar a lactose com produção de ácido e gás a temperaturas de 44,5°C a 45,5°C em 24 horas. A *E. coli* é o indicador mais preciso sendo que sua detecção deve ser preferencialmente adotada, por ser uma das três bactérias formadoras do grupo que possui seu habitat no trato gastrointestinal. A sua indicação é importante para a verificação da existência de organismos patogênicos que podem ser transmissores de doenças como a febre tifóide, disenteria bacilar ou cólera (COSTA, 2007).

c) Algas

Usualmente são encontrados nas águas alguns grupos de organismos, em geral microscópicos. As algas fazem parte deste grupo e a sua detecção é importante para a informação de organismos que podem causar obstruções nas canalizações e filtros, causam sabores e odores desagradáveis à água que podem tirar a eficiência de sistemas hidráulicos.

2.4.2 **Normalização**

Para subsidiar a avaliação do Padrão de qualidade da água de chuva e finalidade de uso, podem-se utilizar critérios baseados nas seguintes normas e resoluções:

- NBR 15.527 de 24 de outubro de 2007, (ABNT, 2007) que trata de: Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.
- Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.
- Resolução CONAMA 357/2005, que 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.

De acordo com a Norma 15.527 (ABNT, 2007), água de chuva é a água resultante de precipitações atmosféricas coletada em coberturas ou telhados, onde não haja circulação de pessoas, veículos ou animais. Nos estudos de concepção do sistema de aproveitamento de água de chuva deve constar o alcance do projeto, a população que utiliza a água de chuva e a determinação da demanda a ser definida pelo projetista do sistema. Incluem-se na concepção, os estudos das séries históricas e sintéticas das precipitações da região onde será feito o projeto de aproveitamento de água de chuva.

A norma foi elaborada sem que alguns critérios técnicos, econômicos e ambientais fossem satisfeitos, de acordo com Fendrich (2009), onde ele demonstra em sua palestra no XI SISPRED, que os reservatórios não podem ser construídos de acordo com os processos citados. Todos os procedimentos para cálculos de reservatórios ou são para retenção, onde o reservatório deve ser mantido cheio tal como o reservatório de acumulação de água potável do sistema público ou quando são para detenção, onde o reservatório deve ser mantido vazio com a água em constante utilização. O autor conclui que o dimensionamento foi previsto com dados que o torna antieconômico, desestimulando a adoção da utilização de água de chuva nos projetos.

Alguns padrões estabelecidos por normas nacionais e internacionais estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Referências legais para qualidade de água

Parâmetros	**ABNT NBR 15527/07 (VMP)**	**Resolução CONAMA 357/05 Classe 2 (VMP)**	**Portaria 518/04 do MS (VMP)**	**AWQGFMW 1992 [1]**	**GCRWQ 1992[2]**
Turbidez (uT)	< 5,0	100	5,0	-	50
Cor Aparente (uH)	< 15	-	15	-	-
Cloro residual livre (mg/L)	0,5 a 3,0	-	-	-	-
pH	6,0 a 8,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,5 a 8,5	6,5 a 8,5
Dureza (mg/L $CaCO_3$)	-	-	500		-
Ferro (mg/L)	-	-	0,3		-
Odor	ausência	-	-		ausente
SDT (mg/L)		500	-	1000	-
Coliformes Totais (NMP/100 mL)	ausência	-	Ausência em 100 mL	-	-
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	-	< 1000 NMP /100 Ml	Ausência em 100 mL	< 150	-
E. Coli (NMP/100 mL)	ausência	< 800	Ausência em 100 mL	-	< 200

[1]Guidelines for Canadian Recreational Water Quality (GCRWQ, 1992)
[2]Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters (AWQGFMW, 1992)

Observa-se que são poucos os requisitos para que a água seja aceita com qualidade para utilização não potável**.** A necessidade de se trabalhar com uma quantidade maior de variáveis se deve ao fato da localização das edificações interferirem nos resultados. As águas coletadas têm a sua qualidade diferenciada quando localizadas em áreas com predomínio de indústrias, áreas agricultáveis, áreas residenciais densas ou não e ainda pela localização geográfica. Os parâmetros ferro e dureza, constam na Portaria 518/04, MS/2004 como requisitos para se medir a qualidade da água e portanto foram estabelecidos como parâmetros de análise necessários nesta pesquisa.

2.5 COLETA DE ÁGUA DE CHUVA EM DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA PARA UTILIZAÇÃO NÃO POTÁVEL

Neste item serão abordados os trabalhos que tratam de estudos da qualidade da água de chuva coletada diretamente da atmosfera ou coletada após passar por coberturas de edificações. Estes estudos analisaram variados parâmetros, para amostras coletadas por volume ou tempo.

Os sistemas de captação de água de chuva vêm sendo avaliados em uma série de pesquisas em âmbito nacional e internacional, onde várias localidades urbanas e rurais

buscam sistemas simplificados de captação através de telhados com posterior armazenamento da mesma, como uma alternativa de suprimento de água para uso não potável.

Segundo Gnadlinger (2004), a região do estado de Gansu, no Noroeste da China, cuja capital é Landzou, faz parte da área semi-árida do Norte e Noroeste do país. A região possui índice médio de precipitação de 350 mm distribuída de forma irregular no ano e uma evaporação potencial de mais de 2000 mm por ano.

Como uma alternativa de abastecimento de água para uso não potável, foi iniciado a partir de 1986, como demonstrado na Figura 8, um projeto de captação e aproveitamento de água de chuva.

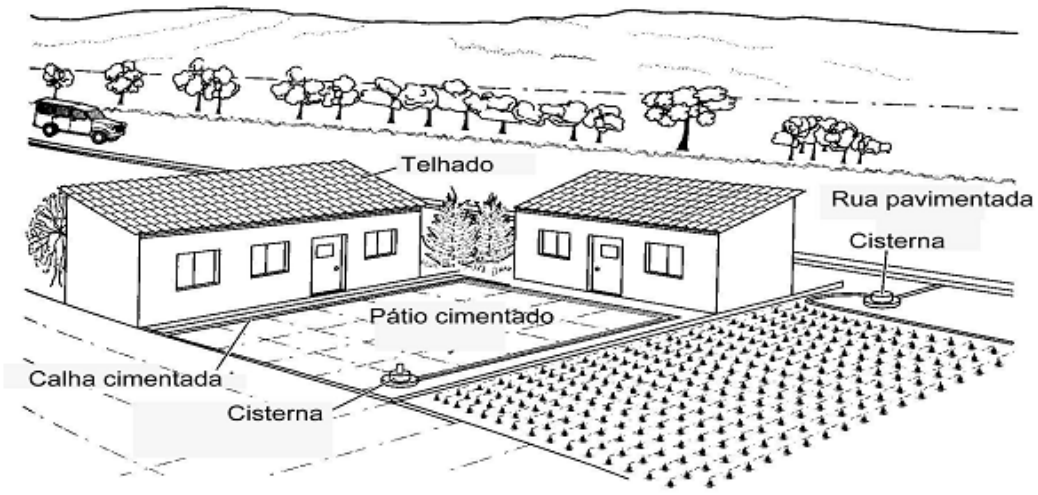


Figura 8 – Projeto de captação de água de chuva denominado "1-2-1" (Zhu)
Fonte : Gnadlinger (2004)

Foi executada uma área de captação de 100 m², duas cisternas subterrâneas de concreto com a finalidade de armazenar água (uma cisterna foi utilizada para armazenar água para beber e outra para irrigação com volume entre 20 e 50 m³) e uma área de pelo menos 700 m^2 com irrigação suplementar, destinada à produção de culturas comercializáveis. Até o final de 2004, 2.500.000 tanques de água já haviam sido construídos somente no estado de Gansu onde tanto o telhado da casa como o pátio impermeabilizado puderam servir como área de captação da chuva. Fewkes (1998) demonstrou a importância econômica e ambiental da coleta de água de chuva em Nottingham, Reino Unido, para uso em descarga sanitária, pois aproximadamente 30% da água potável disponível no país é usada para esta finalidade. Os dados são de um sistema de coleta em uma residência de dois andares, com dois banheiros, onde a área do telhado é de 85,00 m² com telhas de cimento e a ocupação da residência variando de três a cinco pessoas. Os resultados foram utilizados para uma simulação

computacional de demanda e disponibilidade da água de chuva coletada em um tanque de armazenamento de 2000 L.

Coombes, Kuczera e Kalma (2000) realizaram um experimento, durante dois anos em Figtree Place, que é uma construção composta de 27 unidades residenciais localizadas em Hamilton, no interior de Newcastle, NSW, Austrália.

As águas coletadas de telhados e armazenadas em tanque obtiveram resultados de análises para sólidos suspensos, sólidos dissolvidos, cloreto, nitrato, nitrito, sulfato, cálcio, sódio, amônia, chumbo, ferro e cádmio, dentro do exigido pela regulamentação local para utilização não potável, como em descargas de bacias sanitárias e rega de jardim. E quando passadas por um sistema de aquecimento elétrico entre 52°C e 65°C, podem ser utilizadas para outros fins potáveis, estando os parâmetros exigidos na Norma local dentro do estabelecido, estando somente o pH abaixo do exigido.

Os tanques localizados em Hamilton não eram completamente lacrados como os de outros sistemas de armazenamento localizados em Charlestown e Maryville, na Austrália, permitindo a entrada de poeira, folhas e pequenos animais, o que causou a alteração de valores de pH, assim como presença de coliformes e também alterações no número de sólidos dissolvidos, sendo que este parâmetro não interferiu na qualidade da água da pesquisa. O experimento foi executado com o cenário mais desfavorável não tendo sido efetuada limpeza prévia nas calhas dos telhados.

A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos onde os parâmetros foram analisados de acordo com a precipitação ocorrida em cada coleta realizada.

Tabela 2 – Resultados das análises de amostras coletadas em diferentes volumes de precipitação

Parâmetros	**Precipitação (mm)**							
	< 0,5	**0,5-1**	**1-2**	**2-3**	**3-4**	**4-6**	**> 6**	**Guideline (Austrália)**
pH	5,72	5,52	5,67	5,36	5,81	5,48	5,99	6,5 – 8,5
Sólidos dissolvidos (mg/L)	96,08	86,33	132	97,5	102	93,6	78,09	500
Sólidos suspensos (mg/L)	6,99	5,40	1,60	12,60	2,45	4,76	0,75	500
Ferro total (mg/L)	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,3
Índice de Coliformes (NMP/100 mL)	776	1118	517	425	463	220	278	0

Fonte: Adaptado de Coombes, Kuczera e Kalma (2000)

Vários estudos vêm sendo realizados no Brasil nos últimos anos. Jaques (2005) realizou um experimento em Florianópolis, onde foram coletados e avaliados os padrões de qualidade da água de chuva coletada de dois diferentes tipos de telhados (cerâmico e cimento amianto), e ainda diretamente da atmosfera, conforme ilustra a Figura 9.

a) telhado cerâmico b) telhado em cimento amianto c) coleta diretamente da atmosfera

Figura 9 – Sistema de coleta experimental de água de chuva
Fonte: Jaques (2005)

Foram realizadas análises das amostras coletadas, cujos resultados apresentaram parâmetros de turbidez, cor e coliformes fecais acima do estabelecido pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005), de acordo com a Tabela 3. Os demais parâmetros estudados, pH, alcalinidade, condutividade, DBO, DQO, cloretos, dureza, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fósforo, ortofosfato, fluoreto, oxigênio consumido, sólidos, ferro, cálcio, magnésio e alumínio apresentaram decréscimo de concentração em função do tempo, porém continuaram presentes.

Ainda foi coletada a água de reservatórios de armazenamento, com o objetivo de avaliar as características físico-químicas e bacteriológicas para posterior consumo humano.

Tabela 3 – Resultados das análises efetuadas em águas coletadas em dois tipos de cobertura

Parâmetros	**Fibrocimento (Valor médio)**	**Cerâmico (Valor médio)**	**Reservatório (Valor médio)**	**Portaria 518 do MS (VMP)**
Turbidez (uT)	8,68	8,24	4,70	5,0
Cor Aparente (uH)	30,04	21,04	5	15,0
pH	7,35	6,49	5,13	6 a 9
Dureza Total (mg/L $CaCO_3$)	38,43	16,37	11,78	500
Ferro total (mg/L)	0,49	0,21	0,02	0,3
Índice de Coliformes (NMP/100 mL)	$1,40 \times 10^3$	$1,79 \times 10^3$	$2,49 \times 10^3$	Ausência em 100 mL
E. coli (NMP/100 mL)	$6,14 \times 10^2$	$2,96 \times 10^2$	$1,31 \times 10^2$	Ausência em 100 mL

Fonte: Adaptado de Jaques (2005)

Os resultados do telhado cerâmico ficaram com valores mais próximos do estabelecido pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005), para turbidez e cor aparente. Para o ferro total, os valores ficaram dentro do padrão estabelecido. Todos os resultados detectaram a presença de Coliformes e *E. coli*, determinando o uso não potável para a água coletada.

Vaccari et al. (2005) caracterizaram a água de chuva coletada de cobertura metálica com duas águas, e inclinação de 5% de um edifício no Parque Experimental da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), em Vitória (ES), que escoavam por condutores verticais e horizontais até uma peneira autolimpante para a retirada de materiais grosseiros como folhas e galhos. Foi feita a comparação com as águas coletadas diretamente da atmosfera e com as Legislações: Resolução CONAMA 357/05 (classe 2) e Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde, (BRASIL, 2005).

Os resultados das análises de amostras apresentados no trabalho, para cloreto, ficaram mais elevados devido à proximidade da região de coleta do mar. Os demais resultados, SST, ST, DQO, DBO, OD, turbidez, pH, temperatura, condutividade, acidez, alcalinidade, dureza, sulfatos, amônia, nitrito, fósforo total, *E. coli*, coliformes termotolerantes e coliformes totais, apontaram para uma boa qualidade da água, para consumo não potável, desde que sejam descartados os primeiros minutos de chuva que apresentam elevada carga de poluentes.

A Tabela 4 apresenta os resultados das análises em comparação com a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005) e com a Resolução 357/05 (CONAMA/2005).

Tabela 4 – Resultados de análises da precipitação livre e coletada de telhado

Parâmetros	**Precipitação livre (Valor médio)**	**Telhado (Valor médio)**	**Resolução CONAMA 357/05 Classe 2 (VMP)**	**Portaria 518 do MS (VMP)**
Turbidez (uT)	2	12,3	100	5,0
Cor Aparente (uH)	-	-	-	15,0
pH	6,66	6,87	6 a 9	6 a 9
Alcalinidade Total (mg/L $CaCO_3$)	5,4	18,5	-	-
Dureza Total (mg/L $CaCO_3$)	12,8	25,1	-	500
Condutividade (µS/cm)	48,9	96,2	-	-
Sólidos totais (mg/L)	111,7		-	-
Índice de Coliformes (NMP/100 mL)	-	3,8E+01	< 1000 NMP /100 mL	Ausência em 100 mL
E. coli (NMP/100 mL)	-	3,3E-01	-	Ausência em 100 mL

Fonte: Adaptado de Vaccari (2005)

May (2004), caracterizou águas de chuva para fins não potáveis, coletadas de duas áreas distintas de 82,00 m² cada uma que fazem parte do telhado de telhas metálicas, de um dos blocos da Escola Politécnica da USP, na cidade universitária em São Paulo (SP). No primeiro ponto, a coleta foi efetuada por meio de um sistema coletor automático de água com oito pontos de coleta e, no outro, foi utilizado sistema de retirada de folhas e galhos e armazenamento por meio de reservatório de acumulação, de acordo com a Figura 10.

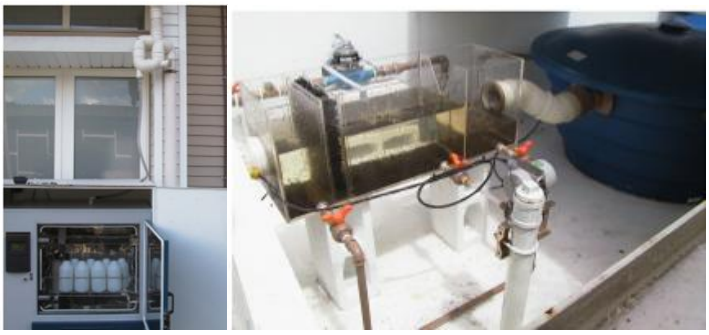


Figura 10 – Sistema de captação de água de chuva em dois pontos distintos
Fonte: May (2004)

Ficou demonstrado ao final do experimento, que as análises das amostras de água coletadas do reservatório de acumulação de água de chuva apresentaram melhores resultados em relação à mesma quantidade de amostras coletadas diretamente do coletor de água do telhado, como demonstrado, em valores médios, na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores dos parâmetros da chuva coletados nos diversos pontos do telhado e nos reservatórios de detenção

Parâmetros	**Pontos de coleta (Valor médio)**									
	n° 1	**n° 2**	**n° 3**	**n° 4**	**n° 5**	**n° 6**	**n° 7**	**n° 8**	**R1**	**R2**
Turbidez (uT)	3,6	1,9	1,9	1,9	0,9	1,2	1,1	1,1	0,9	0,7
Cor Aparente (uH)	98,7	59,3	52,8	43,7	41	40,8	37,8	45,7	25,2	20.8
pH	7,1	7,1	7,0	6,9	6,9	6,9	6,9	6,9	6,7	6,7
Alcalinidade Total (mg/L $CaCO_3$)	35,3	33	30	27	30,3	31,7	30	27,7	19,6	18
Dureza Total (mg/L$CaCO_3$)	55,7	38	39	37,3	34	37,7	37	36,7	21,6	17,6
Condutividade (µS/cm)	88,6	60,8	57,9	54,2	57,5	61,8	59,6	66,9	26,6	24,8
Ferro total (mg/L)	0,4	0,4	0,05	0,1	0,04	0,05	0,04	0,03	0,1	0,02

Fonte: Adaptado de May (2004)

Isto se deu devido a fatores tais como: descarte das primeiras águas que limpam o telhado, filtragem prévia retirando materiais grosseiros e sedimentação do material

particulado proveniente do telhado. Ainda neste estudo, May (2004) verificou a presença de elevado grau de contaminação na maioria das amostras, indicando presença de coliformes totais em 89% das amostras. As análises bacteriológicas indicaram a presença de bactérias como *Clostrídio sulfito redutor, Enterococos e Pseudomonas aeruginosas* em praticamente todas amostras. Essas bactérias podem proporcionar risco à saúde de seres humanos, podendo ocasionar doenças como infecções intestinais e urinárias, gastroenterites, gangrena gasosa, enterite necrosante, entre outras.

Em outro estudo sobre captação de água de chuva, Tordo (2004), realizou seu experimento com três tipos de telhados, (fibrocimento, metálico e cerâmico) cada um localizado em um ponto distinto da cidade de Blumenau, SC. A água escoada passava por um sistema de condutores verticais e horizontais em PVC, de acordo com a Figura 11, sendo que 20 L de água era descartada e o restante armazenada em uma caixa de 1000 L em fibra de vidro. Em dois pontos de coleta, houve a filtração da água de chuva em filtros com malha de 0,26 mm adaptados aos condutores verticais.

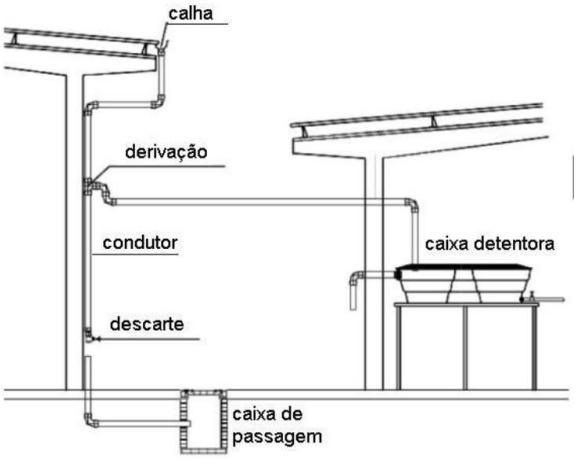


Figura 11 – Esquema do sistema de captação de água de chuva em três diferentes tipos de telhados
Fonte: Tordo (2004)

Foram realizadas análises de seis amostras de água coletada antes e depois de passarem por um filtro. Foram analisados os seguintes parâmetros: pH, alcalinidade total, cloretos, cor aparente, dureza total, temperatura, turbidez, ferro e sílica e coliformes totais e *E coli.* Os resultados apresentaram valores acima do exigido pela Portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005), para cor aparente e abaixo da faixa estabelecida para pH, com valores de resultados mais baixos para o telhado de telhas metálicas, como pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados de análises efetuadas em águas coletadas em dois tipos de cobertura

Parâmetros	Cimento amianto	Cerâmica	Metálica (zinco)	Descarte	Reservatório	Portaria 518 do MS (VMP)
	Valores médios					
Turbidez (uT)	2,34	1,7	2,13	4,38	1,17	5,0
Cor Aparente (uH)	17,33	18,45	18,71	33	18,45	15,0
pH	6,99	5,73	4,7	5,60	5,73	6 a 9
Alcalinidade Total (mg/L $CaCO_3$)	37,06	11,73	9,71	14,52	11,73	-
Dureza Total (mg/L $CaCO_3$)	60,44	21,91	35,14	23,95	21,91	500
Condutividade (μS/cm)	-	-		-	-	-
Ferro total (mg/L)	0,35	0,32	0,23	3,42	0,32	-
Índice de Coliformes (NMP/100 mL)	1453	1054	934	800	1054	Ausência em 100 mL
E. coli (NMP/100 mL)	280	236	269	3474	236	Ausência em 100 mL

Fonte: Adaptado de Tordo (2004)

2.6 DESCARTE DE ÁGUAS DE CHUVA

A possibilidade de acidificação da água dependendo da localização geográfica da área de coleta associado à contaminação biológica das mesmas, em função do seu contato com as áreas de interceptação, segundo Santos (2002), torna a utilização de água de chuvas sem tratamento para consumo humano, um risco. Este risco deve ser evitado por meio de descarte das primeiras águas escoadas das superfícies assim como a filtragem da água e reservatórios de sedimentação, para posterior utilização propiciando também um tratamento mais simplificado das águas a serem utilizadas.

Um dos pioneiros no estudo de águas de descarte, Yaziz et al. (1989) realizou um experimento na Malásia, onde comparou a qualidade dos primeiros cinco litros de água de chuva coletadas de dois tipos de telhado, sendo um de aço galvanizado e outro de concreto, com 15 m² de área cada um. Os telhados eram localizados nas proximidades do campus da Universidade de Agricultura de Serdang em Selangor e ficavam a uma distância de 1 km um do outro e a 2 km de uma rodovia de alto tráfego.

A coleta foi feita por meio de cinco garrafas de um litro cada uma, alinhadas e conectadas a uma distância de 0,125 m uma da outra em uma canalização com um ângulo de 5° da primeira à última garrafa. Esta canalização primeiramente era ligada à calha de cada um dos telhados. As análises foram feitas para turbidez, sólidos totais, sólidos dissolvidos, sólidos em suspensão, condutividade, coliformes totais, coliformes termotolerantes, zinco e chumbo e comparadas aos padrões estabelecido pela OMS.

Os autores concluiram que tanto a quantidade de dias sem chuva como a intensidade da chuva alteravam a qualidade das águas captadas nos primeiros cinco litros de descarte. Isso se justifica pelo fato de que os dias secos permitiam a acumulação de poluentes sobre as superfícies de captação. Em relação à intensidade da chuva, Yaziz et al. (1989) afirma que quanto mais intensa a chuva, mais rápida é efetuada a "limpeza" do telhado, principalmente na cobertura em telhas de aço galvanizado que possuem a superfície mais lisa, propiciando uma maior facilidade no escoamento das águas carreando os poluentes. O trabalho sugere que alguma forma de tratamento da água da chuva coletada destes locais é necessária antes que possa ser usada como uma fonte de água potável.

A qualidade das águas escoadas sobre telhados é um fenômeno complexo, de acordo com Tsakovsk et al. (2009), e a concentração de poluentes depende de vários fatores, pois as análises das amostras coletadas, podem inclusive monitorar a qualidade da atmosfera após um período seco.

O experimento realizado consistiu na coleta de água dos primeiros dez minutos de chuva, chamado de "first flush", escoadas de três diferentes tipos de coberturas, sendo que uma em telhas metálicas e duas em telhas cerâmicas, situados em Gdansk, Polônia, a menos de 100 m uma da outra. Trinta amostras foram coletadas das calhas de todas as coberturas e levadas para o laboratório onde foram realizadas análises para 16 tipos de parâmetros cujos resultados foram posteriormente tratados estatisticamente.

Santos (2006), realizou um experimento coletando água de chuva de sete coberturas de residências em telhas cerâmicas, telhas de cimento amianto e de terraços após descartar os primeiros dez minutos do evento de precipitação, buscando obter resultados de qualidade que satisfizessem as normalizações de consumo de água de chuva.

Anteriormente um experimento para se avaliar as águas de descarte foi realizado por Förster (1999), onde foram coletadas águas de chuva de coberturas de cinco tipos de telhados, telhas de cimento, telhas de barro, telhas em fibrocimento, telhas de zinco e telhas em alcatrão de feltro, localizados no Campus da University of Bayreuth na Alemanha que estava localizado na periferia da cidade em local livre da poluição de tráfego ou de indústrias. Outras cinco localidades foram escolhidas, justamente para se obter diferenças das águas coletadas, estando os telhados localizados em áreas altamente adensáveis, áreas indústrias, áreas agriculturáveis sendo os materiais das coberturas em telhas de cimento e de barro.

Este estudo avaliou a concentração de poluentes nas águas coletadas nos primeiros milímetros de chuva, demonstrando que a intensidade das precipitações é um dos fatores de

importância nesta concentração. Devido a isso, trabalhou com a coleta de água por volume de precipitação e não em relação ao tempo, para o traçado de um polutograma[2].

Martinson (2005), realizou um experimento onde coletou águas de quatro tipos de cobertura, sendo elas: em telhas de barro, telha em cimento amianto e em telhas metálicas onduladas, e telhas em folhas metálicas para posterior análise de turbidez, coliformes totais e condutividade das primeiras águas. As coberturas teste foram construídas com 1 m² cada parte, em locais próximo de rodovias movimentadas ou também longe de rodovias e perto de estradas de terra, nas cidades de Kampala na África e Colombo e Kandy no Sri Lanka. Sua inclinação foi a usualmente utilizada para as construções locais e possuía calhas individuais para a coleta das águas escoadas de cada tipo de telhado como demonstrado na Figura 12.

A coleta, como apresentado na Figura 13, foi realizada por meio de garrafas alinhadas com uma inclinação que permitisse que após o preenchimento da primeira garrafa a próxima seria preenchida e assim por diante até que todas estivessem preenchidas com um volume total de cinco litros, sendo que as garrafas possuíam tamanhos variados de acordo com a sua localização na linha.

Figura 12 – Montagem de telhados conjugados para a coleta da água de chuva
Fonte: Martinson (2005)

Figura 13 – Sistema de coleta de água de chuva por meio de garrafas alinhadas
Fonte: Martinson (2005)

Martinson (2005) concluiu que a intensidade da chuva é um fator de interferência na qualidade das primeiras águas escoadas dos telhados, sendo que ao longo do tempo da precipitação eles vão sendo lavados fazendo com que a qualidade das águas melhore. Ele recomenda que sejam descartados diferentes volumes de precipitação em cada início de coleta após três dias sem chuva, de acordo com o valor máximo da turbidez que se pretende para a água, como demonstrado no Quadro 8.

[2] De acordo com Porto (1995), o polutograma é um gráfico gerado pelas concentrações de poluentes no escoamento ocorrido ao longo do evento hidrológico.

Quadro 8 – Descarte recomendado desde o início da precipitação em mm

TURBIDEZ MEDIDA NA COLETA (uT)	TURBIDEZ DESEJADA PARA A UTILIZAÇÃO DA ÁGUA (uT)			
	50	**20**	**10**	**5**
50	0	1,5	2,5	3,5
100	1,5	2,5	3,5	4,5
200	2,5	3,5	4,5	1,5
500	3,5	4,5	1,5	6,5
1000	4,5	1,5	6,5	7,5
2000	5,5	6,5	7,5	8,5

Fonte: Martinson (2005)

Melo (2007), realizou um experimento onde foi construído um amostrador para coleta e separação de amostras de água de chuva coletada por volume, de acordo com a Figura 14. O propósito foi coletar 200 mililitros de amostra, correspondente a um amostrador, para cada mm de chuva, totalizando 10 mm de chuva coletada. Cada recipiente com a capacidade de armazenar 1 mm de chuva foi determinado pela dimensão de abertura de "boca" de 50 cm do funil utilizado para a captação.

Foram utilizados: tubos e conexões de PVC e o aço galvanizado para o funil de coleta. Estes materiais se mostraram inertes em todas as repetições do teste para as variáveis estudadas; pH, turbidez e condutividade elétrica. Somente estes parâmetros podem ser relacionados com grande parte das variáveis físico-químicas da água, sendo de fácil acesso e medição, portanto a curva de decaimento destas variáveis serve de indicador de comportamento da variação da qualidade da água, ainda de acordo com Melo (2007).

Figura 14 – Amostrador com funil de coleta e tubulações de armazenamento
Fonte: Melo (2007)

As variáveis foram estudadas para definir a curva de variação da qualidade de água de chuva em três pontos com características distintas na cidade de Natal–RN, como

apresentado na Tabela 7, onde os resultados demonstraram a eficiência da utilização desta metodologia de coleta de dados para a definição da curva.

Tabela 7 – Valores dos parâmetros da chuva coletada em três diferentes pontos da cidade de Natal-RN

Parâmetros	Valores médios		
	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Turbidez (uT)	0,41	0,29	0,47
pH	6,45	6,24	5,99
Condutividade (μS/cm)	17,72	25,15	18,08

Fonte: Adaptado de Melo (2007)

Quando se trata da água de chuva a ser coletada dos telhados de uma edificação, verifica-se que a mesma tem contato com todo o sistema de drenagem pluvial da mesma. O próprio telhado com seus diferentes tipos de materiais, calhas e condutores verticais, segundo Santos (2002), altera a sua qualidade, justificando a sua caracterização para que os resultados sejam confrontados com os requisitos necessários para a adequada utilização.

2.7 SISTEMAS PREDIAIS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

De acordo com Sautchuk et al. (2005), as seguintes etapas são necessárias para que um sistema predial de coleta de água de chuva tenha todo o aproveitamento:

- determinação da precipitação média local em mm/mês;
- determinação da área de coleta em projeção horizontal;
- determinação do coeficiente de escoamento em função do material e do acabamento da área de coleta;
- caracterização da qualidade da água pluvial;
- elaboração de projetos de sistemas complementares (grades, filtros, tubulações, etc.);
- elaboração de projeto de reservatório de descarte;
- elaboração de projeto do sistema de armazenamento;
- escolha do sistema de tratamento necessário;
- identificação dos usos da água (demanda e qualidade).

Para a avaliação e concepção de sistemas prediais de aproveitamento de água de chuva, é necessário o conhecimento de parâmetros locais, dentre eles: intensidade da chuva, áreas de captação de água pluvial, coeficiente de escoamento superficial e vazão de projetos. Esses parâmetros serão apresentados no próximo item.

2.7.1 **Parâmetros necessários**

Os parâmetros necessários que são utilizados para o planejamento da coleta e aproveitamento de água de chuva são dados que irão determinar a relação entre a área de contribuição que se pretende utilizar e os dados de chuva fornecidos pelos órgãos locais responsáveis pelo monitoramento de dados de metereologia.

2.7.1.1 *Intensidade de chuva*

De acordo com Fendrich (2003), a relação entre intensidade, duração e frequência de um evento de chuva pode ser representada por meio de equações que tem como fórmula geral:

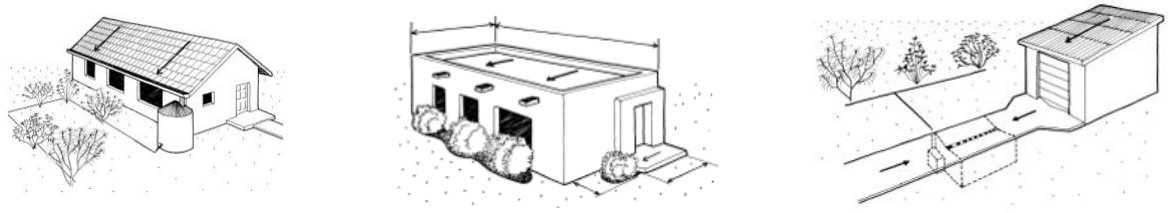
$$i = \frac{K \text{ x } T_r^m}{t = b^n} \quad , \quad \text{onde:} \qquad \text{Equação (1)}$$

- i = intensidade da chuva máxima (mm/h)
- T_r = tempo de recorrência (anos)
- t = tempo de duração da chuva (min.)
- K, b, m, n = parâmetros determinados para a estação pluviográfica em questão.

2.7.1.2 *Áreas de captação de água pluvial*

As formas de captação de água de chuva em áreas urbanas podem variar desde a captação em telhados inclinados, áreas impermeabilizadas e telhados e pátio térreo, como demonstrado na Figura 15.

Para a coleta de água de chuva de superfícies nas edificações, são necessários calhas, condutores verticais e horizontais, sistema de descarte das águas de chuva que lavam a área de contribuição a ser utilizada para a coleta e reservatório da água a ser utilizada.



a – telhados inclinados b – telhados planos c - pátios

Figura 15 – Área de captação de água de chuva
Fonte: Waterfall (1998)

2.7.1.3 *Coeficiente de escoamento superficial*

De acordo com a NBR 15.527 (ABNT, 2007), o coeficiente de escoamento superficial representa a relação entre o volume total de escoamento superficial e o volume total precipitado que varia em função do material da superfície por onde a água é escoada.

Isso pode fazer com que o escoamento seja mais rápido ou mais lento, em função de alguns tipos de material como a telha de barro, cuja retenção de umidade vai se saturando ao longo do tempo. Também é variável em função da limpeza do telhado, perda por evaporação, autolimpeza e outros fatores. O Quadro 9 mostra os valores assumidos por Hofkes e Frasier e ainda por Khan para utilização como coeficiente de escoamento superficial.

Quadro 9 – Coeficientes de escoamento superficial médios

Material do telhado	Coeficiente de escoamento superficial	
	Hofkes e Frasier	Khan, Índia
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9	0,56
Telhas corrugadas de metal	0,7 a 0,9	0,85
Telhas metálicas	-	0,52
Plástico	-	0,94

Fonte: Adaptado de Hofkes e Frasier (1996) e Khan, Índia (2001), apud Tomaz (2003)

Ainda de acordo com Tomaz (2003), vários países e diferentes autores adotam valores de coeficientes de escoamento superficial de acordo com os materiais locais utilizados para as áreas de captação para os sistemas de aproveitamento de água de chuva, de acordo com o Quadro 10.

Quadro 10 – Coeficientes de escoamento superficial adotados em diferentes localidades

Localidades	Coeficiente de escoamento superficial
EUA (Flórida)	0,67
Alemanha	0,75
Austrália	0,80
Arnold Pacey e Adrian Cullis	0,80
Ilhas Virgens	0,85

Fonte: Tomaz (2003)

Em Wilken (1978), apud Fendrich (2008) o coeficiente superficial C, de acordo com o Quadro 11, é apresentado por uma faixa de valores para todos os tipos de telhados. Fendrich (2009) sugere que seja utilizado o coeficiente mais baixo para telhados de material cerâmico e o coeficiente mais alto para telhado metálico, ficando o intermediário 0,85 para telhados em cimento amianto.

Quadro 11 – Coeficiente de escoamento superficial adotados para superfícies de telhados

Tipos de cobertura	Coeficiente de escoamento superficial – C	Autor/ano
Superfícies de telhados	0,70 a 0,95	Wilken (1978)
Telhado em telhas de barro	0,70	Fendrich (2009)
Telhado em telhas de cimento amianto	0,85	Fendrich (2009)
Telhado em telhas metálicas	0,95	Fendrich (2009)

2.7.1.4 *Vazão de projeto*

Utilizando a fórmula racional para o cálculo de Vazão

Q = c . i . a, onde:

- Q = vazão do projeto em L/h
- C = coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *runoff*
- i = intensidade pluviométrica em mm/h
- a = área da contribuição em m².

2.7.2 **Componentes do Sistema de Captação**

As unidades componentes dos sistemas de captação são variadas, podendo utilizar um ou mais componentes conforme a qualidade da água que se pretende obter com a captação visando o tipo de utilização. A seguir estão descritos os componentes mais utilizados.

2.7.2.1 *Gradeamento*

Para o aproveitamento de água de chuva, o mais comum é a utilização de telhados para a captação da água precipitada. Por ser uma superfície que se encontra exposta às intempéries, a contaminação pode acontecer em grande escala. Segundo Tomaz (2003), os telhados podem conter fezes de aves, ratos, gatos e outros animais, pelos e penas, bem como poeiras e folhas de árvores, além dos poluentes precipitados da atmosfera urbana.

Por esta razão é necessário que sejam colocados equipamentos tipo grelhas de retenção de sólidos grosseiros, como ilustrado na Figura 16, nas tubulações de descida para evitar que estes sólidos se juntem a água a ser armazenada.

Figura 16 – Grelha para retenção de sólidos grosseiros
Fonte: Tigre (2009)

Outro equipamento utilizado é a tela ou grade colocada sobre toda a extensão da calha, como mostrado na Figura 17 e Figura 18 o que impede a entrada de folhas e gravetos mais grosseiros, no sistema de captação de água de chuva.

Figura 17 – Sistemas de retenção de sólidos grosseiros por meio de grade sobre a calha
Fonte: Guttergrid (2009)

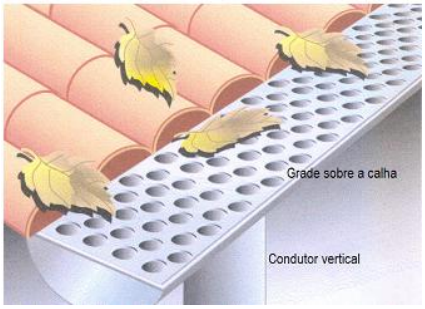


Figura 18 – Grade incorporada à calha para retenção de sólidos grosseiros
Fonte: Waterfall (2002)

2.7.2.2 *Unidades de descarte*

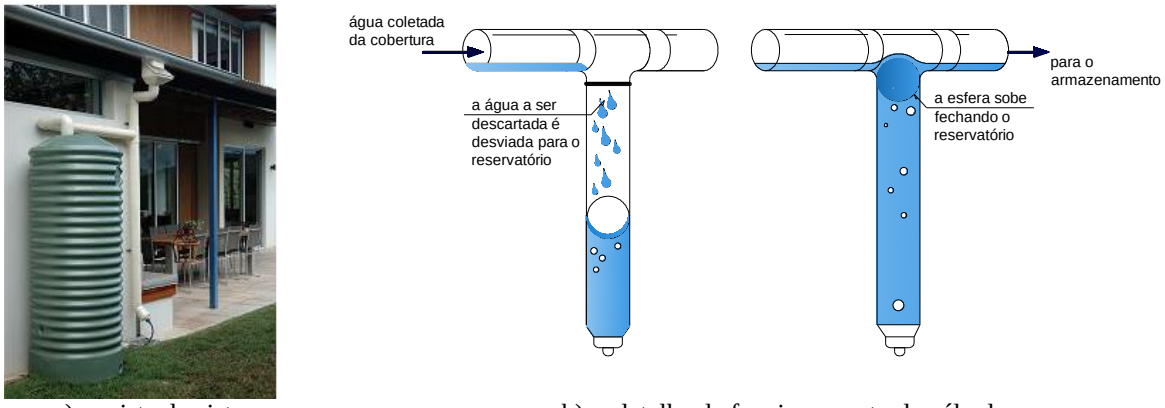
Os primeiros minutos de água de chuva, ou de acordo com alguns autores, os primeiros 2 mm de águas coletadas podem carrear uma grande concentração de microorganismos patogênicos, que se depositam ao longo do tempo nas superfícies dos telhados, podendo trazer problemas de contaminação por bactérias, parasitas, ou ainda pela localização das superfícies de interceptação, por metais pesados ou excesso de outros poluentes razão pela qual é aconselhável desprezar as primeiras águas, descartando-as.

São várias as tecnologias utilizadas para que seja feito o descarte das primeiras águas de chuva coletadas de telhados. A água descartada pode ser desviada por uma tubulação através de válvulas que permitem o livre acesso da água. Como mostram os exemplos da Figura 19, a conexão criada por uma empresa australiana, pode ser utilizada tanto no sentido horizontal como vertical. Além destes dois modelos de válvulas, a empresa dispõe de outro equipamento denominado válvula reversa, que é posicionada na entrada do tanque de armazenagem de água pluvial.

a) Válvula horizontal b) Válvula vertical c) Válvula reversa

Figura 19 – Sistema de descarte por gravidade
Fonte: Saferain (2009)

Outro método para se descartar as primeiras águas de chuva é por meio de sistema automático de fechamento, onde, após o volume pretendido para o descarte completar o recipiente, como demonstrado na Figura 20, o sistema fecha a entrada de água desviando-a para o reservatório. Este sistema não depende de peças mecânicas para funcionamento, nem da intervenção manual.



a) vista do sistema b) detalhe de funcionamento da válvula

Figura 20 – Sistema de descarte com fechamento do sistema após coleta do volume pretendido
Fonte: Rainharvesting (2009)

Neste sistema a água coletada da cobertura é dirigida para pequenos reservatórios de armazenamento. Estes reservatórios possuem uma esfera que sobe à medida que a água vai ocupando o espaço e sela o mesmo, quando este está totalmente preenchido, separando assim a água que não possui qualidade para o uso que se pretende. A água após o descarte inicial é enviada então para os reservatórios de armazenamento

Esta solução é menos eficiente, pois devido à velocidade de escoamento da água dentro do conduto de água pluvial da edificação, o escoamento tende a seguir o fluxo horizontal. Desta forma, água com qualidade abaixo do estabelecido é direcionada ao armazenamento sem ser descartada (REIS, 2005).

2.7.2.3 *Unidades de Armazenamento*

O armazenamento de água de chuva é efetuado em várias partes do mundo, com diversas técnicas, de acordo com o material disponível de cada região. A Figura 21 mostra três situações diferentes, de acordo com UNEP (2009). Na Tailândia, o uso de jarros para armazenamento, é um incentivo a população de pequenos povoados que utilizam a sua fabricação inclusive como ajuda na renda familiar. Cada jarro armazena água para o abastecimento de uma família de seis pessoas, por seis meses.

Na África, a construção de tanques de armazenamento de água de chuva tem aumentado. A dificuldade é a renda familiar da população de pequenas comunidades que não permite a compra de material adequado para a construção dos mesmos.

Já nos EUA, no Havaí, ocorre ainda a construção de tanques de armazenamento de concreto com posterior desvio para barris de madeira, que é a matéria prima mais abundante no local, com capacidade de 93 m³.

a) Jarros na Tailândia b) Tanques no Quênia – Fundis c) Barris de madeira no Havaí

Figura 21 – Exemplos de reservatórios executados artesanalmente
Fonte: UNEP (2009)

Em localidades onde o acesso à tecnologia é facilitado principalmente pela disponibilidade de recursos financeiros, a utilização de tanques de aço ou reservatórios fabricados à base de **PRFV** (plástico reforçado com fibra de vidro), de acordo com a Figura 22, vem substituindo as antigas caixas d'água de amianto ou em chapa de ferro, o que torna mais eficiente a armazenagem de água devido à total segurança contra a entrada de material particulado.

a - Reservatórios de aço inox com 3000 L cada b - Reservatórios Ecology Glass

Figura 22 - Exemplos de Reservatório de água de chuva
Fonte: Ecologyglass (2009)

2.7.3 **Sistemas de tratamento**

De acordo com Fendrich (2002), o tratamento da água de chuva está sempre relacionado com a sua provável utilização, como demonstra no Quadro 12.

Quadro 12 – Necessidade de tratamento de água por diferentes usos

UTILIZAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS	TRATAMENTO DE ÁGUA
Rega de plantas	Não é necessário tratamento
Aspersores de irrigação Combate a Incêndios Ar condicionado	Tratamento é necessário para manter o armazenamento e o equipamento em boas condições
Lago / Fonte Descarga em Bacias Sanitárias Lavar roupas / Lavar carros	Tratamento higiênico é necessário devido ao possível contato humano com a água
Piscina / Banho Beber /Cozinhar	A desinfecção é necessária porque a água é ingerida direta ou indiretamente

Fonte: Fendrich (2002)

Ainda, de acordo com Fendrich (2002) a água captada de superfícies que não tenha acesso a pessoas ou animais, é indicada para utilização em descarga de bacias sanitárias e regas de jardins. Podem ser utilizados simples filtros de areia para remoção de cor aparente e turbidez, remoção de sujeiras por intermédio de grelhas ou telas ou remoção de areias por sedimentação. Se passarem por algum tratamento de desinfecção, como cloração, radiação UV, ozonização, e outros, são apropriados para o consumo.

A seguir serão apresentadas as unidades de tratamento mais utilizadas.

2.7.3.1 *Filtração*

A filtração prévia é sempre necessária na captação de água de chuva para uma primeira limpeza da água escoada sobre as superfícies de coleta com o objetivo de reter sólidos que podem carrear microorganismos patogênicos juntamente com a água coletada.

Dentre as opções disponíveis no mercado tem-se a colocação, antes do armazenamento de água, de membranas sobre a calha, de acordo com a Figura 23, onde a largura da malha ou poros são variáveis, dependendo do tipo de sólidos que se pretende reter.

Figura 23 – Membrana de filtração colocada sobre a calha
Fonte: Leaffilter (2009)

Outra solução alternativa é a colocação de filtros, como na Figura 24, que são adaptados também nos condutores verticais ou colocados em paralelo a eles sobre o solo ou enterrados. Estes filtros possuem sistema de separação de água para descarte e água a ser armazenada.

a) Detalhe do Filtro de descida Wisy b) Detalhe do Filtro Wisy WFF 150

Figura 24 – Filtros para descarte de material grosseiro
Fonte: Aquastock (2009)

Estes equipamentos são comercialmente chamados de filtros, mas são unidades de gradeamento, já que são interceptados sólidos de até o mínimo de 0,28 mm.

Os filtros de membrana de celulose possuem mais eficiência por possuírem diâmetro de até 5 micras para filtragem.

2.7.3.2 Filtração lenta

De acordo com Di Bernardo (1993), a filtração lenta é um processo de tratamento de água para abastecimento bastante antigo. Utilizado desde o século XIX, tem se mostrado eficiente para a remoção de bactérias, vírus e cistos de *Giardia*. É um processo que não requer a adoção de coagulante, trabalha com taxas de filtração baixas e utiliza meio filtrante de granulometria fina.

Quando utilizadas baixas taxas de filtração, o tempo de detenção de água sobre o meio filtrante é maior, garantindo a produção de água com qualidade apropriada para uma filtração efetiva. No entanto, exige áreas maiores e manutenção e limpeza constante do meio filtrante.

2.7.3.3 *Desinfecção*

A fim de tornar a água mais segura para o usuário é recomendado que pelo menos um processo de desinfecção seja realizado de forma a tornar a água coletada própria para a utilização.

Dentre os inúmeros processos de desinfecção destacamos os processos que possuem custo mais baixo de implantação e facilidade de manutenção e que tornam a água para consumo mais segura para o usuário, como cloração, radiação ultravioleta e ozônio.

2.7.3.3.1 Cloração

De acordo com Souza (2000), o controle de doenças veiculadas à água está diretamente ligado à sua desinfecção antes da distribuição à população, sendo que o cloro, dentre os vários desinfetantes utilizados é o mais comum. De acordo com US EPA (1999) o cloro é o mais bem sucedido processo de desinfecção de águas. Impede a propagação de doenças que colocam em risco a vida de organismos aquáticos e seres humanos, sendo ainda um processo bastante acessível financeiramente e de fácil manuseio para a sua aplicação. Porém, qualquer descarga de clorados em uma massa de águas receptoras pode envolver a liberação de cloro residual e subprodutos de cloro, que são tóxicos para a vida aquática em determinadas concentrações.

A NBR 15.527 (ABNT, 2007) estabelece um limite entre 0,5 a 3,0 mg/L de cloro residual livre presente na água após sua desinfecção. Existe a possibilidade do cloro reagir com material orgânico e formar hidrocarbonetos clorados chamados trialometanos que são cancerígenos e motivo de muita preocupação no tratamento de água potável, caso esteja em excesso na água. Devido aos aumentos de cloro residual livre, a toxidade aumenta com a diminuição do pH e tende a aumentar também com o aumento da temperatura. Por esta razão, há necessidade de se utilizar outros desinfetantes não tão eficientes quanto o cloro, mas que pelo menos reduzam a quantidade de subprodutos gerados.

De acordo com Pádua (2006), após a desinfecção o residual mínimo de cloro na água a ser utilizada, tem a finalidade de atuar preventivamente caso ocorra uma contaminação indesejada e não prevista e também para indicar a qualidade da água. Recomenda ainda que a cloração seja efetuada em pH inferior a 8,0 e em tempo de contato mínimo de 30 minutos.

2.7.3.3.2 Radiação Ultra violeta

A radiação ultra violeta - UV é um mecanismo de desinfecção, no qual a energia devida à radiação UV é absorvida pelos diferentes componentes orgânicos moleculares essenciais ao funcionamento da célula. A ação germicida da radiação UV está associada às alterações estruturais que esta provoca no material genético (DNA e RNA) das células (WEF (1996), apud Bastos, 2007).

A radiação UV, por não deixar residual na água a ser utilizada não previne contra contaminações adversas, de acordo com Pádua (2006). As reações que ocorrem com a matéria orgânica não fazem mal à saúde, ao usuário nem ao meio ambiente. Sugere então que se faça

um uso combinado dos dois tipos de desinfecção para que se obtenham melhores resultados de qualidade da água.

Bastos (2007) realizou um experimento no Parque Experimental do Núcleo no Campus Universitário de Goiabeiras em Vitória (ES), entre setembro de 2006 a maio de 2007, onde foi construído um sistema de coleta, armazenamento e tratamento de águas de chuva, de acordo com a Figura 25. O sistema estudado, baseado na aplicação de radiação UV, apresentou boa eficiência na inativação de coliformes totais e *E. coli.*

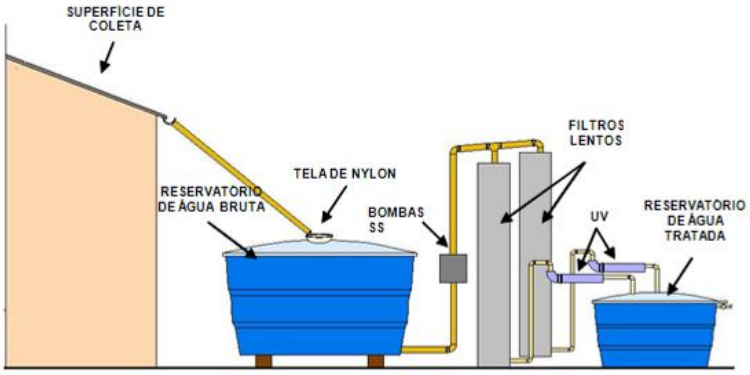


Figura 25 – Esquema do sistema de coleta, armazenamento e tratamento de água de chuva
Fonte: Bastos (2007)

Souza (2000) relata em sua experiência com desinfecção de água com cloro e com radiação UV que os principais resultados obtidos referem-se àqueles em que se verificou a relação entre a qualidade da água e a eficácia de inativação de *E.coli*. A turbidez pode ser um problema na desinfecção quando em valores altos, entretanto, há viabilidade de desinfecção de água com turbidez maior que 1,0 uT e cor maior que 5,0 uH com o emprego dos desinfetantes hipoclorito de sódio e radiação ultravioleta.

2.7.3.3.3 Ozônio

De acordo com Xu et al. (2002), a desinfecção com ozônio tem se mostrado um dos mais eficientes processos de desinfecção de água e tem sido muito utilizado para a inatividade de organismos patogênicos em água potável, especialmente na Europa, sendo ainda utilizada nos Estados Unidos desde 1970.

Por causa de sua operação e problemas de manutenção, os sistemas com ozônio têm sido menos atrativos que a desinfecção por cloração e por radiação UV.

3 METODOLOGIA

O desenvolvimento deste trabalho constituiu na captação de uma parcela de água de chuva escoada sobre três tipos de coberturas constituídas de diferentes materiais sendo eles: telhas metálicas (CTM), telhas de cimento amianto (CTCA) e telhas de barro (CTB), em edificações situadas em uma mesma localidade, para que fossem avaliadas as condições ideais do descarte do primeiro volume de água escoados das coberturas, para um aproveitamento mais eficiente nos sistemas prediais.

Para que a pesquisa alcançasse o objetivo pretendido na revisão bibliográfica foram estudados fatores como:

- o potencial de utilização da água de chuva de acordo com a região em que ela é coletada;
- a qualidade desta água, principalmente depois de passar por superfícies de captação tendo sido descartadas as primeiras águas escoadas;
- os riscos de utilização da água de chuva sem um sistema de captação eficiente evitando conexões cruzadas, e
- os principais componentes de um sistema de aproveitamento de água de chuva.

Primeiramente foram identificados os diferentes tipos de coleta de água de chuva que atualmente estão em fase de experimento ou que já foram implantadas em diversas partes do mundo incluindo o Brasil, visando o uso sustentável da água e a sua utilização em sistemas prediais.

Os diferentes tipos de coletas de água de chuvas são influenciados principalmente pelas características pluviométricas do local da coleta. No caso da presente pesquisa, as características pluviométricas do município de Goiânia são apresentadas a seguir, demonstrando que esta metodologia foi influenciada pela variação pluviométrica ocorrida no local.

A metodologia utilizada para a realização desta pesquisa contemplou dois momentos distintos, denominados de Etapa 1 e Etapa 2, de acordo com o Fluxograma da Figura 26.

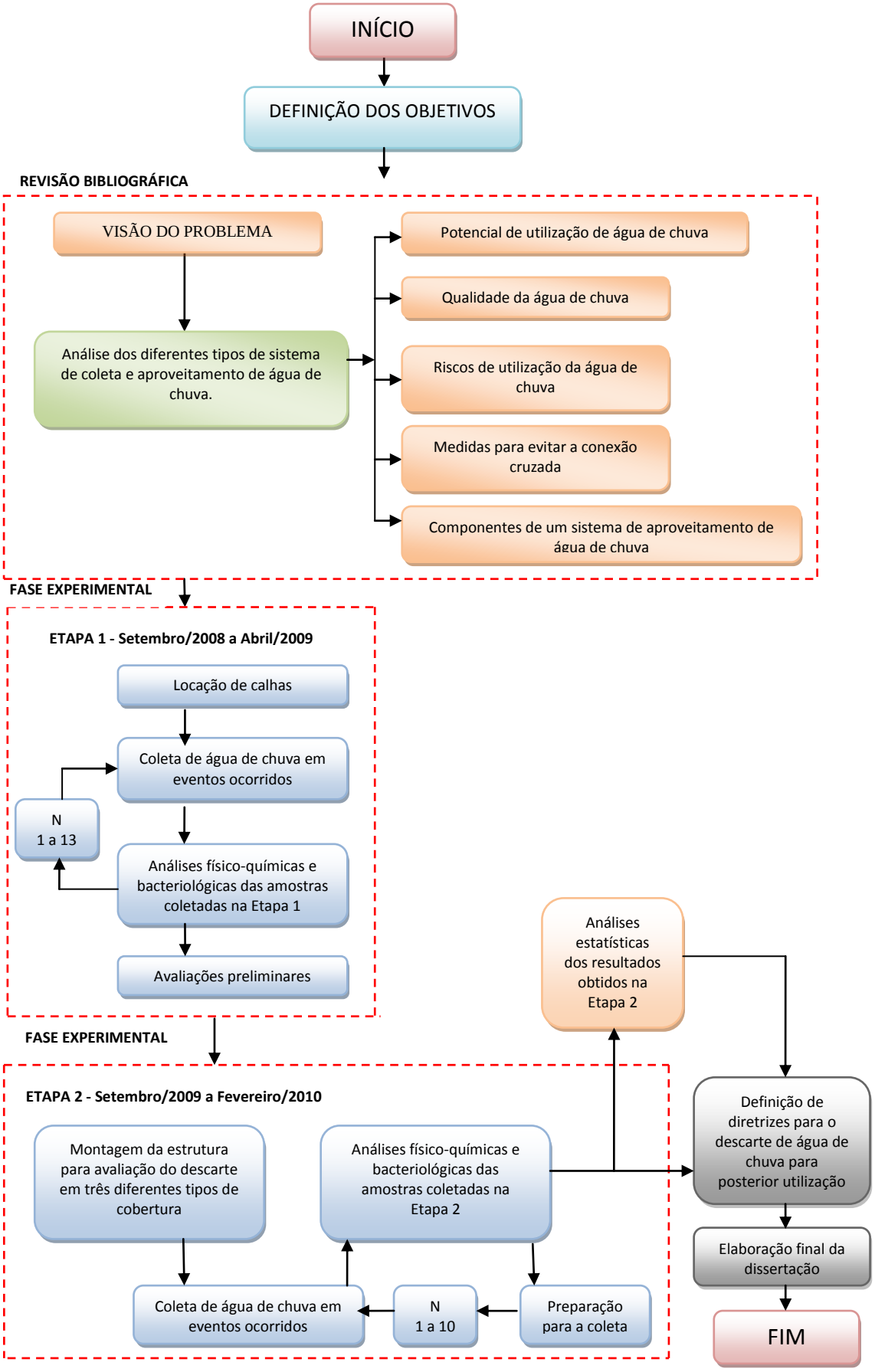


Figura 26 – Fluxograma das etapas de realização da pesquisa

3.1 CARACTERÍSITICAS PLUVIOMÉTRICAS DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA

Quanto ao perfil característico de precipitação na Região Centro Oeste, pode-se destacar que o estado de Goiás, é caracterizado por duas estações climáticas bem definidas: uma chuvosa, com excesso hídrico climático e outra seca, com ausência quase total de chuvas, de acordo com Silva (1995), que realizou uma pesquisa para caracterização hídrica e climática do estado. Foram utilizados dados diários de chuva de 153 estações com série superior a dez anos de observação, distribuídas na área total do estado que é de 340.165,9 km².

O ano do estudo foi dividido em trinta e seis decênios e mais cinco dias para a elaboração da pesquisa. Os resultados demonstraram que de um modo geral, a partir de 27 de novembro de 1994 todo o estado apresentou excesso hídrico climático entre 20 mm a 160 mm até 10 de abril de 1995. A partir desta data até 28 de setembro de 1995, foi marcado por profunda deficiência hídrica com a fase mais crítica acontecendo nos meses de agosto e setembro de 1995 quando também as temperaturas estiveram mais elevadas, a umidade mais baixa e os ventos mais fortes.

O gráfico da Figura 27 ilustra as precipitações mensais acumuladas ao longo dos últimos dez anos na cidade de Goiânia, capital do estado de Goiás e demonstra que elas apresentaram a mesma tendência observada no restante do estado, com a estação chuvosa se iniciando no mês de setembro e finalizando nos meses de abril e maio.

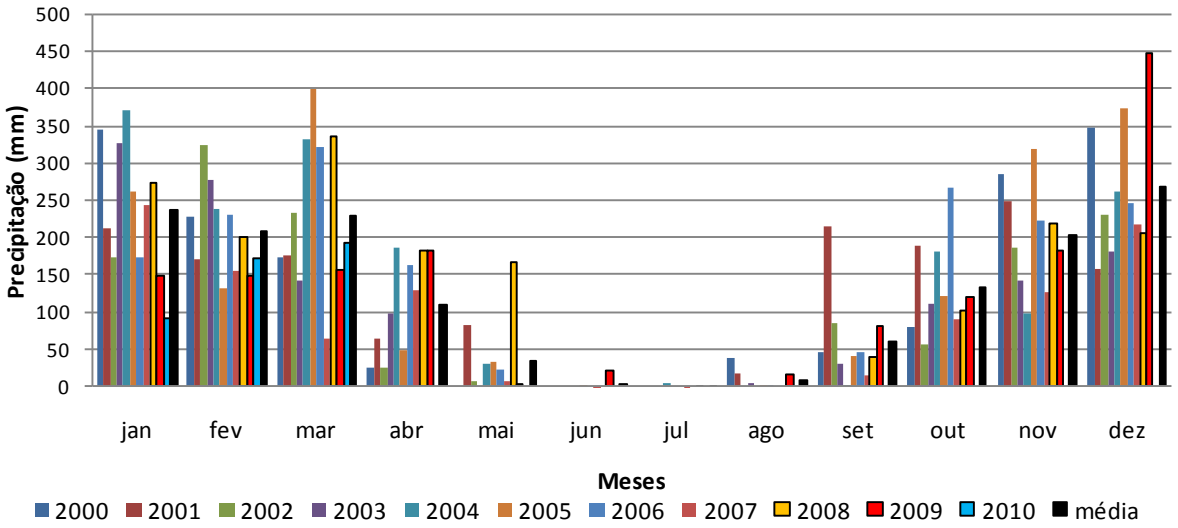
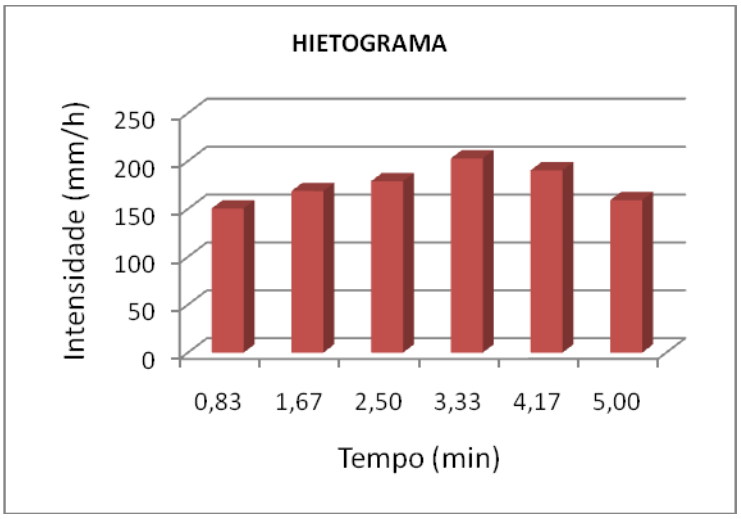


Figura 27 – Índice de precipitação mensal acumulada de Goiânia entre 2000 e 2010
Fonte : Adaptado de: meteorgo /simego/sectec

O período de estiagem na cidade é de aproximadamente cinco meses. A partir dos dados pluviométricos locais, que permitiram calibrar uma equação das chuvas do município,

de acordo com a Figura 28, pode-se gerar o hietograma de Goiânia, o qual apresenta o índice pluviométrico 159,30 mm para uma chuva com duração de cinco minutos, com o período de retorno de cinco anos. Este dado servirá como referência para o cálculo de vazão de cada telhado ao se estabelecer o volume de descarte pretendido.



Dados de Entrada		
Cidade	Duração	Período de retorno
Goiânia	5 min	5 anos

Dados de Saída	
Tempo (min)	Intensidade (mm/h)
0,83	150,63
1,67	168,76
2,50	179,09
3,33	202,88
4,17	190,42
5,00	159,30

Figura 28 – Hietograma de projeto para Goiânia baseado no processo de blocos alternados
Fonte: Adaptado de Costa (1999)

3.2 EXPERIMENTO REALIZADO

Na primeira etapa do experimento, as águas de chuva foram coletadas diretamente das calhas e condutores verticais, sem que houvesse equipamentos de seleção da água descartada e armazenada ou filtros para retenção do material grosseiro. As calhas e tubulações de descida foram colocadas durante o período do experimento, ao longo de treze coletas efetuadas.

Para simular o descarte, foram desprezados os primeiros quinze minutos de chuva para o início de cada coleta, de acordo Vaccari et al. (2005) e Tsakovsk et al. (2009) que determinam o tempo de dez a quinze minutos para que as águas escoadas façam a limpeza prévia das coberturas.

Foram realizadas análises físico-quimicas e bacteriológicas das amostras coletadas após cada um dos treze eventos ocorridos. Posteriormente o aprendizado obtido nesta etapa forneceu subsídios para o planejamento e implementação da Etapa 2 do experimento, que considerou a coleta de água por volume escoado desde o início da precipitação.

Na Etapa 2, foi construído um sistema para a captação da água de chuva das três coberturas estudadas, utilizando:

- galões de armazenamento provisório de 25 L cada, nos quais ocorreu a separação das águas a serem descartadas por volume de precipitação, no total de 150 L de água, equivalentes aproximadamente aos primeiros 2 mm de chuva, considerando que cada área de cobertura era de 75 m²;
- filtro tipo Vortex da Wisy (WWF 150) para áreas de telhado de até 500,00 m²;
- bombonas de 200 L para o armazenamento após o descarte de água de chuva que era coletada a cada evento de precipitação considerando um espaçamento de aproximadamente quinze dias.

A água coletada nos seis galões de armazenamento provisório e também aquelas armazenadas nas bombonas, após passar pelo filtro, foram analisadas para a avaliação da qualidade de acordo com o Quadro 13, que apresenta os parâmetros utilizados. Para a avaliação da qualidade considerou-se os parâmetros sugeridos na NBR 15.527 (ABNT, 2007), a Resolução CONAMA 357/2005 para águas classe 2, a Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2005), Guidelines for Canadian Recreational Water Quality (GCRWQ, 1992) e Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters (AWQGFMW, 1992), por serem considerados de importância na qualidade de água de acordo com sua utilização.

Quadro 13 – Parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos selecionados para análise

<table>
<tr><th>FÍSICO</th><th>QUÍMICO</th><th>BACTERIOLÓGICO</th></tr>
<tr><td>Turbidez</td><td rowspan="3">pH</td><td rowspan="3">Coliformes Totais</td></tr>
<tr><td>Cor aparente</td></tr>
<tr><td>Odor</td></tr>
<tr><td>Temperatura</td><td rowspan="2">Alcalinidade</td></tr>
<tr><td>Sólidos Totais</td><td rowspan="4">Escherichia coli</td></tr>
<tr><td>Condutividade</td><td rowspan="3">Dureza</td></tr>
<tr><td>Sólidos Dissolvidos</td></tr>
<tr><td>Ferro</td></tr>
</table>

3.2.1 LOCAL DA PESQUISA E COLETAS DA ÁGUA DE CHUVA

As coberturas utilizadas para a realização deste trabalho encontram-se localizadas em edificações no pátio interno da EEC-UFG, conforme apresentado nas Figuras 29 e 30. As edificações são próximas uma das outras num raio máximo de 20,00 m. Assim, pode-se dizer que as águas de chuva captadas nos três pontos de coleta possuíam as mesmas características antes de chegar às coberturas, não sofrendo interferências de diferentes intensidades, duração e freqüência de chuva ou presença de diferentes tipos de vegetação no entorno, ou de diferentes tipos de poluentes trazidos pelos ventos.

Figura 29 - Localização frontal da área de coleta na UFG

Figura 30 – Vista aérea posterior dos telhados

Pressupõe-se que as diferentes áreas de captação estão sujeitas a receberem os mais variados tipos de poluentes da atmosfera, deposição de folhas e galhos de árvores existentes na localidade ou dejetos, pelo acesso de pequenos animais e pássaros, por estarem situadas na mesma localidade. As coberturas não receberam nenhum tratamento para o início das pesquisas, estando com as características de quando foram executados há mais de cinco anos, assim como não foi feita limpeza prévia antes da primeira chuva.

Para se obter a mesma área de contribuição nas três coberturas foram colocadas sob os beirais, calhas de zinco com diferentes medidas de comprimento para captar a água de chuva escoada, de acordo com o necessário.

Uma parte dos dados relativos às intensidades das precipitações ocorridas, principalmente da primeira etapa, foi obtida do Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás (SIMEHGO), da Secretaria de Ciência e Tecnologia, que é um dos órgãos que monitoram as precipitações e outras variáveis relativas ao clima, ocorridas no município de Goiânia-GO.

A outra parte dos dados teve sua coleta iniciada após a instalação do pluviógrafo e do pluviômetro no pátio interno da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás (EEC-UFG), situados na posição indicada na Figura 31, próximo à área de estudo.

Figura 31 – Localização dos pluviógrafos e local da pesquisa

O pluviógrafo instalado consiste no modelo P300 da fabricante Irriplus. É um dispositivo eletromecânico que tem por finalidade medir e registrar de hora em hora a precipitação líquida ocorrida sendo mostrado em um visor a precipitação diária, sem a necessidade de conexão com o computador. Tem uma resolução de 0,33 mm tendo sido testado para precipitações de até 200 mm, possuindo a área do funil de 314 cm².

O pluviômetro possui o diâmetro da boca do funil de 20 cm, e teve sua leitura efetuada diariamente, após o evento de chuva que propiciou o preenchimento completo de todos os galões de armazenamento provisório.

3.2.2 EQUIPAMENTOS PARA ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA

As temperaturas ambientes foram levantadas no momento do evento, e após cada coleta efetuada foram tomadas as temperaturas da água de cada cobertura.

As análises foram realizadas pelo Laboratório Central da SANEAGO – ETA Jaime Câmara e no Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito de acordo com os métodos e equipamentos descritos no Quadro 14, segundo as recomendações do "*Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*"(APHA et al., 2004).

Quadro 14 – Relação dos métodos e equipamentos utilizados nas análises de água de chuva

PARÂMETROS	SANEAGO	
	MÉTODO	EQUIPAMENTO
Turbidez	Nefelométrico	HACH – 2100P
Cor aparente	Espectroscopia	AQUA COLOR policontrol
Condutividade	Eletroquímico	DIGIMED DM-31
pH	Eletroquímico	DIGIMED DM-20
Alcalinidade	Titulométrico de neutralização	Indicador – Verde bromocresol
Dureza	Volumétrico por titulometria	Indicador – negro de eriocromo T
Sólidos Dissolvidos	Eletroquímico	DIGIMED DM-31
Ferro	Nefelométrico	HACH – 2100P
Sólidos Totais	Gravimétrico	Balança analítica Bomba de vácuo Estufa Mufla Filtração com membrana
Coliformes Totais	Tubos múltiplos	Indicador – Lauryl com MUG

3.3 ETAPA 1 DO EXPERIMENTO – COLETA MANUAL

Na Etapa 1 da pesquisa, de acordo com a Figura 32, as áreas de contribuição utilizadas estavam voltadas para o centro do pátio sendo que cada telhado recebeu calhas em zinco sob os beirais.

A cobertura em telhas de cimento amianto possuía as menores dimensões, com 75,80 m² e foi tomada como referência tendo a calha sido colocada em todo o seu comprimento. As demais calhas tiveram o seu tamanho limitado para que fossem determinadas mesmas áreas de contribuição para os três tipos de cobertura.

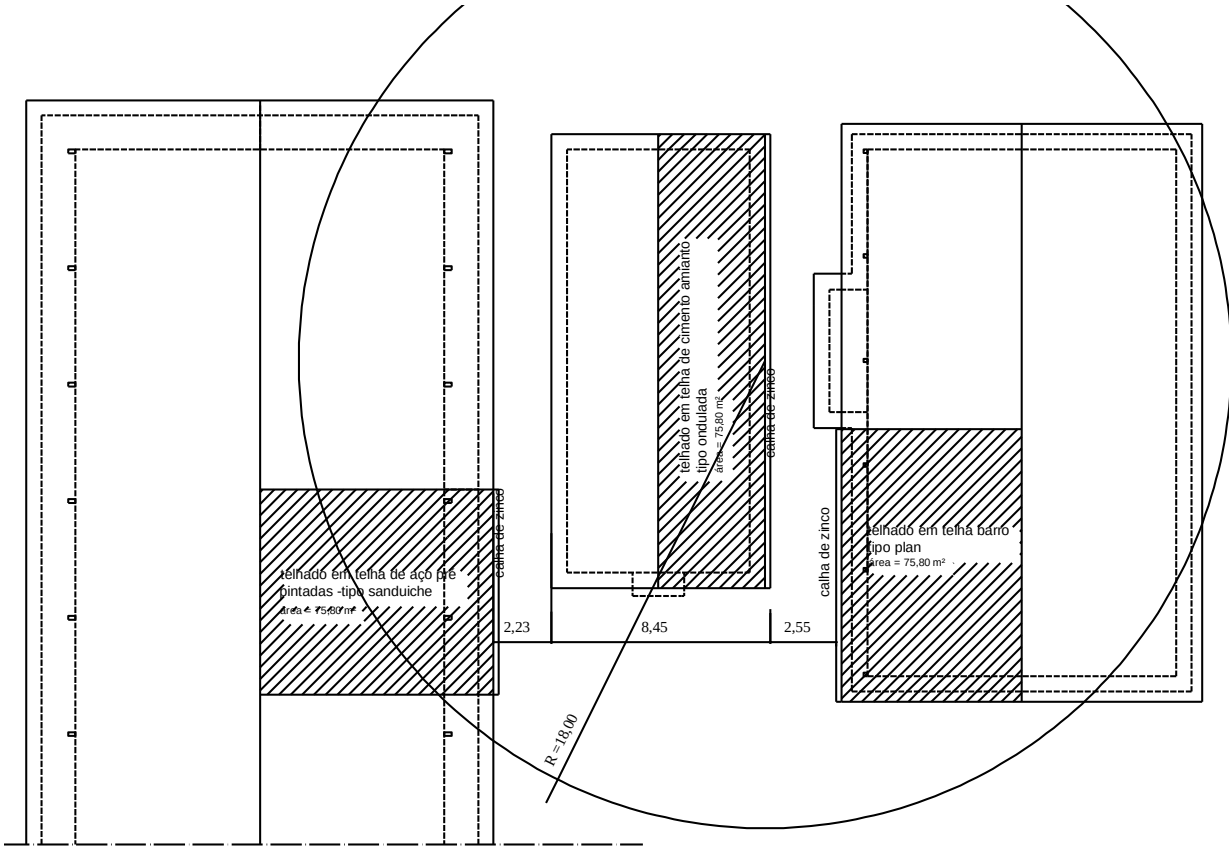


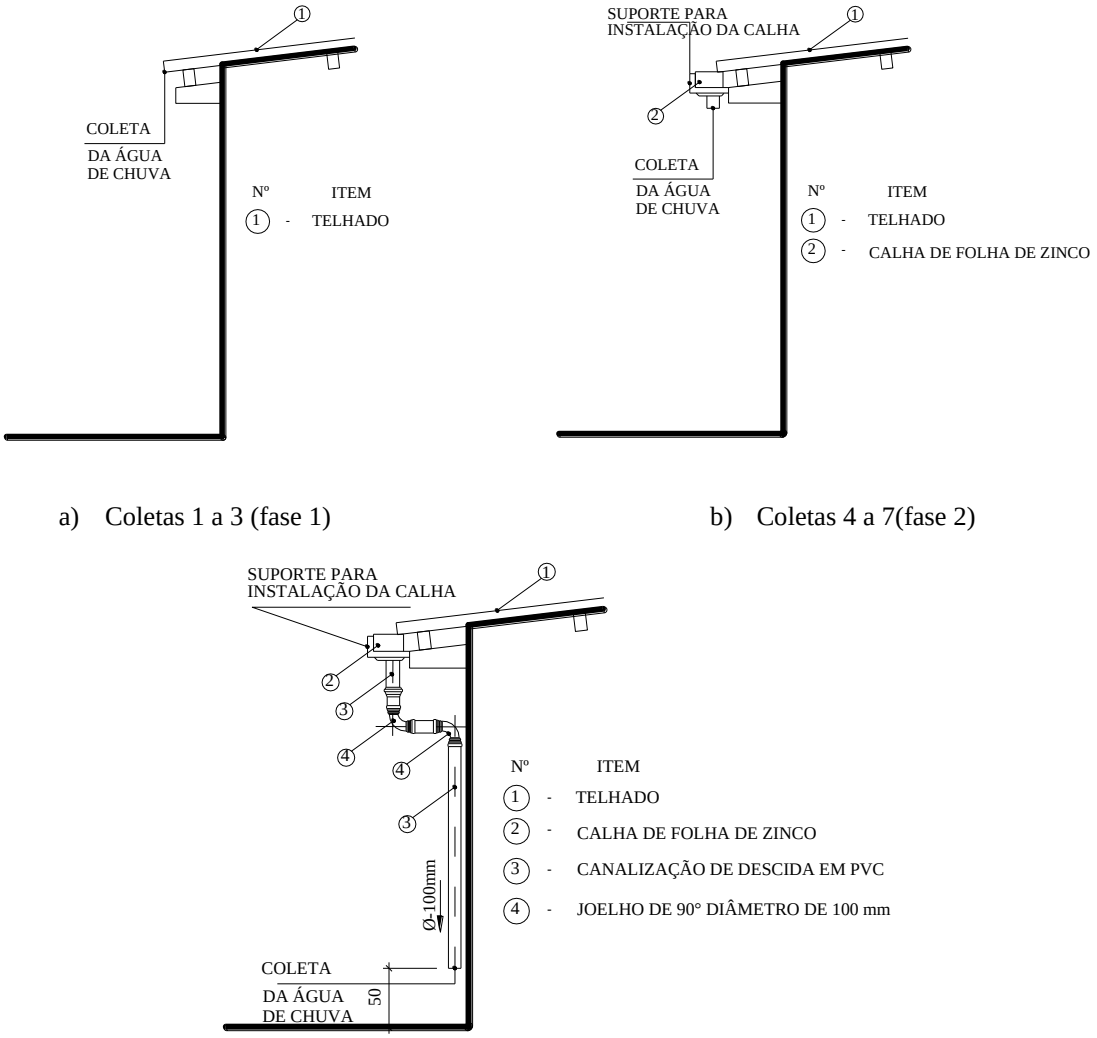
Figura 32 – Disposição das edificações utilizadas na coleta na EEC-UFG na Etapa 1

3.3.1 **Metodologia utilizada para captação da água de chuva dos telhados**

A diferença ocorrida entre os métodos de captação das águas escoadas nos telhados nesta primeira etapa foi a instalação dos equipamentos e peças para coleta. As calhas e condutores verticais foram sendo instalados durante o período experimental como demonstrado na Figura 33, onde estão determinadas três fases distintas de coleta.

As três primeiras coletas, correspondentes à fase 1, foram efetuadas diretamente das águas que escoavam do telhado sem que passassem por nenhum tipo de condutores ou conexões. As águas foram coletadas em recipientes plásticos de 3,6 L, posicionados abaixo do beiral do telhado e transpostas para frascos de 0,5 L e frascos específicos para análises bacteriológicas, os quais foram encaminhados para análise nos laboratórios de rotina da SANEAGO: ETA Jaime Câmara e ETE Dr. Hélio Seixo de Brito em Goiânia.

A fase seguinte contemplou quatro coletas em que as águas escoavam nas coberturas e eram captadas por calhas de zinco. Não havia ainda os condutores verticais, porém as águas escoavam somente por um ponto de descida localizado no extremo de cada calha, onde foram feitas as coletas



a) Coletas 1 a 3 (fase 1)

b) Coletas 4 a 7(fase 2)

c) Coletas 8 a 13 (fase 3)

Figura 33 – Disposição dos equipamentos ao longo do experimento

.

As últimas coletas, correspondentes à fase 3, ocorreram com as tubulações de descida em PVC já colocadas a partir das calhas até 50 cm acima do piso, sendo as águas coletadas diretamente nos frascos para análises físico-químicas e bacteriológicas.

A Figura 34 mostra as tubulações de descidas de 100 mm, em PVC, conectadas às calhas de zinco que representa a fase final de colocação de equipamentos da primeira etapa em cada tipo de cobertura.

a) cobertura em telhas metálicas b) cobertura em cimento amianto c) cobertura em telhas de barro

Figura 34 - Disposição das calhas nas edificações

As águas da chuva precipitadas diretamente da atmosfera, sem que passassem por nenhum tipo de cobertura ou contato com quaisquer superfícies, foram coletadas e armazenadas em um vasilhame de vidro, tipo Becker de 2000 mL, previamente esterilizado e apoiado sem fixação, sobre um suporte de aproximadamente 70 cm de altura, a fim de evitar respingos, de acordo com a Figura 35. O local de coleta era bastante aberto, sem árvores ou coberturas que pudessem interferir nas características da água coletada, para a comparação de qualidade com as outras coletas.

Figura 35 – Coleta de água sem passar por nenhum tipo de cobertura

3.3.2 **Frequência das coletas na Etapa 1**

As coletas foram planejadas para ocorrer em períodos de 15 em 15 dias após a primeira chuva, ocorrida no dia 17 de setembro de 2008. Durante o período do experimento

ocorreram imprevistos que inviabilizaram o cumprimento do cronograma como previamente planejado, tais como:

- ocorrência de precipitação durante a noite;
- precipitações com alta intensidade, mas em curto espaço de tempo, inviabilizando a coleta que era realizada manualmente;
- precipitações que não causavam a ocorrência de escoamento nos telhados em função do baixo volume;
- falta do equipamento necessário que possibilitaria a coleta sem a necessidade da presença humana;
- impossibilidade do recebimento do material pelo laboratório da SANEAGO em finais de semana ou feriado.

3.4 ETAPA 2 DO EXPERIMENTO

Nesta etapa, alterou-se o local da calha da CTB para que não houvesse diferenças na precipitação em relação à direção dos ventos, estando os pontos da cobertura que fizeram parte do estudo, eqüidistantes em 20,00 m de distância do centro da circunferência, de acordo com a Figura 36.

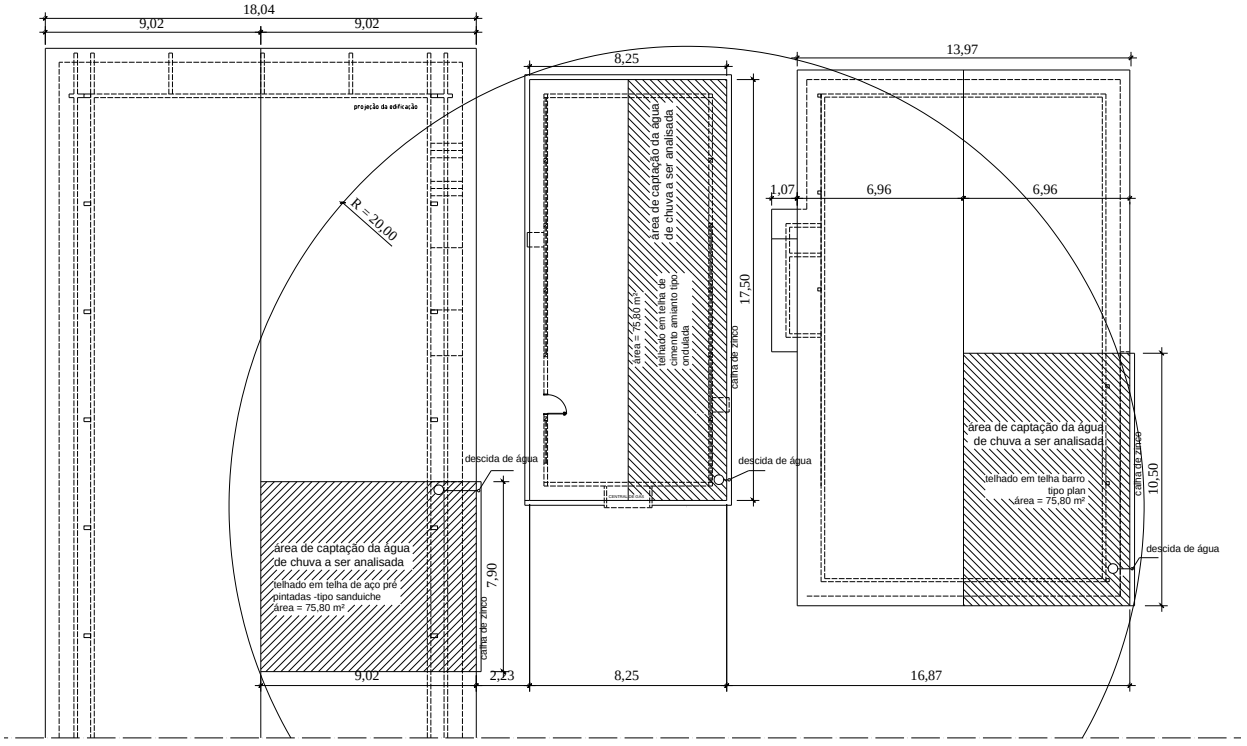


Figura 36 – Localização das coberturas de diferentes materiais na EEC-UFG na Etapa 2

Como na Etapa 1, a cobertura em telhas de cimento amianto possuía as menores dimensões, com 75,80 m² de área e foi tomada como referência tendo a calha sido colocada

em todo o seu comprimento. As demais calhas tiveram o seu tamanho alterado para que fossem determinadas mesmas áreas de contribuição para os três tipos de cobertura

3.4.1. Critérios para estudo dos telhados

Para se obter os dados necessários de volume de água com qualidade compatível entre os três tipos de cobertura, foi necessário definir parâmetros locais para os cálculos a serem utilizados. Para isso a medida do comprimento das calhas foi alterada, para que todas as áreas de contribuição tivessem o mesmo valor.

De acordo com a Figura 37, para o cálculo das variáveis a serem utilizadas foram considerados:

a = ângulo de inclinação da cobertura;

LT = largura total do telhado;

LP = largura da projeção horizontal do telhado que capta as águas de chuva a serem utilizadas;

CD = largura considerando a inclinação do telhado;

C = comprimento do telhado que capta as águas de chuva escoadas para a calha;

Ht = altura do telhado.

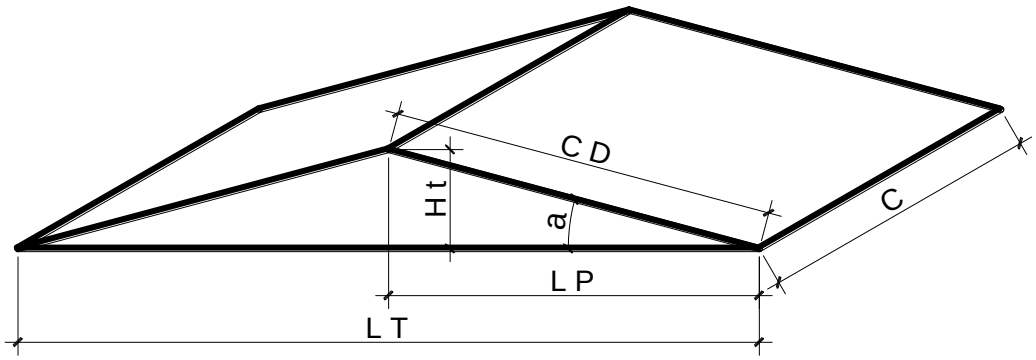


Figura 37 – Esquema das medidas a serem utilizadas nos telhados

Segundo a NBR 10.844 (ABNT, 1989), a área de contribuição para o telhado inclinado sem que haja nenhuma interferência de chuva por paredes que as interceptam é determinada pela equação:

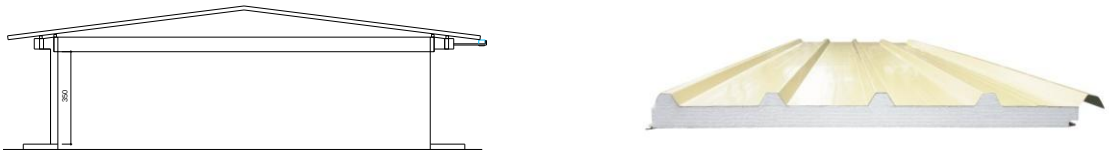
$$A = (LP + \frac{Ht}{2}) \times C \qquad \text{Equação (2)}$$

3.4.2 **Características das coberturas**

Neste estudo foram avaliados três tipos de coberturas, cada uma constituída de um tipo de material diferente. As coberturas, existentes a mais de cinco anos no local, foram construídas de acordo com os critérios do fabricante de cada tipo de telhas, critérios estes que atualmente ainda estão sendo utilizados no mercado.

3.4.2.1 *Cobertura com telhas metálicas (**CTM**)*

A cobertura é constituída de telhas trapezoidais com núcleo de poliuretano expandido, formando um conjunto rígido, conhecido como "sanduíche", pintadas pelo sistema Coil Coating da CSN, um sistema de multicamadas com resina à base de poliéster e está apresentada na Figura 38.



a) Vista da edificação

b) Tipo de telha utilizada na cobertura
Fonte: Isoeste (2009)

Figura 38 – Padrão de cobertura em telhas metálicas

Estas telhas são lisas, sem sobreposição, e a execução da calha foi realizada para cobrir uma área de contribuição do edifício do Bloco H da EEC-UFG, com as seguintes dimensões:

LT = 18,04 m
LP = 9,02 m
CD = 9,09 m
C = 7,90 m
Ht = 1,15 m

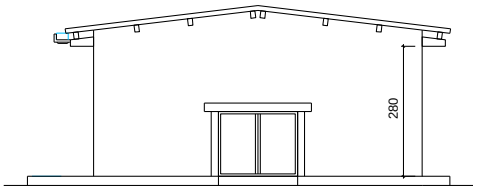
A área de contribuição da cobertura em telhas metálicas foi calculada utilizando a Equação 1, da seguinte forma:

$$A = \left(9,02 + \frac{1,15}{2}\right) \text{ x } 7,90$$

A = 75,8 m².

3.4.2.2 *Cobertura com telhas em cimento amianto (**CTCA**)*

A cobertura é composta por telhas de cimento amianto, tipo ondulada, de acordo com a Figura 39, Está localizada no edifício do Laboratório de Sistemas Prediais, Bloco J, da EEC-UFG.



a) Vista da edificação

a) Tipo de telha utilizada na cobertura
Fonte: Eternit (2009)

Figura 39 – Padrão de cobertura em telhas de cimento amianto

As telhas possuem sobreposições e a execução da calha foi realizada para cobrir uma área de contribuição com as seguintes dimensões:

LT = 8,24 m
LP = 4,12 m
CD = 4,15 m
C = 17,35 m
Ht = 0,50 m

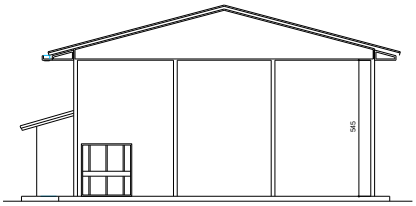
A área de contribuição da cobertura em cimento amianto foi calculada utilizando a Equação 1, assim tem-se:

$$A = \left(4{,}12 + \frac{0{,}50}{2} \right) \text{ x } 17{,}35$$

A = 75,8 m²

3.4.2.3. *Cobertura com telhas de barro (**CTB**)*

A cobertura é composta de telhas de barro tipo plan na edificação do Laboratório de Engenharia Elétrica, Bloco K, de acordo com a Figura 40.



a) Vista da edificação

a) Tipo de telha utilizada na cobertura
Fonte: Tapúia (2009)

Figura 40 – Padrão de cobertura em telhas de barro

As telhas possuem sobreposições e a execução da calha foi realizada para cobrir uma área de contribuição com as seguintes dimensões:

LT = 13,92 m
LP = 6,96 m
CD = 7,20 m
C = 9,61 m
Ht = 1,85 m

A área de contribuição da cobertura em telhas de barro foi calculada utilizando a Equação 1, assim tem-se:

$$A = \left(6{,}96 + \frac{1{,}85}{2} \right) \text{ x } 9{,}61$$

A = 75,8 m²

3.4.3 Materiais usados para o sistema de coleta

Para otimizar a coleta de água e permitir o seu armazenamento com amostras ao longo da precipitação, foi idealizado e montado um dispositivo composto de tubos, conexões, filtros e galões conforme pode ser visto na ilustração da Figura 41, juntamente com a relação de peças e quantitativos utilizados do Quadro 15.

Este dispositivo foi montado para cada telhado a ser estudado na localização das descidas de água dos telhados utilizados para realizar a Etapa 1, para o telhado em telhas metálicas e de cimento amianto e no lado oposto no telhado de telhas de barro e foi utilizado em todas as coletas realizadas na Etapa 2 da pesquisa.

Os três sistemas de captação e descarte de água de chuva foram montados, tendo os componentes de cada sistema sido doados em parte por empresa do ramos de tubos e conexões e parte adquiridos pelos pesquisadores ou por verba específica.

O Filtro Wisy e as bombonas de armazenamento foram adquiridos pela verba destinada à pesquisa. Estes equipamentos foram cotados e comprados no mês de agosto de 2009.

Os custos destes componentes, incluindo os filtros e as bombonas, foi calculado com base no preço de mercado, em janeiro de 2010, num total de R$ 7.900,00 (sete mil e novecentos reais) aproximadamente.

A mão de obra não foi computada para estes cálculos por não ter sido utilizada mão de obra especializada. Os sistemas foram montados pelos próprios pesquisadores.

Na Figura 41 estão apresentadas ainda, as entradas de água para o filtro, e saída de água do filtro para o descarte e do filtro para a bombona de armazenamento.

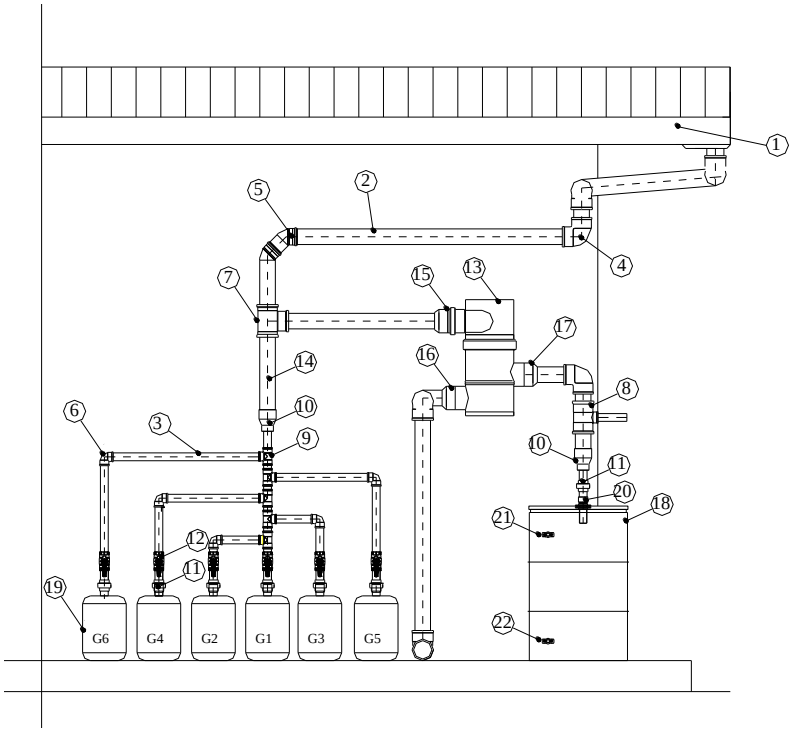


Figura 41 – Esquema do sistema de captação de água de chuvas das coberturas

Quadro 15 – Relação de peças e quantitativos utilizados nas coberturas estudadas

Nº	Quantidade por telhado	Quantidade total	Ítem
1		34,85m	Calha de zinco
2	8 m	24,00 m	Tubo em pvc esgoto série normal – diâmetro de 100 mm
3	8 m	24,00 m	Tubo em pvc – diâmetro de 50 mm soldável marrom
4	6 un	18 un	Joelho de 90° diâmetro de 100 mm
5	4 un	12 un	Joelho de 45° diâmetro de 100 mm
6	10 un	30 un	Joelho de 90° diâmetro de 50 mm
7	1 un	3 un	Tê 90° diâmetro de 100 mm
8	2 un	6 un	Tê 90° de redução – diâmetro de 100 mm para 50 mm
9	5 un	15 un	Tê 90° diâmetro de 50 mm
10	2 un	6 un	Redução - diâmetro de 100 mm para 50 mm
11	7 un	21 un	União soldável - diâmetro 50 mm
12	6 un	18 un	Registro esfera VS compacto soldável – diâmetro de 50 mm
13	1 un	3 un	Filtro vortex (WFF) da WISY
14	-	-	Entrada da água escoada dos telhados
15	-	-	Entrada para o filtro – diâmetro de 150 mm
16	-	-	Saída para o descarte – diâmetro de 100 mm
17	-	-	Entrada para a bombona após passar pelo filtro
18	1 un	3 un	Bombona com tampa removível na cor azul – capacidade de 200 L
19	6 un	18 un	Recipientes de armazenamento de água descartadas – capacidade de 25 L
20	2 un	6 un	Adaptador flange com anel – diâmetro de 25 mm
21	2 un	6 un	Registro VS – diâmetro de 25 mm
20	1 un	3 un	Adaptador flange com anel – diâmetro de 50 mm
22	10 un	30 un	Luva simples PVC esgoto - diâmetro 100 mm
23	5 un	15 un	Luva soldável - diâmetro de 50 mm
24	15 un	45 un	Anel de borracha – diâmetro de 100 mm
24	5 un	15 un	Anel de borracha – diâmetro de 50 mm
25	6 un	18 un	Abraçadeira – diâmetro de 1.1/2”
26	6 un	18 un	Abraçadeira - diâmetro de 2”
27		280 un	Frascos de 50 ml com tampa para a coleta
28		150 un	Frascos tubos múltiplos para análises bacteriológicas
29	variados		Veda rosca, pasta lubrificante, adesivo, solução limpadora, lixa de papel para ferro, estopa, normógrafo e marcador para sinalização, mangueira plástica – diâmetro de 50 mm para engate.

A Figura 42 apresenta o esquema do mecanismo de coleta, armazenamento e encaminhamento das amostras de água coletadas em cada tipo de cobertura. A finalidade das coletas de várias amostras ao longo das precipitações é de estabelecer a partir de qual volume a água escoada nas diferentes coberturas estará com qualidade para aproveitamento atendendo aos padrões estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

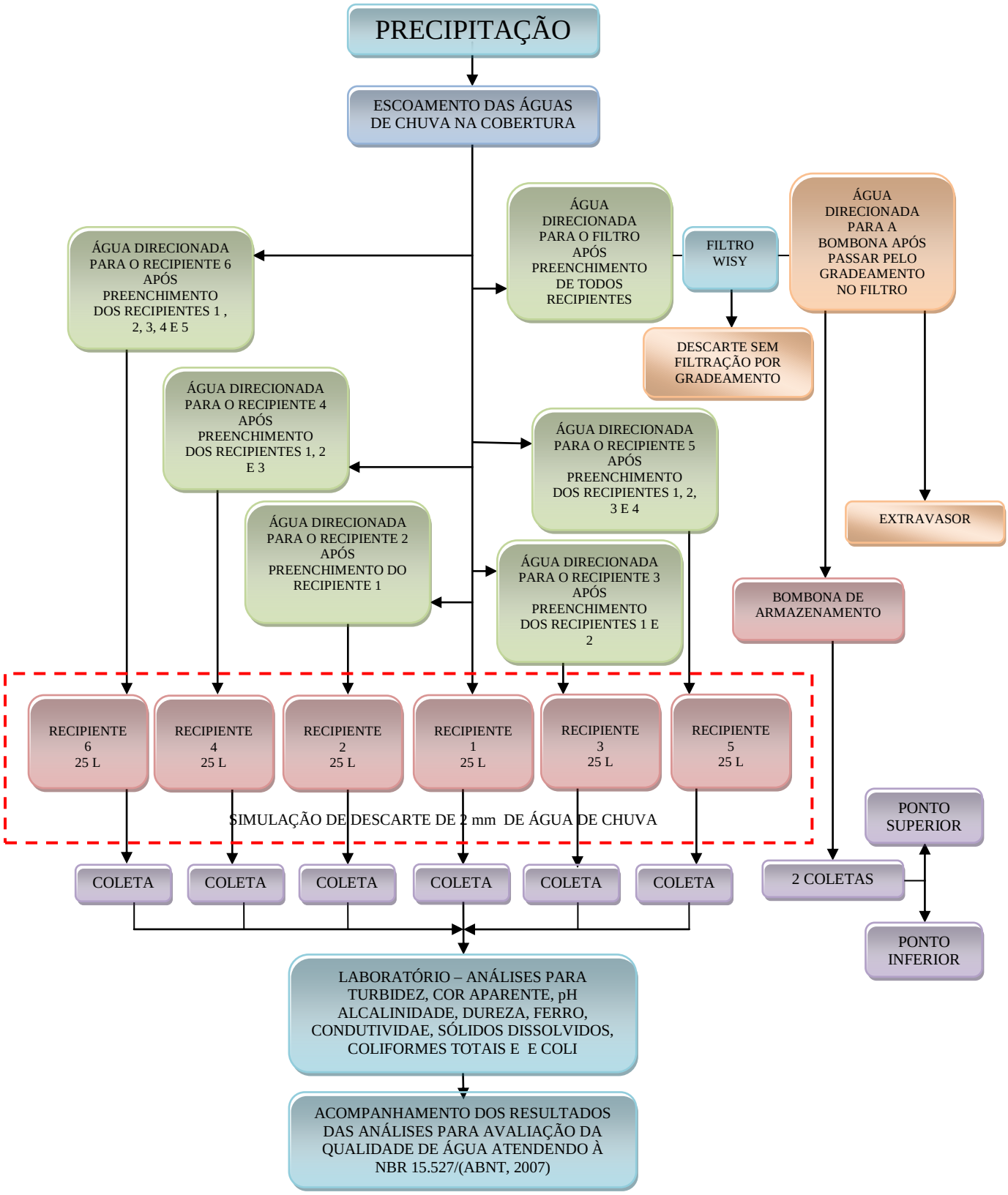


Figura 42 – Esquema dos componentes do sistema de captação de água de chuva

A água captada pelas calhas de zinco, em cada tipo de cobertura, escoava pelos condutores verticais e era armazenada temporariamente em seis recipientes plásticos. Esses recipientes foram numerados de 1 a 6, e o preenchimento ocorreu na ordem da numeração após cada um ser preenchido completamente.

As coletas foram efetuadas nos seguintes pontos, de acordo com a seguinte nomenclatura:

- M1, M2, M3, M4, M5 e M6 nos galões de armazenamento provisório da CTM e RM1 a 0,25 m na parte superior e RM2 a 0,25 m na parte inferior da bombona;
- C1, C2, C3, C4, C5 e C6 nos galões de armazenamento provisório da CTCA e RC1 a 0,25 m na parte superior e RC2 a 0,25 m na parte inferior da bombona;
- B1, B2, B3, B4, B5 e B6 nos galões de armazenamento provisório da CTB e RB1 a 0,25 m na parte superior e RB2 a 0,25 m na parte inferior da bombona.

As duas coletas na bombona de armazenamento permitiram avaliar a qualidade da água na parte superior e na parte inferior do armazenamento.

Estes galões encontram-se apoiados sobre o solo. Cada tubulação de ligação aos recipientes possuíam um registro de esfera em PVC soldável de 50 mm de diâmetro que foi utilizado para o acionamento manual para fechamento em períodos que não ocorriam coletas.

Para o cálculo do volume dos recipientes de armazenamento provisório, foi considerada uma área de contribuição de 75,8 m² representativa de cada cobertura.

Como era o objetivo a avaliação da qualidade da água de 2 mm de chuva, de acordo com o estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) e sabendo que 1 mm de chuva é representado por 1 mm de altura de chuva em 1 m², que é igual a 1 L, considerou-se avaliar 150 L de água descartada, correspondentes a 2 mm para a área de captação do experimento, que foram então divididos nos seis galões provisórios de 25 L cada, acima identificados.

O equipamento foi montado com tubos e conexões de PVC marrom soldável para os diâmetros menores e tubos e conexões PVC branco série leve para os diâmetros maiores, conforme demonstrado nas Figuras 43, 44 e 45, onde ficam evidenciadas pequenas diferenças nas localizações das bombonas de armazenamento, filtros de gradeamento e galões de armazenamento provisório de água de chuva, de acordo com o local das instalações. Foram ainda utilizados registros de esfera para o controle do período de captação de água dos galões e para a retirada de água das bombonas de armazenamento.

Figura 43 - Vista do sistema instalado para captação da água da CTM

Figura 44 – Vista do sistema instalado para captação da água da CTCA

Figura 45 – Vista do sistema instalado para captação da água da CTB

Após o completo preenchimento dos galões de armazenamento provisório, a água captada pelas calhas de zinco, em cada tipo de cobertura, foi direcionada a escoar pelos condutores verticais em PVC Série leve, até o filtro WFF (150) Wisy, representada pela Aquastock, conforme demonstrado na Figura 46.

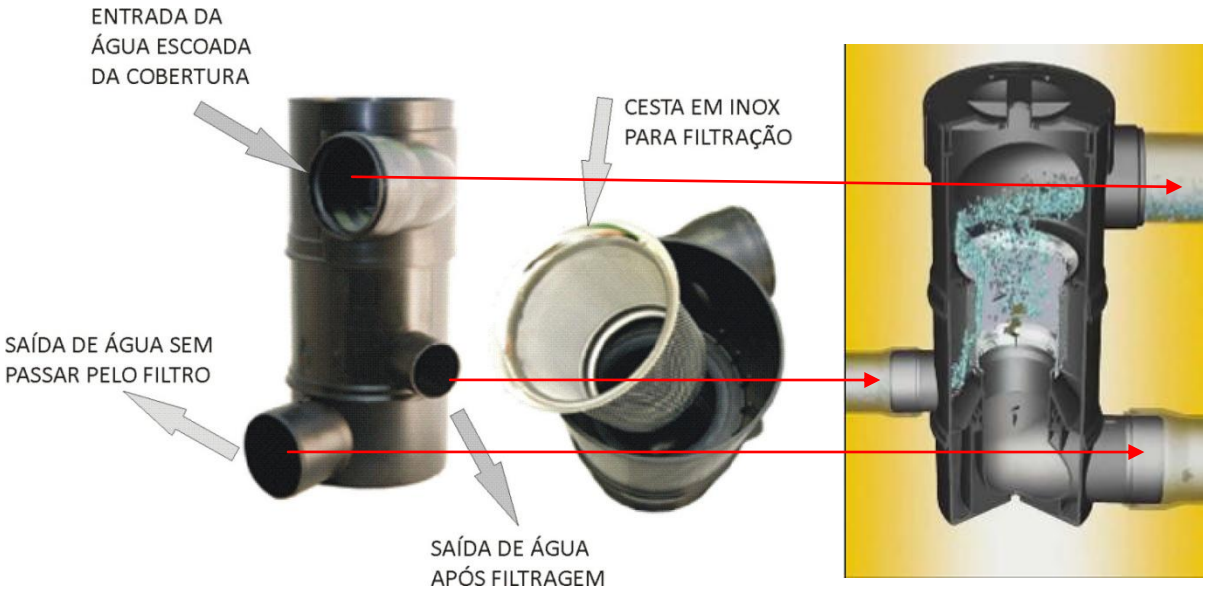


Figura 46 – Detalhe do Filtro Wisy WFF 150

Nesse filtro promovia-se a separação dos sólidos acima de 0,28 mm por meio da retenção em uma cesta interna de aço inox, cuja capacidade de filtração chegava a 90% da água escoada que passava pela cesta e era direcionada ao reservatório (bombona de armazenamento) apoiado sobre o solo.

De acordo com o fabricante, este modelo de filtro tem a capacidade de captar águas provenientes de uma superfície de até 500 m², possuindo entrada de 150 mm de diâmetro e saída de 100 mm de diâmetro para o armazenamento.

3.4.3 Coleta da água de chuva por volume acumulado

O sistema montado em cada edifício permitiu coletar amostras com o objetivo de determinar a partir de qual volume escoado pela cobertura, a água de chuva passa a ter qualidade para ser utilizada em sistemas prediais.

Foram coletadas águas das primeiras precipitações que ocorreram a partir do mês de setembro de 2009 e de outros eventos que se estenderam até o final do mês de fevereiro de 2010, totalizando 10 coletas.

Algumas variáveis que influenciaram na qualidade foram observadas no evento de chuva, como a intensidade da chuva e o tempo de estiagem que antecedeu cada coleta. Para a obtenção das amostras de água coletadas de cada cobertura, foi observado se os recipientes dos três sistemas instalados estavam completamente cheios para que as comparações pudessem ser efetuadas com eficiência. Caso contrário, os resultados não mostrariam eficiência no volume total de água descartada pretendido na pesquisa.

Cada telhado contribuiu de forma diferente em cada coleta quando foram apresentados resultados elevados para determinados parâmetros no galão de armazenamento provisório 1 e diminuindo rapidamente os valores até o galão de armazenamento provisório 6, enquanto que outro telhado apresentou resultados médios para o mesmo parâmetro em todos os 6 galões de armazenamento provisório, tornando importante o conhecimento da qualidade da água em cada um dos seis galões de 25 L.

Cada recipiente era desconectado do sistema por meio da união soldável que os mantinha ligados e a água homogeneizada para que a amostragem preservasse as características reais da água de chuva coletada, antes que fossem envasadas em recipientes apropriados e encaminhadas para análise.

Após cada evento de chuva ocorrido e após cada coleta efetuada nos dois pontos R1 e R2 da bombona de armazenamento, os registros da bombona ficaram abertos por 2 minutos para que a água armazenada fosse em parte descartada. A permanência da água no

reservatório cheio por um tempo longo, impedindo a entrada de água a cada evento de chuva, não simularia a sua real utilização em um sistema predial.

3.4.3.1 *Análises efetuadas no laboratório da concessionária de águas*

Foram analisadas as águas de chuva selecionadas para descarte coletadas dos seis galões de armazenamento provisório de cada um dos três tipos de cobertura, e as águas armazenadas após a filtração, coletadas a 25 cm do fundo da bombona de armazenamento e a 25 cm da borda superior da bombona de armazenamento.

O quantitativo das amostras que foram encaminhadas ao Laboratório da SANEAGO está apresentado no Quadro 16, assim como o custo total das análises realizadas.

Não foram efetuadas análises de todos os parâmetros para cada ponto de coleta. Foram realizadas análises para coliformes totais, *E. coli* e sólidos totais somente npara as amostras coletadas nos galões de armazenamento provisório 1 e 6 e nos dois pontos da bombona de armazenamento, por serem considerados pontos limites de concentração de poluentes. No referido quadro estão detalhadas as análises realizadas para cada ponto de amostragem de água de chuva com o total geral da quantidade de análises realizadas.

- R - 2 pontos de amostra de água armazenada, R1 e R2 nas bombonas nos três diferentes tipos de cobertura;
- G – amostra de água retirada de cada um dos seis recipientes de 25 L de cada um dos três tipos de cobertura;
- C – amostra de água de chuva coletada diretamente da atmosfera

Quadro 16 – Total de análises realizadas e respectivo custo total

Pontos de coleta	R1	R2	G1	G2	G3	G4	G5	G6	C	Total	Custo das análises realizadas em R$
Parâmetros	Análises realizadas por ponto de coleta									Total de análises realizadas	
Turbidez	15	9	30	30	30	30	30	30	1	205	1.025,00
Cor	15	9	30	30	30	30	30	30	1	205	1.025,00
Condutividade	15	9	30	30	30	30	30	30	1	205	1.025,00
Ph	15	9	30	30	30	30	30	30	1	205	1.025,00
Sólidos dissolvidos	15	9	30	30	30	30	30	30	1	205	1.025,00
Ferro	15	9	30	30	30	30	30	30	1	205	3.075,00
Alcalinidade	15	9	30	30	30	30	30	30	1	205	3.075,00
Dureza	15	9	30	30	30	30	30	30	1	205	3.075,00
Sólidos Totais	5	4	21	-	-	-	-	21	1	52	780,00
Sólidos Totais Voláteis	5	4	21	-	-	-	-	21	1	52	780,00
Sólidos Totais Fixos	5	4	21	-	-	-	-	21	1	52	780,00
Coliformes Totais	17	17	24	-	-	-	-	24	1	83	1.245,00
Escherichia coli	17	17	24	-	-	-	-	24	1	83	2.075,00
TOTAL GERAL	169	118	351	240	240	240	240	351	**13**	**1482**	**20.010,00**

As análises ocorreram a partir do dia 20 de setembro de 2009 após 8 dias de estiagem. A seguir, dentro das possibilidades meteorológicas, as análises ocorreram a cada quinze dias ou duas vezes por mês e tiveram como objetivo, selecionar a partir de qual material das coberturas estudadas se obtém os melhores resultados de água, tendo sido observados os períodos de estiagem entre elas.

As análises para coliformes totais, *E. coli* e sólidos totais ocorreram em menor número, tendo sido efetuadas as análises somente da água armazenada no galão provisório 1 e 6 e nos dois pontos de coleta da bombona de armazenamento.

As primeiras coletas dos dois pontos da bombona de armazenamento não ocorreram devido ao não preenchimento da mesma e as últimas coletas não foram utilizadas, pelo alto volume necessário de amostra para que fosse possível detectar sólidos totais na amostragem, devido à limpeza constante dos telhados.

O custos das análises para cada evento de chuva ocorrido foram diferentes para cada galão de armazenamento provisório por não terem sido efetuadas as análises de todos os parâmetros para cada galão. O cálculo foi feito baseando-se nos custos de análises praticadas no mercado de Goiânia, no mês de fevereiro de 2010.

3.4.4 Análise estatística dos dados

A análise estatística teve a finalidade de avaliar a relação entre a qualidade das águas captadas em cada um dos três tipos de cobertura e o tempo de estiagem que antecedeu cada coleta a fim de analisar a necessidade de descarte para a obtenção de água de melhor qualidade, capaz de proporcionar um tratamento mais simplificado da água que será aproveitada.

De posse de grupos de dados de cada tipo de cobertura, a primeira etapa para realizar as análises estatísticas foi verificar se estes dados estavam ou não em acordo com algum modelo estatístico teórico. No presente trabalho foi utilizado o Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov (Z) para uma variável para comprovação ou não de normalidade dos dados das coletas nos galões de armazenamento provisório e bombonas de armazenamento para a escolha dos testes a serem aplicados, apresentados na Tabelas do Apêndice C.

Existem dois grupos de Testes de Hipóteses:

- Testes Paramétricos;
- Testes Não Paramétricos.

Como as coletas obtidas tinham distribuição normal, o teste de hipótese foi o paramétrico e o software estatístico utilizado foi o SPSS versão 16.0.

Os testes paramétricos são utilizados quando se deseja fazer comparações entre variáveis do tipo numérica e real.

Nesse trabalho foram utilizados os seguintes testes:

- *Teste t Student* para amostras com dados pareados, das coletas obtidas dos dois pontos das bombonas de armazenamento (R1 e R2), com a finalidade de comparar os resultados a fim de verificar a sua relação com os dias de estiagem que precederam as coletas, para cada parâmetro avaliado.
- *Teste ANOVA* para verificar se os dados das variáveis dependentes (coletas efetuadas nos galões de armazenamento provisório 1 a 5) são conseqüência da variável independente (dias de estiagem que antecederam as coletas), para cada parâmetro avaliado.
- *Teste ANOVA* para verificar se os dados das variáveis dependentes (coletas efetuadas nos galões de armazenamento provisório 6 dos três tipos de cobertura) são conseqüência da variável independente (dias de estiagem que antecederam as coletas), para cada parâmetro avaliado.
- *Teste de análise regressão linear* para verificar se as variáveis dependentes (coletas efetuadas nos galões de armazenamento provisório 6 e coletas efetuadas nas bombonas de armazenamento R1 e R2) são conseqüência da variável independente (dias de estiagem que antecederam as coletas) para cada parâmetro avaliado. Foram realizados testes somente com os dados do galão de armazenamento provisório 6 e testes destes dados juntamente com os dados das bombonas de armazenamento R1 e R2.

Após essa etapa, foi definido o controle no nível de significância. Universalmente o nível de significância utilizado em uma pesquisa é de 0,05 (ou 5%) e denotado por “p”. Desta maneira, se $p < 0,05$ existe diferença significativa nos atributos propostos ou, se $p > 0,05$ não existe diferença significativa nos atributos propostos (MONTEIRO, 2004).

4 RESULTADOS DA ETAPA 1

A Etapa 1 iniciou-se em setembro de 2008 tendo se estendido até abril de 2009.. Nesta etapa, segundo dados obtidos do SIMEHGO, e apresentados no gráfico da Figura 47, as chuvas na cidade acompanharam a tendência do que acontece no estado, onde as precipitações ocorreram entre os meses de setembro de 2008 a maio de 2009.

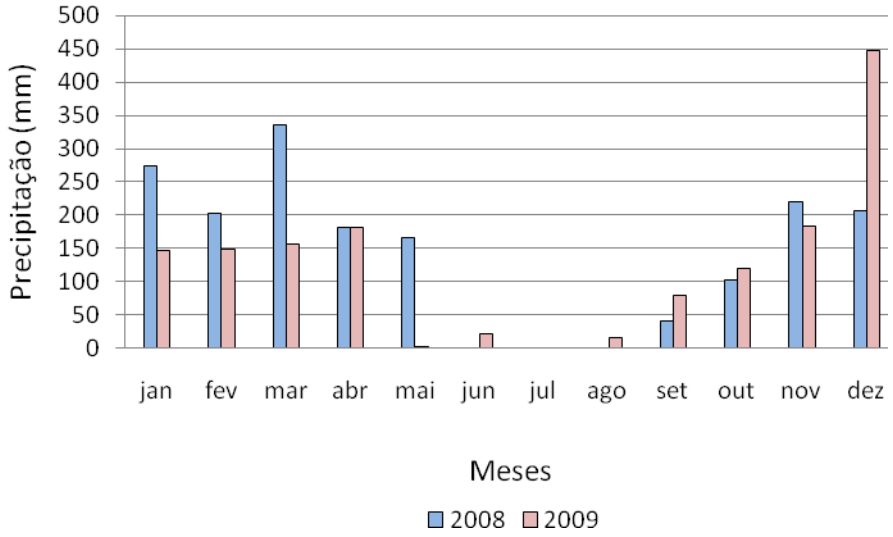


Figura 47 – Índices de precipitação acumulada em Goiânia
Fonte : Adaptado de SIMEGO

É fundamental observar a variação pluviométrica ocorrida no período de tempo em que ocorreram as coletas na Etapa 1, ressaltando a influência sobre a qualidade da água de chuva coletada após períodos de poucas chuvas, com grandes intervalos de tempo sem nenhuma precipitação, ou ainda, chuvas intensas e de longa duração.

Ocorreram 5 eventos de chuva com freqüência baixa a partir do dia 17 de setembro de 2008, após um período de 136 dias sem nenhuma chuva. Após o mês de novembro de 2008 ocorreram chuvas mais constantes e com baixa intensidade. No mês de janeiro de 2009 houve um decréscimo de chuvas sendo este mês e o mês de fevereiro, meses que normalmente possuem um maior índice pluviométrico, se apresentaram mais secos que a normalidade, voltando a aumentar este índice no mês de abril que se apresentou bastante chuvoso e com chuvas de alta intensidade.

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas para análise nos Laboratórios da SANEAGO. As avaliações dos padrões de qualidade da água coletada nos diferentes tipos de coberturas apresentam os valores mostrados nos Quadros A1 a A4 do Apêndice A.

O Quadro 17 apresenta a data em que ocorreram as coletas de água de chuva escoada de diferentes tipos de cobertura, a intensidade da precipitação ocorrida no dia e nos

dias anteriores e a quantidade de dias sem chuva que antecederam a coleta. Salienta-se que em 60% das coletas ocorridas, correspondentes às coletas 1, 2, 3, 7, 8, 9, 10 e 13, as mesmas foram efetuadas após os efetivos 15 minutos de início da precipitação. Nas coletas 4, 5, 6, 11 e 12 as amostras foram obtidas com a precipitação iniciada a mais de 30 minutos.

Quadro 17 – Dados das coletas efetuadas nos telhados na Etapa 1 (set/08 a abr/09)

N° DA COLETA	DATA	PRECIPITAÇÕES OCORRIDAS PARA EFETUAÇÃO DAS COLETAS (mm)				HORA DA COLETA (h:m)	TEMPO DA COLETA (min.)
		Dias antes da coleta			PRECIPITAÇÃO NO DIA (mm)		
		Três	Dois	Um			
1	17/09/08	x	x	x	12,40	19:15	10
2	02/10/08	x	x	2,60	12,00	18:15	10
3	02/11/08	x	0,40	0,60	12,20	12:10	45
4	18/11/08	0,20	x	x	18,80	21:00	30
5	16/12/08	x	5,80	1,40	38,00	20:25	30
6	21/01/09	2,20	x	5,00	27,80	11:05	30
7	28/01/09	0,40	0,80	3,00	18,80	07:30	30
8	13/02/09	16,40	2,00	x	12,00	15:15	45
9	26/02/09	6,60	x	x	20,00	09:00	45
10	13/03/09	2,40	0,40	2,00	20:00	14:40	30
11	22/03/09	x	x	x	07,00	13:35	30
12	02/04/09	19,20	0,80	x	38,60	17:00	30
13	14/04/09	x	1,20	7,20	11,80	21:30	30

Os tempos da coleta foram variados, devido primeiramente aos três diferentes tipos de coleta efetuados nesta Etapa, que impuseram restrições quanto uso dos equipamentos.

- As duas primeiras coletas foram efetuadas por duas pessoas cada uma o que não ocorreu nas coletas subseqüentes, tendo estas, ocorrido num tempo menor que as demais.
- A intensidade de cada precipitação demandou diferentes tempos para preencher o volume de 3,6 L dos baldes de coleta, o que foi feito manualmente.

4.1 RESULTADOS DAS ANÁLISES DAS ÁGUAS COLETADAS DA ATMOSFERA

O Quadro A4 do Apêndice 1 apresenta os resultados para as águas de chuvas coletadas diretamente da atmosfera, a partir do momento inicial da precipitação. Estas coletas ocorreram durante os eventos com duração de chuva mais longa, onde houve a possibilidade de acúmulo na quantidade da amostra coletada para que fossem feitas as devidas análises. Para que os resultados de análise para coliformes fossem mais precisos haveria a necessidade de preparos mais rigorosos dos coletores quanto à esterilização, o que não aconteceu. Entretanto esta situação apresenta-se mais parecida com os procedimentos reais onde os reservatórios de armazenamento não são esterilizados a cada chuva.

De acordo com Coelho et al. (2004), a água de chuva em Goiânia se apresenta neutra em relação ao pH, com índice que variam de 6,1 a 7,15 tendo sido efetuadas coletas em dois bairros distintos da cidade. A última água coletada para a primeira etapa desta pesquisa apresentou pH neutro, condizente com a água coletada diretamente da atmosfera, baixa turbidez e cor aparente, baixa alcalinidade e dureza e baixo número de sólidos totais. No entanto, devido à falta de coletor esterilizado os coliformes totais e termotolerantes estiveram sempre presentes.

4.2 ANÁLISES COMPARATIVAS DOS RESULTADOS OBTIDOS DAS COLETAS NOS DIFERENTES TIPOS DE COBERTURA

Os Gráficos com os resultados das análises das amostras foram separados em duas partes: a) coletas 1, 2 e 3 e b) coletas 4, 5, 6, 7, 8. 9. 10, 11, 12 e 13. Esta separação foi efetuada devido à grande diferença de grandeza entre os valores de alguns parâmetros das primeiras para as últimas coletas efetuadas, permitindo maior facilidade para a sua visualização quando apresentadas graficamente.

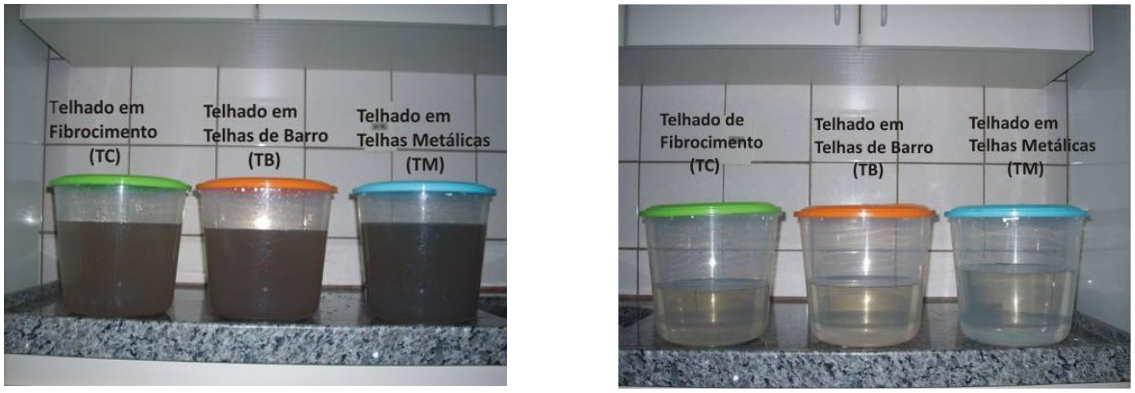
Serão apresentados a seguir, os comentários sobre os principais parâmetros analisados.

4.2.1 **Turbidez**

A primeira amostra coletada apresentou índices de turbidez na faixa de 73,70 uT a 141 uT. Observou-se uma grande diferença entre os dados obtidos das primeiras águas coletadas para as coletas seguintes com quinze dias de diferença, com melhora visual significativa registrada na Figura 48.

Isto ocorreu devido ao período de 136 dias sem chuva, antes da primeira coleta, o que ocasionou no momento da precipitação, uma lavagem dos telhados, onde havia acúmulo

de folhas, dejetos de animais, poeira e diferentes tipos de microorganismos trazidos pelos ventos. Entretanto esta lavagem não foi suficiente, mesmo tendo atendido a sugestão de descarte dos primeiros quinze minutos de chuva, conforme consta na literatura.



a) Primeira chuva após estiagem b) Após 15 dias da primeira chuva

Figura 48 – Amostras das águas de chuva coletadas na primeira etapa da pesquisa

Observa-se nos gráficos da Figura 49, a grande diferença entre os dados da primeira coleta, para as últimas coletas, onde aconteceu uma diminuição nos valores de turbidez das amostras das águas de chuva analisadas.

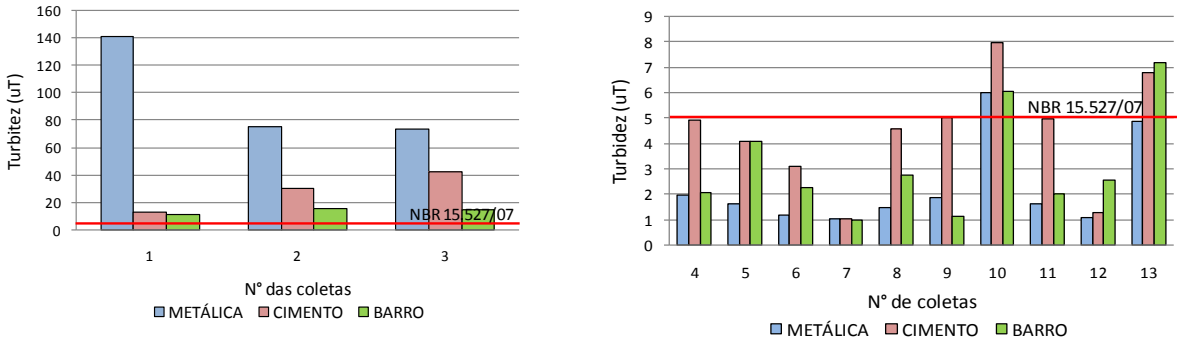


Figura 49 – Turbidez presente nas amostras ao longo das coletas efetuadas

Pode-se notar que os valores dos resultados das análises das águas escoadas da CTM foram mais baixos que os das outras coberturas a partir da coleta 3, com 30% do total dos eventos com resultados acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) que é de 5 uT. A superfície lisa e sem junções ou sobreposições de telhas, permitiu que em um primeiro momento toda a sua superfície fosse limpa com maior rapidez.

Nas coletas onde houve novamente um aumento de valores, principalmente nos resultados das análises das amostras da CTCA, o número de dias sem chuva que antecedeu o evento foi maior ou a chuva anterior foi de baixa intensidade, com índice de 46% dos resultados das análises, acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007). Isto

ocasionou novamente o acúmulo de sólidos diversos nos telhados, além da retenção natural de sólidos pelos telhados devido ao material de fabricação dos mesmos.

As análises para as águas escoadas da CTB apresentaram 38% dos valores dos resultados acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Os valores de turbidez encontrados nos experimentos efetuados nos trabalhos de Tordo (2004), Paula (2005) e Jaques (2005) onde foram desprezados os primeiros minutos de chuva, estiveram na maioria dos eventos dentro dos padrões estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

4.2.2 **Cor Aparente**

Os resultados de cor aparente, da mesma forma que os de turbidez, demonstraram uma curva de decaimento da primeira para as últimas coletas com pequena variação entre valores dos resultados das análises das águas escoadas dos três tipos de cobertura, como pode ser visualizado nos gráficos da Figura 50.

A CTM apresentou resultados das análises, com pequenas diferenças entre as coletas estando somente 15% dos eventos de chuva, com valores deste parâmetro acima dos limites estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) que é de 15 uH.

A CTCA foi a que apresentou maior variação nos valores deste parâmetro, estando os resultados, em 76% das amostras, acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

A CTB teve 38% das amostras avaliadas, com valores de cor aparente acima do limite estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

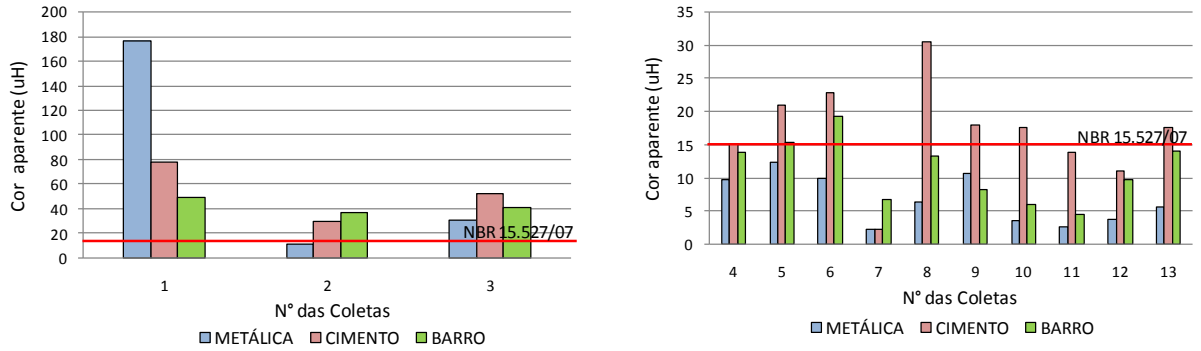


Figura 50 – Cor aparente presente nas amostras ao longo das coletas efetuadas

4.2.3 **Alcalinidade**

Os valores dos resultados de análise de alcalinidade das águas escoadas dos três tipos de cobertura se apresentam mais baixos com relação à CTM e à CTB, como ilustrado

nos gráficos da Figura 51. No primeiro evento de chuva esses valores ficaram mais elevados, entre 27 mg/L $CaCO_3$ e 73 mg/L $CaCO_3$ e ao longo do período da primeira etapa do experimento, ficaram sempre com valores iguais ou abaixo de 10 mg/L $CaCO_3$.

Os resultados da CTCA são bastante variáveis, uma vez que as várias precipitações ao longo do período, não propiciaram uma baixa nos valores, devido ao material do telhado. Os resultados mantiveram-se sempre dentro de uma faixa que ficou entre 3,00 mg/L $CaCO_3$ e 37,00 mg/L $CaCO_3$, variando de acordo com o tempo de estiagem entre uma coleta e outra ou pelo volume da precipitação no momento da coleta.

Este parâmetro não consta nos critérios estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

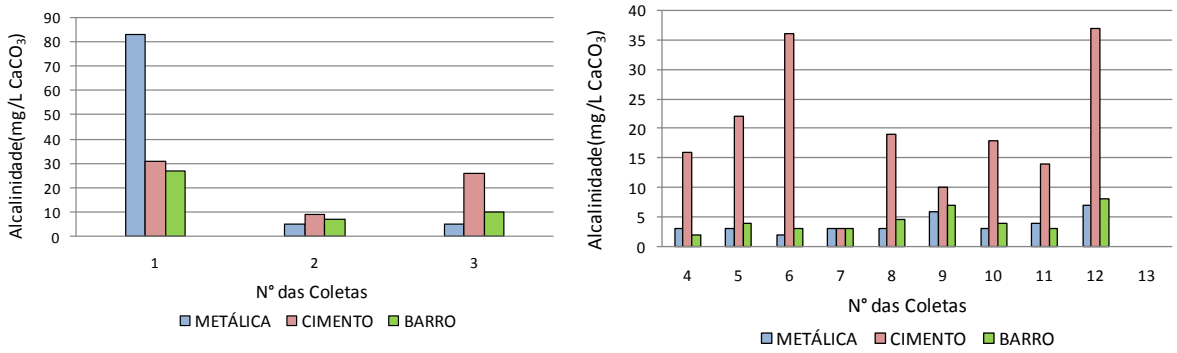


Figura 51 – Alcalinidade presente nas amostras ao longo das coletas efetuadas

4.2.4 **Dureza**

Todos os resultados das amostras de água em relação à dureza apresentaram a água classificada como mole, estando abaixo do limite de 50 mg/L de $CaCO_3$, conforme apresentado nos gráficos da Figura 52, com exceção dos resultado da primeira amostra de água coletada da CTM que ultrapassou o limite de 80 mg/L de $CaCO_3$. As amostras das águas coletadas da CTCA apresentaram resultados bem mais elevados que os dos outros tipos de cobertura, não apresentando nenhum deles, uma curva de decaimento da primeira para a última coleta, com acentuadas variações entre uma coleta e outra. Supõe-se que, pela própria constituição da CTCA, o material de fabricação contribui para esta variação desprendendo partículas de acordo com a intensidade da precipitação.

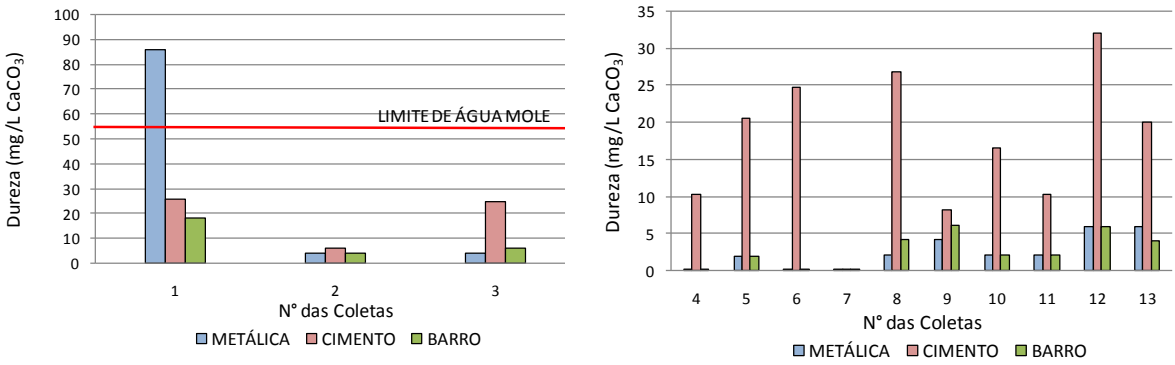


Figura 52 – Teor de dureza presente nas amostras ao longo das coletas efetuadas

4.2.5 **Condutividade**

A condutividade se manteve sempre dentro da faixa 70 µS/cm, como demonstrado nos gráficos da Figura 53. A concentração de sólidos dissolvidos nos resultados das amostras coletadas apresentou maior índice para os três tipos de cobertura nas amostras das coletas 3 e 10. Não houve análise deste parâmetro nas coletas 1 e 2 por falta de definição dos critérios que seriam utilizados para o experimento.

A CTCA apresentou sempre resultados com índice maior para este parâmetro o que pode ser associado ao número de sólidos totais que também sempre estiveram mais elevados.

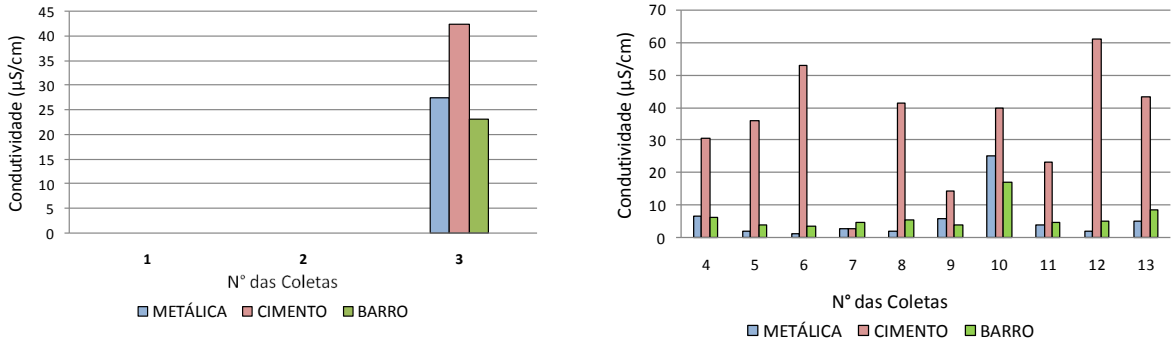


Figura 53 – Condutividade presente nas amostras ao longo das coletas efetuadas

4.2.6 **Sólidos totais**

Os resultados obtidos das análises para sólidos totais, presentes nos gráficos da Figura 54, mostraram que à medida que a precipitação aumentava ao longo dos meses, a concentração de sólidos diminuía, acontecendo eventualmente de aumentar quando ocorreram maiores períodos de estiagem. Este fato é decorrente da lavagem constante dos telhados, diminuindo a quantidade de matéria orgânica ou poeira depositada sobre os mesmos. Devido

à localização dos telhados com grande número de árvores nas proximidades, a água coletada apresentou, em alguns eventos, um maior valor na concentração de sólidos quando a precipitação ocorrida foi acompanhada de fortes ventos.

Não houve avaliação da primeira chuva coletada devido à falta da quantidade de material coletado, necessário para a análise.

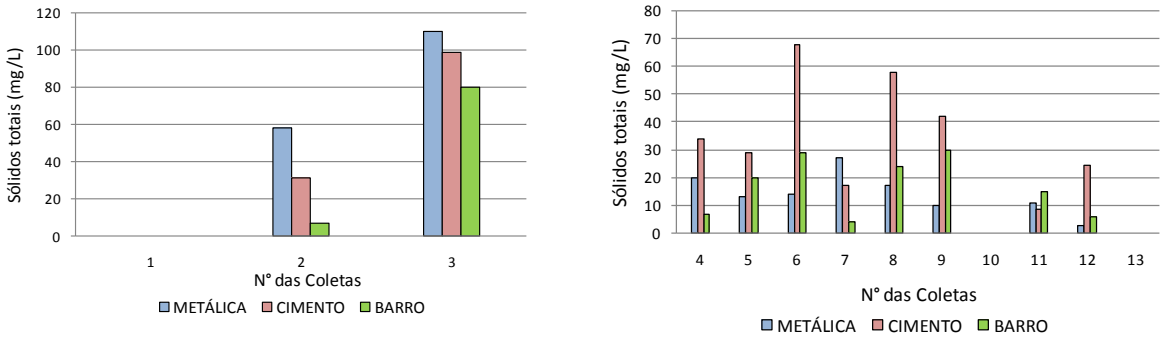


Figura 54 – Sólidos totais presentes nas amostras ao longo das coletas efetuadas

Não houve volume suficiente de amostras para análises de sólidos totais na precipitação ocorrida para a coleta 10 que foi de baixa intensidade, não gerando escoamento suficiente para a coleta. E na coleta 13 não houve coletas para sólidos devido ao grande volume de amostra exigido para se conseguir um número significante de sólidos nas águas coletadas que já se encontravam bastante limpas, devido ter ocorrido precipitação recente.

4.2.7 **pH**

A água coletada no local da pesquisa apresentou para a maioria das amostras analisadas, valor de pH dentro do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), de acordo com o gráfico da Figura 55. Em três eventos os resultados das análises das águas escoadas da CTM ficaram abaixo de 6,0 e também o resultado da análise de um evento para a CTB. Segundo Tomaz (2003), este resultado é aceito pois verifica-se que, mesmo em regiões inalteradas pela poluição são encontrados pH ao redor de 5,0. Na coleta 9, o resultado da análise das águas escoadas da CTM ficou acima de 8,0. Foi um evento isolado já que nenhum outro valor de resultado de análise de água escoada de nenhuma cobertura ultrapassou este valor.

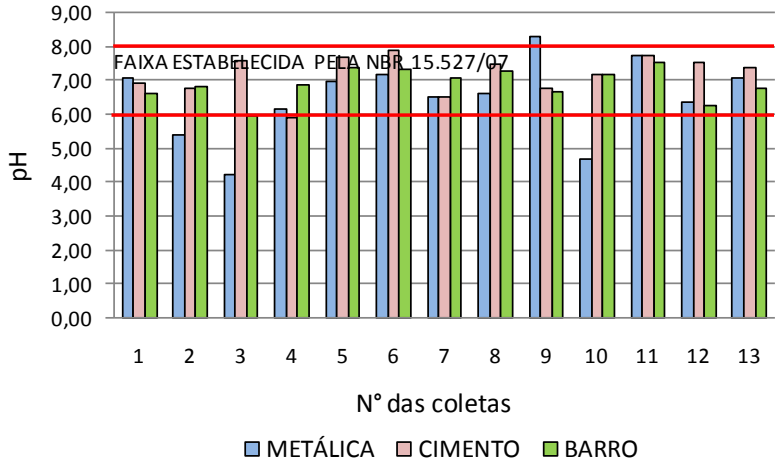


Figura 55 – Variação do pH presente nas amostras ao longo das coletas efetuadas

4.2.8 **Coliformes totais e termotolerantes**

Os coliformes estiveram presentes em todas as amostras, demonstrando a necessidade de desinfecção desta água, mesmo para usos não potáveis, assim como demonstrado por Santos (2006), quando realizou a caracterização de água de chuva coletada de sete diferentes edificações residenciais, após aproximadamente dez minutos do início dela, destacando as concentrações significativas de coliformes totais e termotolerantes. O gráfico da Figura 56 apresenta valores bastante variáveis ao longo de todas as coletas e nos diferentes tipos de cobertura, onde nem a medida de intensidade de precipitação nem os dias de estiagem que antecederam às coletas puderam ser relacionados com o aumento ou diminuição dos valores.

O gráfico de coliformes totais foi plotado em escala logarítimica para que fosse obtida uma melhor visualização dos valores dos resultados das amostras de água coletadas dos três tipos de cobertura.

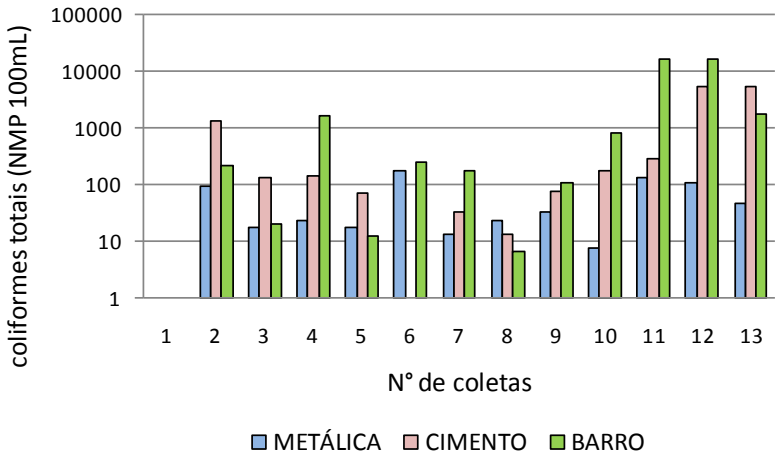


Figura 56 – Coliformes totais presentes nas amostras ao longo das coletas efetuadas

4.3 QUADRO RESUMO

De acordo com o Quadro 18, os resultados das análises das amostras para turbidez e cor aparente, para os três tipos de cobertura, apresentaram resultados de valores mínimos encontrados, abaixo do estabelecido pela NBR 15.527/07.

Porém os resultados das análises das amostras para coliformes totais e *E. coli*, estiveram sempre presentes, em todas as coletas ocorridas no período do experimento.

Quadro 18 – Resultados obtidos e padrões estabelecidos pela NBR 15.527/07

PARÂMETROS		**TELHAS METÁLICAS**		**TELHAS DE CIMENTO AMIANTO**		**TELHAS DE BARRO**		**CHUVA COLETA**		**VMP NBR 15.527/07**
COLETAS	UNIDADES	maior valor encontrado	menor valor encontrado	maior valor encontrado	menor valor encontrado	maior valor encontrado	menor valor encontrado	maior valor encontrado	menor valor encontrado	
Turbidez	uT	141	**1,02**	75	**1,26**	73,7	**1**	1,28	0,73	< 5,0
Cor aparente	uH	176,5	**2,3**	77,7	**11**	49,5	**4,5**	8,90	2,2	<15
pH		8,3	4,23	7,74	5,91	7,39	5,97	7,1	5,82	6 a 8
Alcalinidade	mg/L $CaCO_3$	83	2	36	9	27	3	5	2	NR
Dureza	mg/L $CaCO_3$	86	0,2	26	6,18	18	0,2	4,12	0,2	NR
Condutividade	µS/cm	27,4	1,1	61,2	14,4	23	3,6	6,00	3,5	NR
Sólidos totais	mg/L	110	2,70	99	8,50	80	4	x	x	NR
Sólidos totais	mg/L	32	1,00	12	3,00	19	2	x	x	NR
Sólidos totais fixos	mg/L	78	1,70	87	5,50	61	2	x	x	NR
Coliformes totais	NMP/100 mL	**170**	**13**	**5400**	**13**	**16000**	**6**	230	<1,8	ausência
E. coli	NMP/100 mL	**9,2**	**<1,8**	**2200**	**<1,8**	**1300**	**<1,8**	17	<1,8	ausência

NR – Parâmetro não referenciado pela legislação

4.4 AVALIAÇÕES PRELIMINARES

Os resultados preliminares obtidos na Etapa 1 já apresentam grandes diferenças qualitativas nos valores das análises das amostras da primeira para as últimas chuvas, ocorridas entre os meses de setembro de 2008 e abril de 2009. Os resultados, considerados como preliminares se apresentam promissores e serviram para a confirmação da necessidade de se estabelecer um tratamento adequado assim como para salientar a necessidade de se definir um volume de água que deve ser descartado para que a mesma se encontre dentro ou próximo dos padrões estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), cuja análise detalhada foi efetuada na etapa 2 desta pesquisa.

Como os resultados das análises realizadas na Etapa 1 referente à avaliação da qualidade de águas de chuva precipitadas sobre as coberturas de diferentes tipos de materiais, demonstrou diferenças nos parâmetros avaliados, é importante ressaltar a necessidade do monitoramento contínuo dos padrões de qualidade da água de chuva para a concepção,

operação e manutenção de sistemas prediais de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

A CTM apresentou em média resultados de análises das amostras coletadas com valores mais baixos em relação aos outros telhados nas análises físico-químicas e bacteriológicas, tendo apresentado resultados mais elevados nas primeiras amostras coletadas, para alguns parâmetros, em razão da rápida lavagem ocorrida nos telhados. A utilização de CTCA ou de CTB, entretanto, não é inviável já que todos os resultados se apresentam com valores próximos dos valores estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Os resultados preliminares obtidos nesta etapa forneceram subsídios para ajustar a metodologia e aprimorar a configuração final do sistema de captação, montado para as coletas da Etapa 2, possibilitando obter amostras por volumes acumulados desde o início da precipitação.

O capítulo seguinte apresenta os resultados obtidos considerando o acompanhamento da qualidade da água escoada em função do volume precipitado.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES DA ETAPA 2

A Etapa 2 do experimento de coleta de água de chuva escoada em diferentes tipos de cobertura, para determinação do volume de descarte necessário iniciou-se em setembro de 2009. As primeiras chuvas ocorreram com freqüência baixa, como é característico do início do período chuvoso. A primeira coleta ocorreu após seis eventos de chuva, devido ao sistema de coleta não estar devidamente concluído. Nesta etapa, segundo dados obtidos do SIMEHGO e do pluviógrafo localizado no pátio interno da EEC-UFG, e apresentados no gráfico da Figura 57, as chuvas ocorridas na cidade mantiveram a tendência do estado, com um período chuvoso entre os meses de setembro a maio, conforme já havia sido observado na Etapa 1. As coletas da Etapa 2 se estenderam até o mês de fevereiro de 2010.

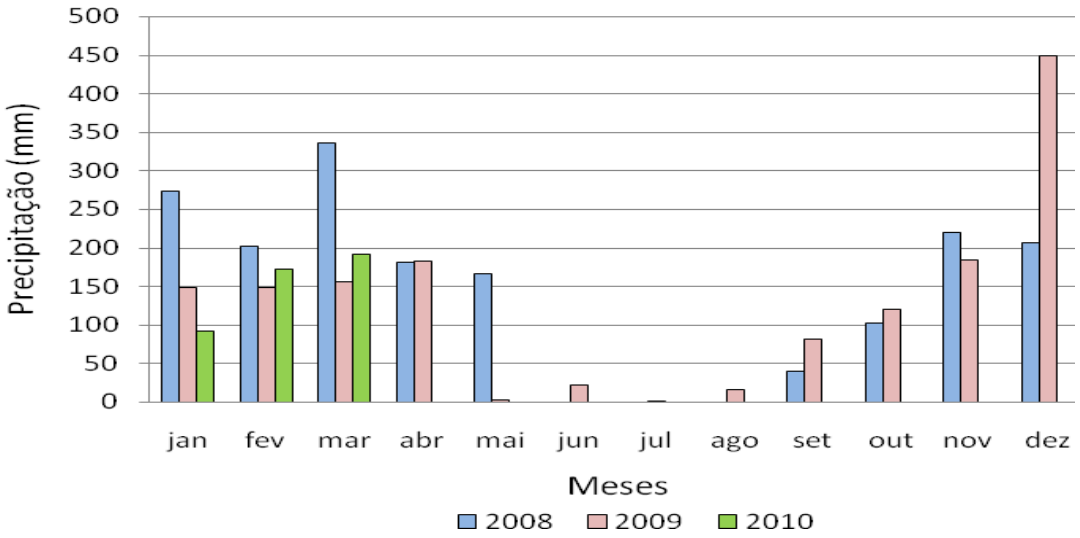


Figura 57 – Índices de precipitação média mensal em Goiânia
Fonte : Adaptado de SIMEGO

Conforme detalhado na metodologia, descrita no Capítulo 3, nesta etapa, após a realização das coletas com o preenchimento dos galões de armazenamento provisório utilizados para permitir a caracterização da água de descarte, foram efetuadas as comparações dos resultados das análises baseando-se nas diferenças entre as várias precipitações ocorridas e na quantidade de dias sem chuva que antecederam cada coleta, durante o período experimental de cinco meses, como apresentado no Quadro 19.

Estes resultados forneceram subsídios para a determinação do volume de água que deve ser descartada para que se obtenha água com qualidade que atenda aos padrões estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Quadro 19 – Coletas efetuadas durante a Etapa 2 do período experimental

COLETAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DATA DA COLETA	ANO 2009							ANO 2010		
	20/09	30/09	18/10	9/11	19/11	6/12	15/12	7/01	21/01	10/01
PRECIPITAÇÃO (mm/h)	19,8	11	0,4	6,2	17,2	31	7,8	10,20	8,3	4,0
DIAS SEM CHUVA	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**

Os valores dos parâmetros analisados de qualidade de água estão apresentados nos Quadros B1 a B15 no Apêndice B e as análises estatísticas constam em Tabelas C1 a C36 no Apêndice C. Estas análises visaram:

- comparar os resultados das análises das coletas de água de cada tipo de cobertura em função do período de estiagem que antecedeu cada coleta nos cinco primeiros galões de armazenamento provisório, galões 1 a 5;
- comparar as variações nos resultados de análises do galão 6 de armazenamento provisório e dos pontos R1 e R2 das bombonas de armazenamento em função do número de dias de estiagem que antecederam cada coleta;
- comparar os resultados das análises das coletas do galão 6 dos três tipos de coberturas e pontos R1 e R2 das bombonas de armazenamento entre si.

Os parâmetros utilizados foram: turbidez, cor aparente, pH, condutividade, sólidos dissolvidos, alcalinidade, dureza, sólidos totais, ferro, coliformes totais e *E coli*, cujas características e relevância dos resultados serão apresentados a seguir.

5.1 TURBIDEZ

Durante a ocorrência dos eventos de precipitação, a intensidade da mesma aumentou ou diminuiu em intervalos pequenos e dessa forma a curva de decaimento de turbidez não ficou constante, ocorrendo variações nos valores de resultados das análises das águas escoadas das coberturas e coletadas nos galões de armazenamento provisório, como demonstrado nos Quadros B1 a B15 do Apêndice B.

Como eram esperados, os maiores valores de turbidez encontrados nos resultados ocorreram quando as coletas foram efetuadas em dias de chuva precedidas por um período seco. Esses valores foram elevados nos primeiros 25 L de água coletada e continuaram elevados durante todo o volume coletado nos seis galões de armazenamento provisório não atendendo ao estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), que é de no máximo 5uT. A seguir serão apresentados os resultados considerando cada tipo de cobertura estudada.

a) Análise de turbidez na cobertura em telhas metálicas – CTM

- **Análise dos seis galões de armazenamento provisório**

Os resultados da turbidez obtidos para a CTM apresentaram-se maiores desde o primeiro ao último galão de armazenamento provisório de acordo com o gráfico da Figura 58. As telhas propiciaram um escoamento mais rápido com uma maior vazão da água desde o início da precipitação ocorrida. Resultados semelhantes foram encontrados por Yaziz et al. (1989) em seu experimento, onde as telhas eram constituídas de material mais liso e também sem sobreposições, facilitando assim a limpeza da cobertura com maior rapidez.

Observa-se nas coletas 1 e 3, realizadas após períodos de estiagem maior, 8 e 12 dias, que os valores de turbidez permaneceram em apenas 16% das amostras abaixo do valor estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), no galão 6 da coleta 3. Na coleta 2 que ocorreu após um dia seco, os valores de turbidez para o galão de armazenamento M5 e M6, estiveram abaixo dos padrões estabelecidos.

A coleta 4 ocorreu após um dia chuvoso tendo os resultados das análises para turbidez se apresentado abaixo do estabelecido pela NBR 15.527, a partir do galão de armazenamento provisório M3.

A coleta 5 ocorreu após cinco dias de estiagem, e os resultados das análises das águas coletadas nos galões de armazenamento provisório M1 a M6, ficaram acima do estabelecido pela NBR 15.527.

As coletas 6, 7 e 8 ocorreram após períodos chuvosos. Os resultados obtidos para a turbidez estiveram 66% abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) em todos os seis galões de armazenamento provisório.

Os resultados de análise para as amostras da coleta 9, que aconteceu após um período de estiagem de seis dias, se apresentaram elevados apenas a partir do galão M4, correspondente a 50% dos resultados foi atingido o padrão estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

A coleta 10 apresentou resultados de turbidez mais baixos atendendo à Norma em 33% dos resultados das amostras coletadas, correspondentes aos galões M5 e M6.

Ainda de acordo com o gráfico da Figura 58, as análises das amostras coletadas dos seis galões de armazenamento provisório ficaram acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) para a coleta 1 ocorrida após 8 dias de estiagem, tendo seu valor elevado para a coleta 3 ocorrida após um período de estiagem de 12 dias e para a coleta 5 ocorrida após um período de estiagem de cinco dias.

Nas coletas precedidas por dias chuvosos os valores dos resultados baixaram estando as coletas 4, 6 e 7 com valores de turbidez a partir do galão de armazenamento

provisório M2 equivalente ao volume de 50 L, abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

b) Análise de turbidez na cobertura em telhas de cimento amianto - CTCA

- **Análise dos seis galões de armazenamento provisório**

Nos resultados obtidos da cobertura CTCA, observa-se que de acordo com o gráfico da Figura 58, os maiores valores de turbidez foram nos dias de coleta onde ocorreram precipitações precedidas de dias secos. Porém os valores foram mais baixos comparados com aqueles obtidos na CTM e também com menores diferenças entre os resultados dos seis galões de armazenamento provisório. Yaziz et al. (1989) apresentou valores de turbidez decrescentes entre 22 NTU e 10 NTU da coleta do primeiro ao quinto recipiente em seu experimento na Malásia, para os telhados de concreto.

Nas coletas 1, 2 e 3, que ocorreram após um período de estiagem, todas as amostras apresentaram turbidez acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

A coleta 4 ocorreu após um dia chuvoso tendo os resultados das análises para turbidez se apresentado abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), nos galões de armazenamento provisório C4 e C5. Houve novamente um aumento do valor no galão C6, com uma pequena elevação do valor estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

A coleta 5 ocorreu após cinco dias de estiagem, e os resultados das análises das águas coletadas nos seis galões de armazenamento provisório ficaram acima do estabelecido pela Norma. As coletas 6, 7 e 8 ocorreram após períodos chuvosos. Os resultados obtidos para a turbidez estiveram 89% abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) em todos os seis galões de armazenamento provisório. Os resultados de análise para as amostras da coleta 9 que aconteceu após um período de estiagem de seis dias, se apresentaram elevados com apenas 33% dos resultados atendendo à NBR 15.527 (ABNT, 2007), correspondentes aos galões C5 e C6.

A coleta 10 apresentou valores de resultados das análises mais baixos estando com valor acima do estabelecido pela Norma apenas na coleta do galão de armazenamento provisório C1.

Ainda de acordo com o gráfico da Figura 58, as análises das amostras coletadas dos seis galões de armazenamento provisório ficaram acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) para a coleta 1, 2, 3 e 5, que ocorreram após períodos de estiagem.

Nas coletas precedidas por dias chuvosos os valores dos resultados baixaram estando as coletas 4, com valores de turbidez a partir do galão de armazenamento provisório C4, coleta 6 a partir do galão C2, coleta 7 com todos os galões e a coleta 8, a partir do galão

C2 com valores abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007). Novamente nas coletas 9 e 10 após períodos de estiagem de seis e treze dias, os valores voltaram a se elevar, porém na coleta 9 a partir do galão C5 e na coleta 10 a partir do galão C10 os valores se encontraram abaixo do estabelecido pela Norma.

c) Análise da turbidez na cobertura em telhas de barro – CTB

- **Análise dos seis galões de armazenamento provisório**

Os resultados obtidos para a CTB apresentaram uma curva de decaimento mais acentuada entre os galões de armazenamento provisório, de acordo com o gráfico da Figura 58, assim como entre as coletas efetuadas.

Observa-se que, os maiores valores de turbidez aconteceram em dias de coleta onde ocorreram precipitações com baixa intensidade ou precedida de dias secos. Porém os valores foram mais baixos e também com menores diferenças entres os resultados dos seis galões de armazenamento provisório, se comparados aos outros tipos de telhados. Tordo (2004) apresentou valor máximo e mínimo respectivamente de 15,0 uT e 1,12 uT para as águas descartadas do telhado cerâmico, em Blumenau, SC, independente se a coleta foi precedida de dias secos ou chuvosos.

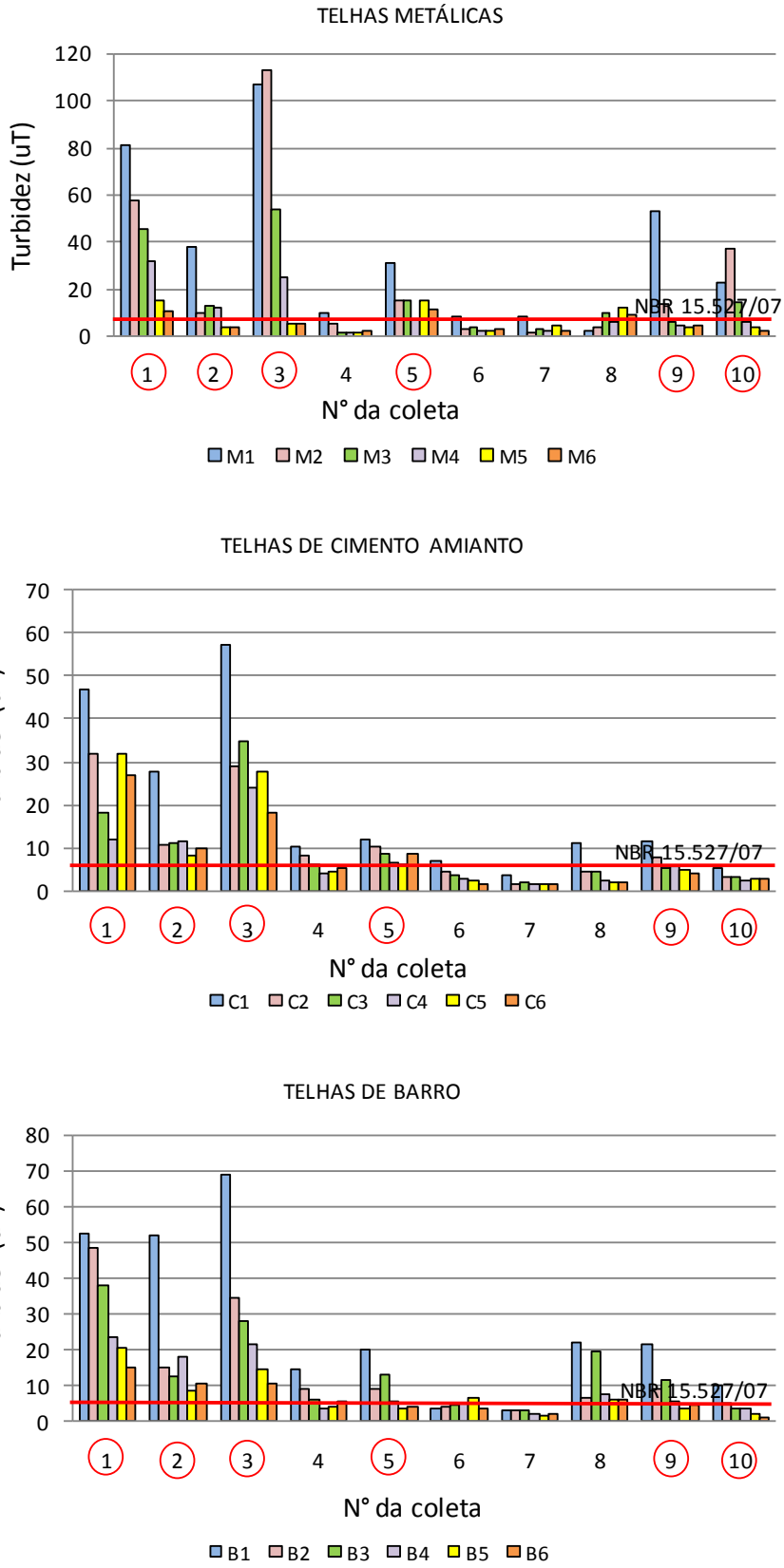
Nas coletas 1, 2 e 3 que ocorreram após períodos de estiagem, os valores de turbidez ficaram 100% acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

A coleta 4 ocorreu após um dia chuvoso e os valores de turbidez baixaram ficando ainda acima dos padrões estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), em 67% das amostras correspondentes aos galões B1 e B2.

A coleta 5 ocorreu após cinco dias de estiagem e os valores de turbidez aumentaram ficando acima do mínimo estabelecido pela Norma em 100% das coletas. As coletas 6, 7 e 8 ocorreram após períodos chuvosos.

Os valores dos resultados obtidos para turbidez ficaram 5% acima do estabelecido pela legislação nas coletas 6 e 7 e na coleta 8 os valores voltaram a aumentar estando com 100% dos resultados acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007). A coleta 9 ocorreu após um período de estiagem e os valores dos resultados das análises aumentaram ficando 66% acima do estabelecido pela Norma.

A coleta 10 apresentou valores de resultados das análises mais baixos estando com valor acima do estabelecido pela Norma na coleta dos galões de armazenamento provisório B1 e B2.



LEGENDA AUXILIAR

N° da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dias de estiagem anteriores	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**
(N)	Coletas precedidas por dias de estiagem									

Figura 58 – Turbidez presente em cada galão de armazenamento provisório após coleta

De acordo com o gráfico da Figura 58, as análises das amostras coletadas dos seis galões de armazenamento provisório ficaram acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) para a coleta 1, 2, e 3, que ocorreram após períodos de estiagem.

Na coleta 5 e 9 a partir do galão B5 os valores de turbidez se encontraram dentro do estabelecido pela Norma. Na coleta 10 este valor só ficou abaixo do estabelecido, após o galão B3.

Nas coletas precedidas por dias chuvosos os valores dos resultados baixaram estando as coletas 4, com valores de turbidez a partir do galão de armazenamento provisório B4, coleta 7 com todos os galões e a coleta 8, a partir do galão C2 com valores abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Nas coletas 9 e 10 após períodos de estiagem de seis e treze dias, os valores voltaram a se elevar, porém na coleta 9 a partir do galão B5 e na coleta 10 a partir do galão B3 os valores se encontraram abaixo do estabelecido pela Norma, estando ainda a coleta 9 somente com os valores de turbidez do galão B5, acima do estabelecido.

- **Análise do galão de armazenamento provisório 6 e da bombona de armazenamento da CTM**

Os resultados das análises das amostras do galão de armazenamento provisório M6 se apresentaram acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), em 40% dos eventos ocorridos ao longo do experimento.

Vaccari et al. (2005) encontrou resultados médios de 12,3 uT para a água coletada em cobertura de telhas metálicas e recomenda que o descarte seja feito por tempo, descartando as águas dos primeiros quinze minutos de chuva.

Os resultados de turbidez para a água coletada nos pontos RM1 e RM2 da bombona de armazenamento se apresentaram abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) exceto pelo ponto RM1 da coleta 10, de acordo com o gráfico da Figura 59, indicando que a água armazenada tem qualidade, em relação à turbidez, para utilização não potável.

Não houve análise de amostras dos pontos RM1 e RM2 para a coleta 1, devido a bombona de armazenamento não estar com volume de água suficiente para a coleta.

- **Análise do galão de armazenamento provisório 6 e da bombona de armazenamento da CTCA**

Os resultados das análises das amostras para o galão C6 estiveram acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) em 50% dos eventos ocorridos e os resultados

das análises das águas coletadas nos pontos RC1 e RC2 na bombona de armazenamento 100% abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), de acordo com o gráfico da Figura 59, indicando que a água tem qualidade, em relação à turbidez, para utilização não potável.

Não houve análise de amostras dos pontos RC1 e RC2 para a coleta 1, devido a bombona de armazenamento não estar com volume de água suficiente para a coleta e para as coletas 8, 9 e 10 a água captada foi utilizada para outro experimento, uma vez que visualmente já atendia às condições ideais para esse parâmetro.

- **Análise do galão de armazenamento provisório 6 e da bombona de armazenamento da CTB**

Os valores de turbidez obtidos nas amostras do galão B6 estiveram abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) em 50% dos eventos ocorridos.

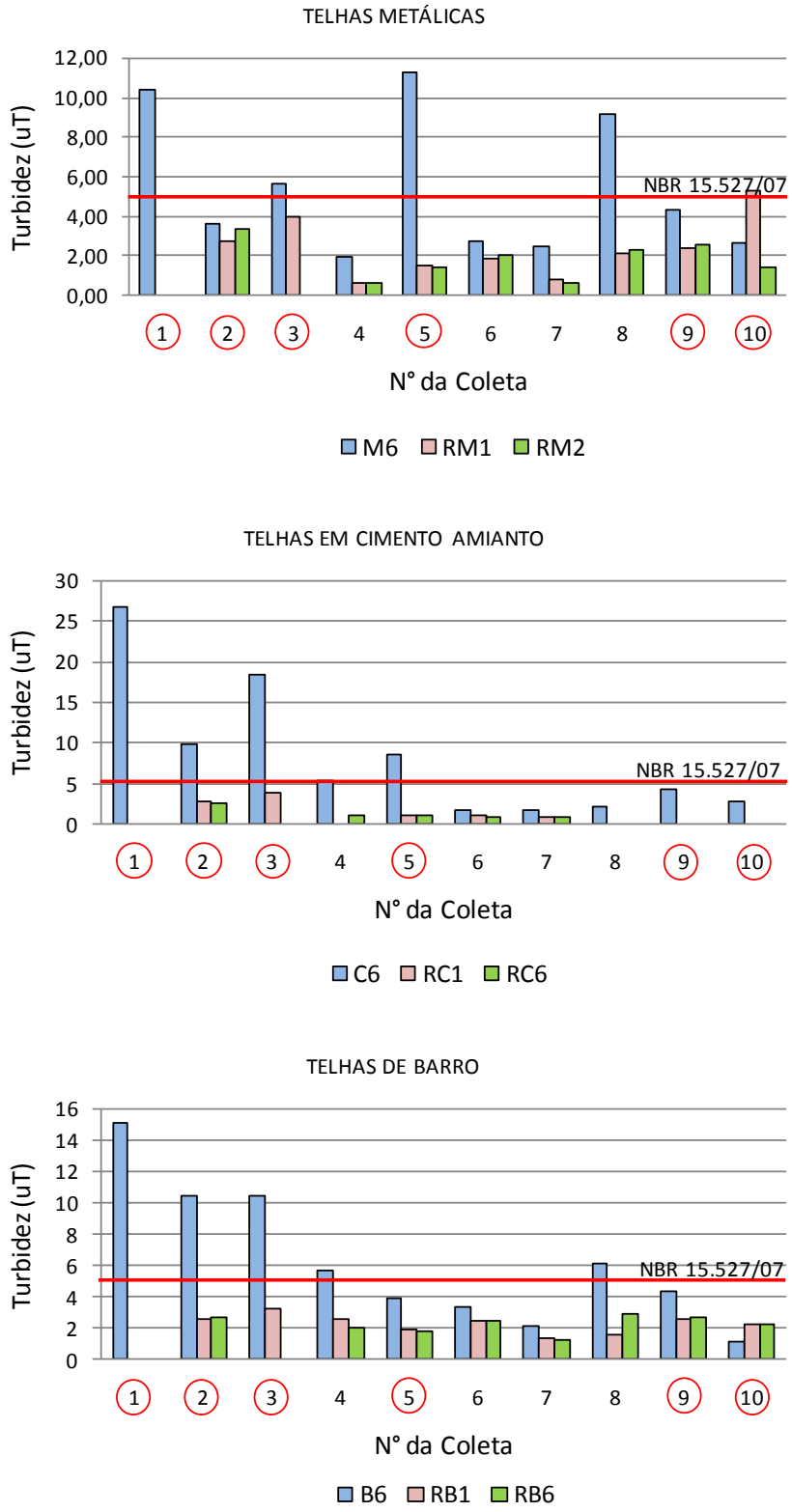
No entanto, as águas coletadas nos pontos RB1 e RB2 na bombona de armazenamento apresentam índices de turbidez abaixo do estabelecido pela Norma em 100% das amostras de acordo com o gráfico da Figura 59, indicando que a água tem qualidade, em relação à turbidez, para utilização não potável, para as magnitudes e espaçamento dos eventos ocorridos durante o período do experimento, observados o volume de descarte que corresponde à 150L.

Não houve análise de amostras dos pontos RB1 e RB2 para a coleta 1, devido a bombona de armazenamento não estar com volume de água suficiente para a coleta.

Com relação à turbidez, todos os valores de resultados das análises das amostras coletadas nas bombonas de armazenamento dos três diferentes sistemas de captação apresentaram-se dentro do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

A filtração se mostrou eficiente em relação à redução da turbidez após o descarte de 150 L de água, tendo ainda como fator favorável ao resultado obtido, a sedimentação de sólidos ocorrida nas bombonas durante o tempo da armazenagem, mesmo com a água em constante utilização, semelhante ao encontrado em Martinson (2005).

Observou-se também que os valores estiveram dentro do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) nos últimos eventos tendo as coletas sido efetuadas após um longo período chuvoso, que proporcionou uma lavagem prévia dos poluentes acumulados nos telhados.



LEGENDA AUXILIAR

N° da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dias de estiagem anteriores	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**
(N)	Coletas precedidas por dias de estiagem									

Figura 59 – Turbidez presente nas amostras do galão 6 e pontos R1 e R2 da bombona de armazenamento dos três tipos de cobertura

5.2 COR APARENTE

Os resultados das análises para cor aparente variaram com os dias de estiagem que precederam as coletas contribuindo para uma curva de decaimento inconstante. Estes valores estão apresentados nos Quadros B1 a B15 do Apêndice B.

Os maiores valores de cor aparente encontrados nos resultados ocorreram quando as coletas foram efetuadas em dias de chuva precedidas por um período seco, como já era esperado e o maior valor ocorreu na coleta 1 para o galão C1.

Estes valores foram elevados nos primeiros 25 L de água coletada e continuaram elevados durante todo o processo de preenchimento dos seis galões de armazenamento provisório, e não estavam de acordo com o critério estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), que é de no máximo 15 uH. A seguir apresentam-se as análises da presença de cor aparente nas amostras de cada tipo de cobertura.

a) Análise da cor aparente na cobertura em telhas metálicas – CTM

- **Análise dos seis galões de armazenamento provisório**

Os resultados de cor aparente obtidos para a CTM, foram mais elevados quando as coletas foram precedidas por dias secos, conforme gráfico da Figura 60, e apresentaram uma curva de decaimento da coleta 1 até a coleta 10 entre os galões de armazenamento provisório.

As coletas 1, 2 e 3 tiveram das valores de cor aparente acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), em 72% das amostras sendo que na coleta 1 os resultados estiveram acima do estabelecido em 100% das amostras, na coleta 2 em 50% das amostras e na coleta 3 em 66% das amostras estando com valores abaixo do estabelecido pela Norma nos galões M5 e M6 da coleta 2 e 3. A limpeza ocorreu com maior rapidez, nesta cobertura, como citado no trabalho de Yaziz et al. (1989), devido ao material do telhado que propicia um escoamento mais rápido das águas precipitadas.

A coleta 4 ocorreu após um período chuvoso tendo os resultados para cor aparente mais baixos, ficando somente os resultados do galão de armazenamento provisório M1 acima dos padrões estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

O mesmo ocorreu com a coleta 5 cujos resultados foram semelhante aos da coleta 4, mas tendo acontecido após um período de cinco dias de estiagem.

As coletas 6, 7 e 8 ocorreram após períodos chuvosos. Os valores obtidos para cor aparente estiveram abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), em 73% das amostras desde o galão 1 de armazenamento provisório. Pressupõe-se que o aumento dos

valores no galão M6 da coleta 8 ocorreu devido à falta de estabilidade do sistema no dia da coleta permitindo entrada de água do início da precipitação.

As coletas 9 e 10 ocorreram após um período de estiagem de seis e treze dias estando com valores elevados no galão M1 de armazenamento provisório, diminuindo para os valores do galão M6 apresentando valores de cor aparente 75% abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Ainda de acordo com o gráfico da Figura 60 a coleta 1 apresentou valores de cor aparente acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) em 100% das amostras, apresentando após esta coleta, um decaimento.

As coletas 2 e 3 que ocorreram após períodos de estiagem apresentaram valores de cor aparente obtidos dos galões M4 e M5 abaixo do estabelecido pela Norma. As coletas 4 e 5 apresentam estes valores abaixo dos padrões, a partir do galão M2, assim como a coleta 9 que foi como a coleta 5 precedida por um período de estiagem.

As coletas 6, 7 e 8, precedidas por dias chuvosos apresentaram valores para cor aparente dentro do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), em 100% das amostras. Estes valores tornam a se elevar na coleta 9 e 10, porém na coleta 10 com valores abaixo a partir do galão M3.

b) Análise da cor aparente na cobertura em telhas de cimento amianto – CTCA

- **Análise dos seis galões de armazenamento provisório**

A CTCA, como observado no gráfico da Figura 60, foi a cobertura que apresentou valores de resultados mais elevados para cor aparente, dentre todas as coberturas, devido ao material que constitui as telhas, propiciando uma maior aderência de matéria orgânica, poeira e dejetos de animais, como foi demonstrado por Yaziz et al. (1989) em seu experimento. Não ficou evidenciada uma curva de decaimento, estando os valores das análises, de maneira geral, 33% abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

As coletas 1, 2, 3, 5, 9 e 10 que foram precedidas por dias de estiagem, apresentaram resultados de análises acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) em 100% das amostras.

As coletas 4, 6, 7 e 8 que foram precedidas por dias chuvosos, apresentaram resultados de análises das amostras coletadas em declínio, do galão de armazenamento provisório C1 para o galão C6, estando 62% abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Ainda de acordo com o gráfico da Figura 60, para cor aparente na CTCA, observou-se que somente os valores da coleta 4, 6, 7 e 8 precedidas por dias de chuva,

estiveram abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007). Na coleta 4, a partir do galão C3, nas coletas 6 e 7, a partir do galão C2 e na coleta 8, com todos os valores dentro dos padrões estabelecidos pela Norma.

c) Análise da cor aparente na cobertura em telhas de barro – CTB

- **Análise dos seis galões de armazenamento provisório**

A CTB apresentou valores de resultados elevados e sem evidência de uma curva de decaimento de cor aparente, estando os valores obtidos, 63% abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), de acordo com o gráfico da Figura 60.

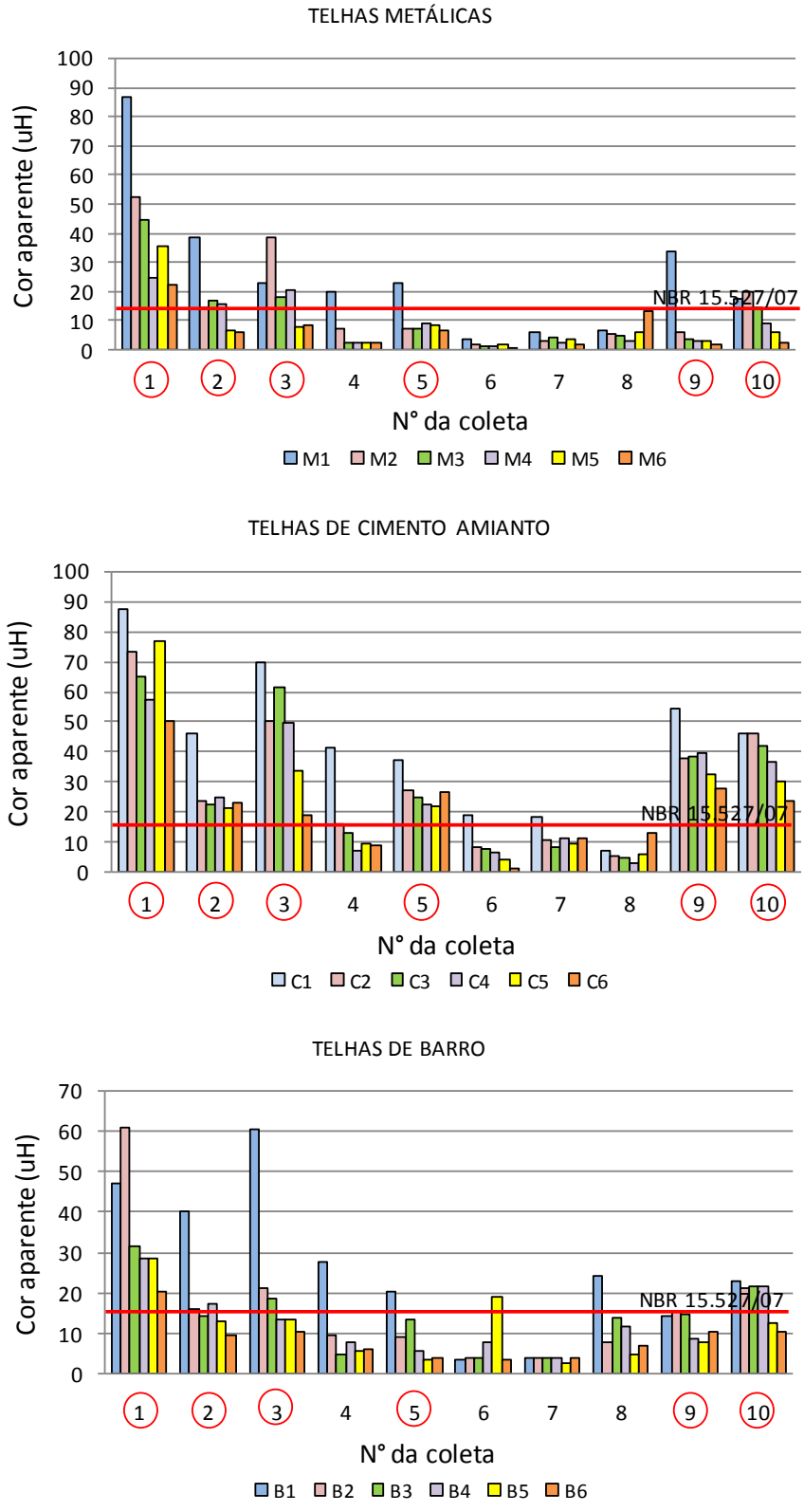
Para a coleta 1 todos os resultados ficaram acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) o que não aconteceu com as coletas 2 e 3 que tiveram seus resultados diminuindo à medida que eram preenchidos os galões de armazenamento provisório, ficando 58% abaixo dos padrões estabelecidos.

Os resultados obtidos da coleta 4 ficaram abaixo do estabelecido pela NBR 15.527/07 em 83% das amostras e a coleta 5, que nos outros tipos de cobertura apresentou resultados altos devido ao tempo de estiagem antecedente, apresentou valores em declínio com a mesma porcentagem da coleta 4 para os resultados obtidos.

Os resultados obtidos das coletas 6 e 7 ficaram acima dos padrões estabelecidos pela Norma apenas no galão B4 da coleta 6 e a coleta 8 ficou somente com o valor da coleta do galão B1 acima do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Nas análises das amostras das coletas 9 e 10, precedidas por um período de estiagem, foram obtidos valores de resultados diversos, sendo que os valores da coleta 9 estiveram abaixo do estabelecido pela legislação a não ser pelo galão B2 e a coleta 10 com os valores para os galões B1, B2, B3 e B4 acima do estabelecido e para os galões B5 e B6 com valores de resultados abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Ainda de acordo com o gráfico da Figura 60, os valores de cor aparente para as coletas precedidas por um período de estiagem estiveram mais elevadas que os resultados das amostras de coletas precedidas por períodos chuvosos.



LEGENDA AUXILIAR

N° da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dias de estiagem anteriores	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**
(N)	Coletas precedidas por dias de estiagem									

Figura 60 – Cor aparente presente em cada galão de armazenamento provisório após coleta

A coleta 1 teve todos os seus valores acima do estabelecido pela NBR 15.527. Os valores de cor aparente das coletas 4, 5, 6, 7 e 8 a partir do galão B2 estiveram abaixo do estabelecido pela Norma. Nas coletas 2 e 9, isto ocorreu a partir do galão B3 , na coleta 3 a partir do galão B4 e na coleta 10 a partir do galão B5.

- **Análise do galão de armazenamento provisório 6 e da bombona de armazenamento da CTM**

Conforme o Gráfico da Figura 61, os resultados do galão de armazenamento provisório M6 apresentaram valores de cor aparente abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), em 90% dos eventos ocorridos e os valores dos resultados dos pontos RM1 e RM2 da bombona de armazenamento ficaram abaixo do estabelecido pela legislação em 100% dos eventos, resultado semelhante ao encontrado por May (2004) em seu experimento onde as águas coletadas nos reservatórios de armazenamento tiveram valores de resultados mais baixos do que os valores das coletas sem passar por filtragem.

Não houve análise de amostras na coleta 1 para os pontos RM1 e RM2 da bombona de armazenamento e coleta 3 para o ponto de coleta RM2 devido à necessidade da bombona estar preenchida, o que não ocorreu nesse evento de chuva.

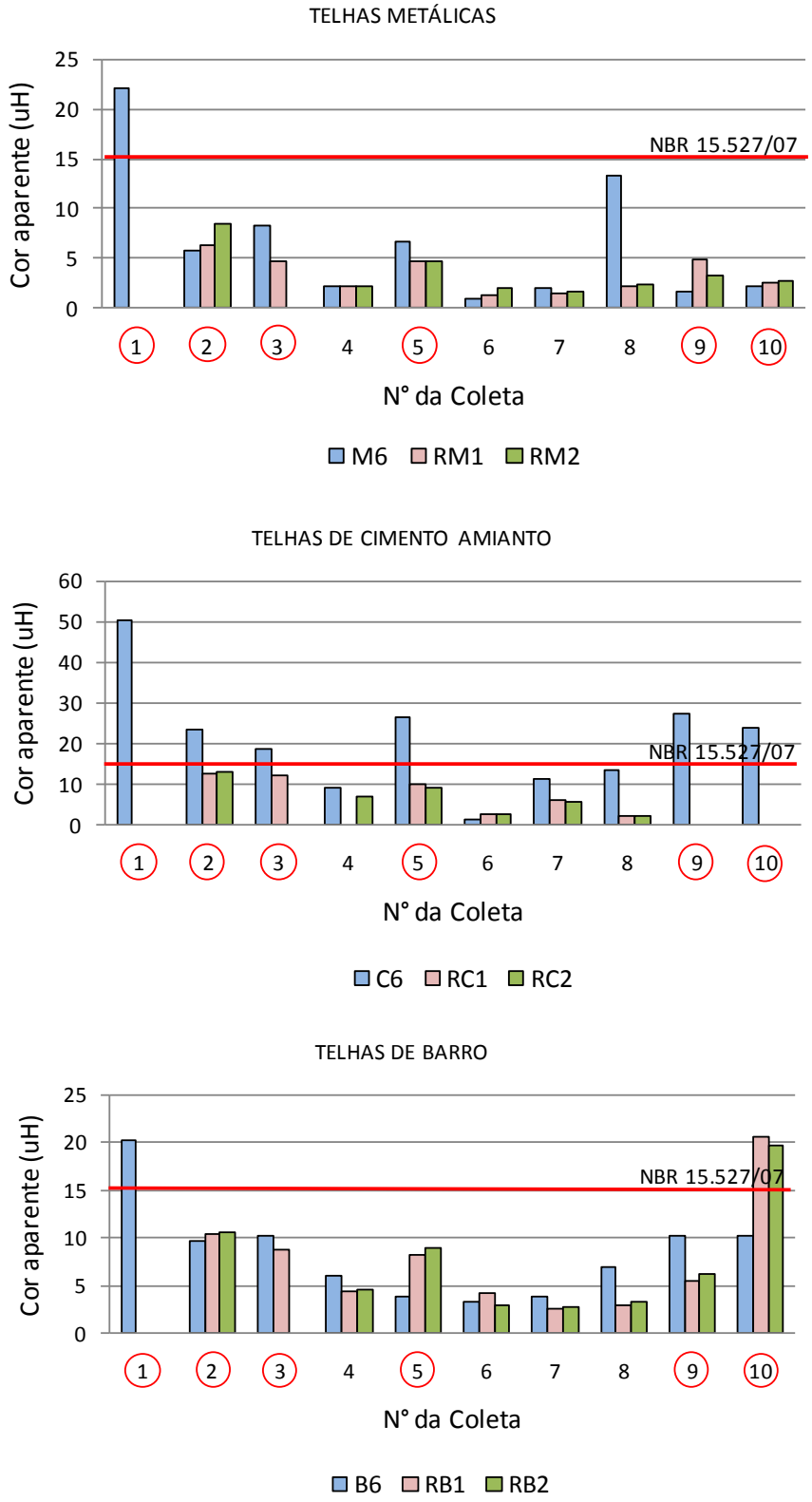
- **Análise do galão de armazenamento provisório 6 e da bombona de armazenamento da CTCA**

Os resultados obtidos das análises das amostras do galão de armazenamento provisório C6, apresentaram 40% dos resultados abaixo do estabelecido pela Norma. Os resultados das coletas 4, 6, 7 e 8 , precedidas por dias chuvosos e os resultados dos pontos RC1 e RC2 da bombona de armazenamento ficaram 100% abaixo dos padrões estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), conforme gráfico da Figura 61.

Não houve análise de amostras na coleta 1 para os pontos RC1 e RC2 da bombona de armazenamento devido à necessidade da bombona estar preenchida, o que não ocorreu nesse evento de chuva e para as coletas 8, 9 e 10, devido a água ter sido direcionada para outro projeto de pesquisa.

- **Análise do galão de armazenamento provisório 6 e da bombona de armazenamento da CTB**

Excetuando-se a coleta 1, os demais valores de resultados para cor aparente no galão de armazenamento provisório B6 esteve abaixo do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), como pode ser observado no gráfico da Figura 61. Jaques (2005) e Tordo (2004) obtiveram resultados mais elevados em suas pesquisa de coleta em CTB, com valores médios de 21,04 uH e 18,45 uH respectivamente.



LEGENDA AUXILIAR

N° da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dias de estiagem anteriores	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**
(N)	Coletas precedidas por dias de estiagem									

Figura 61 – Cor aparente presente nas amostras do galão 6 e pontos R1 e R2 da bombona de armazenamento dos três tipos de cobertura

Os resultados das coletas nos pontos RB1 e RB2 da bombona de armazenamento ficaram abaixo do estabelecido pela legislação a não ser pela coleta 10, cujo resultado foi imprevisível. Não houve análise de amostras na coleta 1 para os pontos RB1 e RB2 da bombona de armazenamento devido à necessidade da bombona estar preenchida, o que não ocorreu nesse evento de chuva.

O Quadro 20 apresenta um resumo da necessidade de descarte de água coletada nos três tipos de cobertura, de acordo com a presença de turbidez e de cor aparente, que foi obtida das análises das amostras em cada galão de armazenamento provisório, sendo interpretado da seguinte maneira:

Os espaços em branco foram de resultados das análises que não alcançaram valores dentro dos padrões estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007). Os espaços em cor azul foram os resultados das análises em que os valores de turbidez estiveram dentro dos padrões estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007). Os espaços em cor rosa foram resultados das análises onde os valores para cor aparente estiveram dentro dentro dos padrões estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Por fim, os espaços em cor azul escuro, foras dos resultados das análises cujos valores tanto para turbidez quanto para cor aparente estiveram dentro do estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

Observa-se que na CTM, para se promover o aproveitamento de água de chuva com qualidade, dentro dos padrões estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), podem ser descartadas as águas coletadas nos galões M1, M2, M3 e M4.

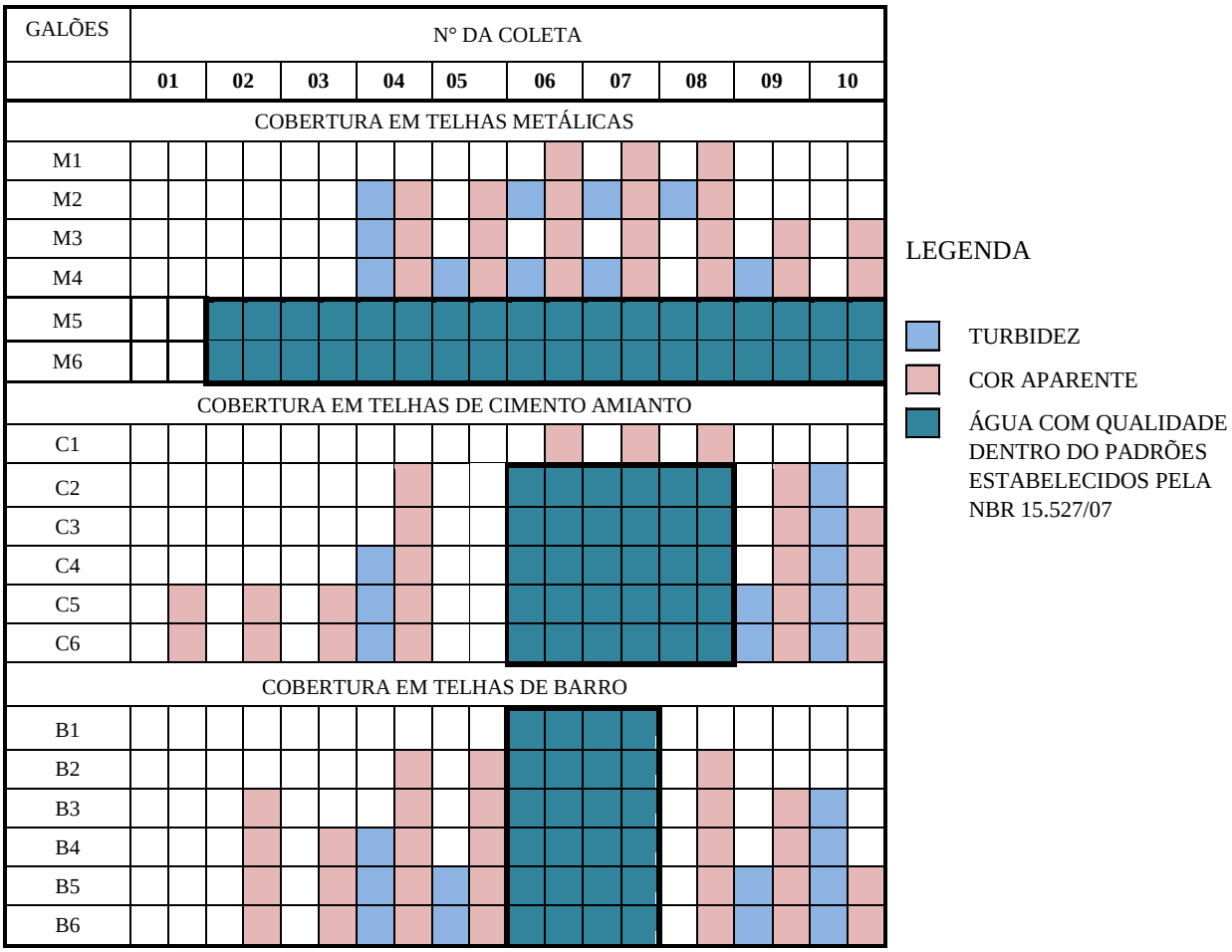
O volume de água destes galões somam 100L que é equivalente a aproximadamente 1,3 mm de água de chuva escoada. Devem ser descartadas, entretanto 150L de água, o equivalente aos seis galões, ou a 2 mm de chuva, das primeiras chuvas ocorridas, para que aconteça uma efetiva lavagem do telhado. Estas chuvas são as primeiras do período chuvoso e acontecem, no município de Goiânia, nos meses de setembro prolongando-se até outubro.

Na CTCA, para que se obtenha água com qualidade compatível ao estabelecido pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), poderá ser efetuado o descarte do galão de armazenamento provisório C1 com volume de 25L equivalente a 0,33 mm de chuva, em dias precedidos por períodos chuvosos.

É também necessário que se descarte 2 mm de água de chuva, o equivalente aos seis galões de armazenamento provisório, correspondente a 150L de água coletada, nos

primeiros eventos de chuva ocorridos normalmente nos meses de setembro e se prolongando até outubro.

Quadro 20 – Necessidade de volume de acordo com o grau de turbidez e cor aparente



Quando se trata da CTB, observamos que para que se obtenha água com qualidade dentro dos padrões estabelecidos pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), não houve necessidade de descarte de água em dois dias, nas coletas 6 e 7, precedidos por dias chuvosos. Entretanto, a qualidade esperada nos resultados das análises da água coletada na coleta subseqüente, precedida por dia chuvoso, não se apresentou, indicando a necessidade de descarte de 150L ou 2 mm de chuva precipitada.

5.3 pH

Não houve uma relação direta entre a variação do pH e os resultados das coletas efetuadas precedidas por períodos de estiagem ou dias chuvosos. Avaliamos a seguir a

variação do pH ocorrida nas amostras de água coletadas de cada tipo de cobertura, cujos valores estão demonstrados nos Quadros B1 a B15 do Apêndice B.

a) Análise da variação do pH na cobertura em telhas metálicas – CTM

De acordo com o gráfico da Figura 62 observa-se que na coleta 2 na CTM ocorreram três resultados acima da faixa estabelecida pela NBR 15.527 (ABNT, 2007): para o galão de armazenamento provisório M1 o valor foi de 8,31, para o galão M2 foi de 8,19 e para o galão M3 o valor foi de 8,11. Na bombona de armazenamento da coleta 6 os resultados obtidos nos pontos RM1 e RM2 foram respectivamente 8,50 e 8,14.

Houve dois eventos, no galão de armazenamento provisório M5 da coleta 7 em que o valor obtido foi de 5,59 e no galão M6 da coleta 9 o valor obtido foi de 5,48, bem próximos da faixa estabelecida pela NBR 15.527 (ABNT, 2007).

b) Análise da variação do pH na cobertura em telhas de cimento amianto – CTCA

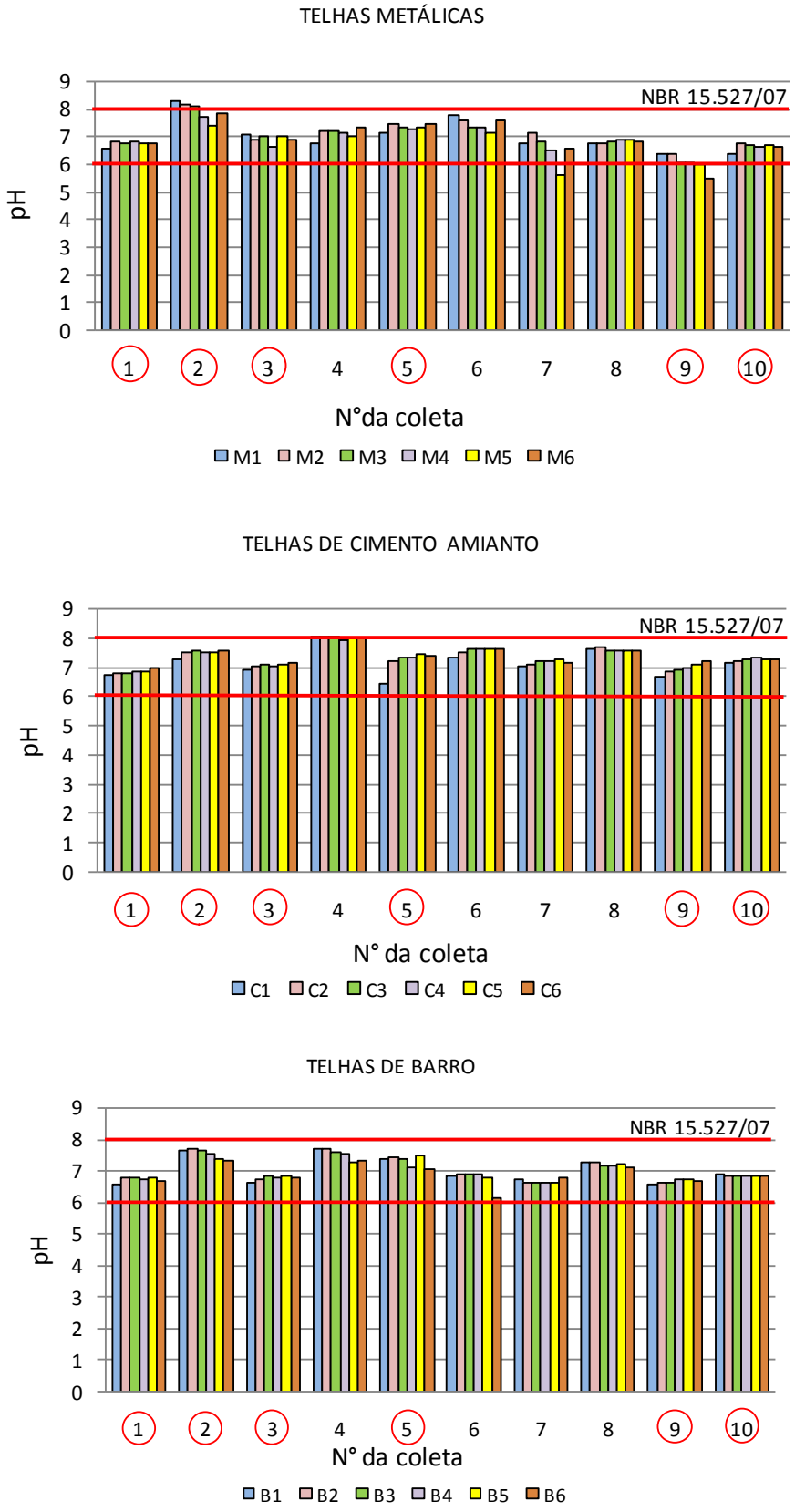
Na CTCA na coleta 4 ocorreram três resultados acima da faixa estabelecida pela NBR 15.527 (ABNT, 2007: para o galão C1 o valor obtido foi de 8,02, para o galão C2 o valor obtido foi de 8,05 e para o galão C3 o valor obtido foi de 8,04.

Todos os demais resultados estiveram dentro da faixa estabelecida pela NBR 15.527 (ABNT, 2007) como pode ser observado no gráfico da Figura 62.

Este valores diferem do encontrado por Yaziz et al. (1989) e Tordo (2004), pressupõe-se que, pela localização das coberturas, quando obtiveram valores 100% abaixo de 7,0, enquanto May (2004) demonstrou que a média do pH de suas coletas ficou entre 5,8 e 7,6 tanto no coletor automático quanto nos reservatórios de acumulação.

c) Análise da variação do pH na cobertura em telhas de barro – CTB

Os resultados da CTB, como demonstrado no gráfico da Figura 62, se apresentaram 100% dentro da faixa estabelecida pela NBR 15.527 (ABNT, 2007), e não foi observada nenhuma relação entre as diferentes coletas ocorridas nos diferentes períodos de estiagem e a variação do pH.



LEGENDA AUXILIAR

N° da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dias de estiagem anteriores	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**
(N)	Coletas precedidas por dias de estiagem									

Figura 62 – Variação do pH presente nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura

5.4 CONDUTIVIDADE

A condutividade é um parâmetro importante na medida de poluentes carreados de superfícies de captação, ao determinar a quantidade de sais dissolvidos na água coletada. A NBR 15.527 (ABNT, 2007) não estabelece limite de valor deste parâmetro para que a água utilizada ofereça qualidade para consumo.

Com a presença ou não dos eventos de chuva que precedeu as coletas, a curva de decaimento de condutividade não ficou constante, ocorrendo variações nos valores de resultados das análises das águas escoadas das coberturas e coletadas nos galões de armazenamento provisório, como demonstrado nos Quadros B1 a B15 do Apêndice B.

Os maiores valores de condutividade obtidos nos resultados ocorreram quando as coletas ocorreram em dias de chuva precedidas por um período seco. Estes valores foram elevados nos primeiros 25 L de água coletada e continuaram elevados durante todo o processo de preenchimento dos seis galões de armazenamento provisório..

De modo geral os resultados das análises se apresentaram mais elevados nas coletas ocorridas em dias precedidos por estiagem, semelhante ao experimento de May (2004) quando nas suas coletas precedidas por maior tempo de dias secos, encontrou valores mais elevados de condutividade em relação às outras coletas, assim como à medida que os telhados são limpos, os valores tendem a diminuir. A seguir foram elaboradas análises de condutividade presente em amostras coletadas de cada tipo de cobertura.

a) Análise de condutividade na cobertura em telhas metálicas - CTM

A CTM apresentou resultados de condutividade elevados para as coletas precedidas de dias secos, como apresentado no gráfico da Figura 63, semelhante ao encontrado por Yaziz et al. (1989) que apresentou resultados de análises bastante elevados para a CTM onde a variação no seu experimento ficou entre 135,2 µS/cm para a coleta 1 e em declínio para 86,5 µS/cm para a coleta 5.

Nas coletas 1, 2, 3 e 5 foram obtidos resultados de condutividade com valores elevados, entre 5,68 µS/cm e 92,1 µS/cm, assim como os resultados do experimento de May (2004) onde as coletas ocorreram em telhas metálicas e apresentaram condutividade entre 88,6 µS/cm e 54,2 µS/cm variando entre os receptores de coleta automática. Vaccari et al (2005) encontraram também valores altos de condutividade em seu experimento de coleta de água em coberturas de telhas metálicas, com valor médio de 96,2 µS/cm, compatível com o resultado da presente pesquisa.

O galão M4 da coleta 3 apresentou um valor imprevisível de 72,8 µS/cm, possivelmente devido ao desequilíbrio do sistema de captação, fazendo com que águas do início da coleta o preenchesse antes de preencher o galão M1.

A coleta 4 que ocorreu após um período chuvoso, com limpeza prévia dos telhados, apresentou valores de resultados mais baixos, entre 6,65 µS/cm e 34.4 µS/cm. As coletas 6, 7 e 8 apresentaram valores de resultados mais baixos devido ao período chuvoso que antecedeu as coletas ficando 100% abaixo de 10 µS/cm.

Ao retornar a coleta após um período seco, observamos nas coletas 9 e 10 que os valores dos resultados voltaram a subir. Porém, pela rápida limpeza dos telhados a partir do galão M4 os valores diminuem estando no galão M6 com valores abaixo de 10 µS/cm.

b) Análise de condutividade na cobertura em telhas de cimento amianto - CTCA

A CTCA apresentou valores de condutividade, em média mais elevados que os valores dos resultados obtidos dos outros tipos de cobertura. A variação entre os galões de armazenamento provisório não apresentou uma curva de decaimento entre eles, em cada coleta, de acordo com o gráfico da Figura 63. Excetua-se a coleta 6, que apresenta um declínio nos valores encontrados entre o galão de armazenamento provisório C1 e C6.

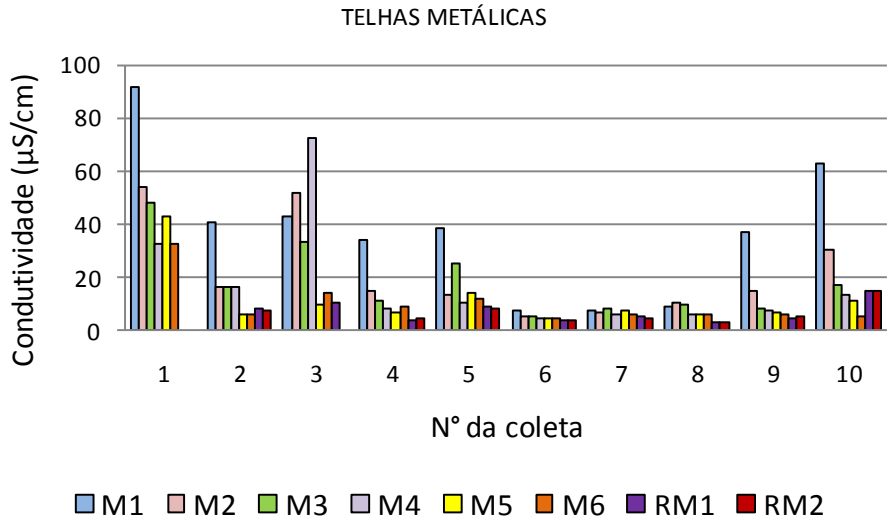
Todos os valores ficaram entre 12,89 µS/cm e 95,90 µS/cm., não havendo uma relação entre o tempo de estiagem e os valores de resultados das análises das coletas, semelhante ao experimento de Jaques (2005) onde a variação média de condutividade ficou entre 32,17 µS/cm e 53,29 µS/cm. De acordo com Yaziz et al. (1989) estas observações podem ser atribuídas à natureza da superfície do telhado, ou seja, microscopicamente, a superfície do telhado permite uma melhor deposição e aprisionamento dos poluentes da atmosfera, em comparação com o telhado em telhas metálicas, que são relativamente lisos tendo a superfície rapidamente lavada.

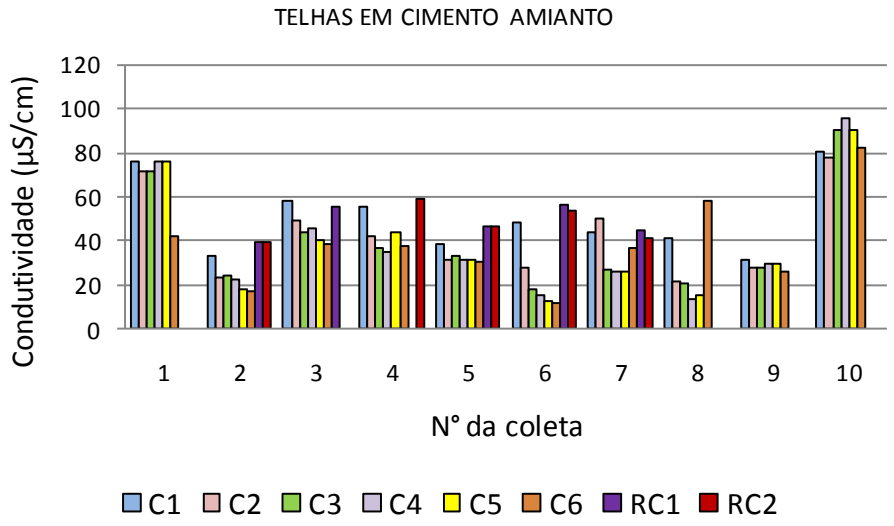
Os resultados voltaram a ficar elevados após o armazenamento nas bombonas, não sendo verificada a interferência da sedimentação para a diminuição dos valores.

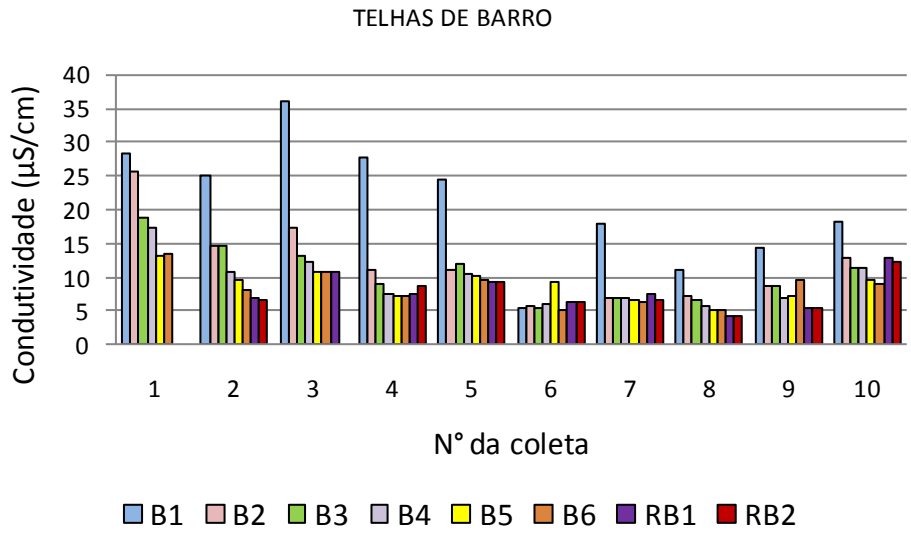
c) Análise de condutividade na cobertura em telhas de barro - CTB

A CTB apresentou valores de resultados em declínio do galão de armazenamento provisório B1 para o galão B6, e de uma coleta para outra, como observado no gráfico da Figura 63.

Observa-se que nas coletas precedidas por um período de estiagem, coletas 1, 2, 3, 5, 9 e 10, os resultados obtidos foram mais altos, ficando entre 6,89 µS/cm e 36,1 µS/cm, do que das coletas precedidas por dias chuvosos, cujos resultados ficaram entre 4,96 µS/cm e 27,8 µS/cm, nas coletas 4, 6, 7 e 8. Porém observamos que as últimas coletas já apresentam valores de resultados baixos, se aproximando bastante dos resultados das coletas diretamente anteriores.







LEGENDA AUXILIAR

N° da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dias de estiagem anteriores	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**
(N)	Coletas precedidas por dias de estiagem									

Figura 63 – Condutividade presente nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura

Jaques (2005) encontrou resultados de análises das coletas em CTB com média variando entre 28,22 µS/cm e 13,29 µS/cm sendo que houve um decréscimo da coleta 1 para a coleta 4 após 60 minutos. No presente trabalho foram encontrados valores máximo e mínimo respectivamente de 36,1 µS/cm e 4,96 µS/cm, durante todo o período.

5.5 SÓLIDOS DISSOLVIDOS

A NBR 15.527 (ABNT, 2007) não estabelece valores limites de sólidos dissolvidos para que a água de chuva tenha qualidade para consumo não potável. Porém, a Portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde (Brasil, 2004) estabelece este valor como máximo permitido de 1.000 mg/L para águas consideradas potáveis.

Observamos nas coletas efetuadas ao longo do experimento, nos três tipos de cobertura, que os valores da concentração de sólidos dissolvidos ultrapassou 50 mg/L na coleta 1 da CTM estando todas as outras coletas com valores de concentração de sólidos dissolvidos, abaixo de 50 mg/L. Durante a ocorrência dos eventos de precipitação, com períodos de estiagem ou períodos chuvosos não houve uma curva de decaimento constante ao longo da coletas de acordo com os resultados que estão demonstrados nos Quadros B1 a B15 do Apêndice B.

Os maiores valores obtidos de concentração de sólidos dissolvidos encontrados nos resultados ocorreram quando as coletas foram efetuadas em dias de chuva precedidas por um período seco. A variação ocorrida nos resultados em cada tipo de cobertura é semelhante à variação encontrada nos resultados de análises de condutividade, por ser um parâmetro a medida do outro. Yaziz et al. (1989) em seu experimento, demonstraram que nas amostras coletadas, no primeiro fluxo de água, a concentração de poluentes foi grande, mas que diminuíram nas amostras subseqüentes.

Coombes, Kuczera e Kalma (2000), apresentaram resultados que demonstram a variação da concentração de sólidos dissolvidos na água coletada de acordo com a precipitação ocorrida, entre 78,09 mg/L e 132 mg/L. No presente trabalho a variação de sólidos dissolvidos em todo o período experimental foi de 2,27 mg/L e 53,69 mg/L.

A seguir, apresentam-se análises da concentração de sólidos dissolvidos nas amostras coletadas de cada tipo de cobertura.

a) Análise de sólidos dissolvidos na cobertura em telhas metálicas – CTM

Os resultados obtidos para sólidos dissolvidos da CTM foram dependentes dos dias secos ou chuvosos que antecederam cada coleta, como pode ser observado no gráfico da Figura 64.

As coletas 1, 2 e 3, que foram as primeiras, e ocorreram após um período de estiagem de oito, um e doze dias, tiveram os seus resultados de análises mais elevados entre 3,1 mg/L e 50,70 mg/L que as demais, o mesmo ocorrendo com a coleta 5, após uma estiagem de cinco dias, com valores entre 5,76 mg/L e 21,4 mg/L, sendo que estes baixaram logo após o galão de armazenamento provisório M4.

As coletas 6, 7 e 8 apresentaram valores mais baixos com todos os resultados com concentração abaixo de 6 mg/L e ocorreram após períodos de chuva. As coletas 9 e 10 apresentam valores mais elevados de concentração de sólidos dissolvidos, por ter ocorrido a coleta após períodos de estiagem de seis e treze dias, com resultados entre 3,44 mg/L e 34,65 mg/L.

Como ocorreu com o parâmetro condutividade, na CTM, o galão M4 da coleta 3 apresentou resultado imprevisível. Os resultados dos pontos RM1 e RM2 da bombona de armazenamento se mantiveram abaixo de 10 mg/L em todas as coletas ocorridas.

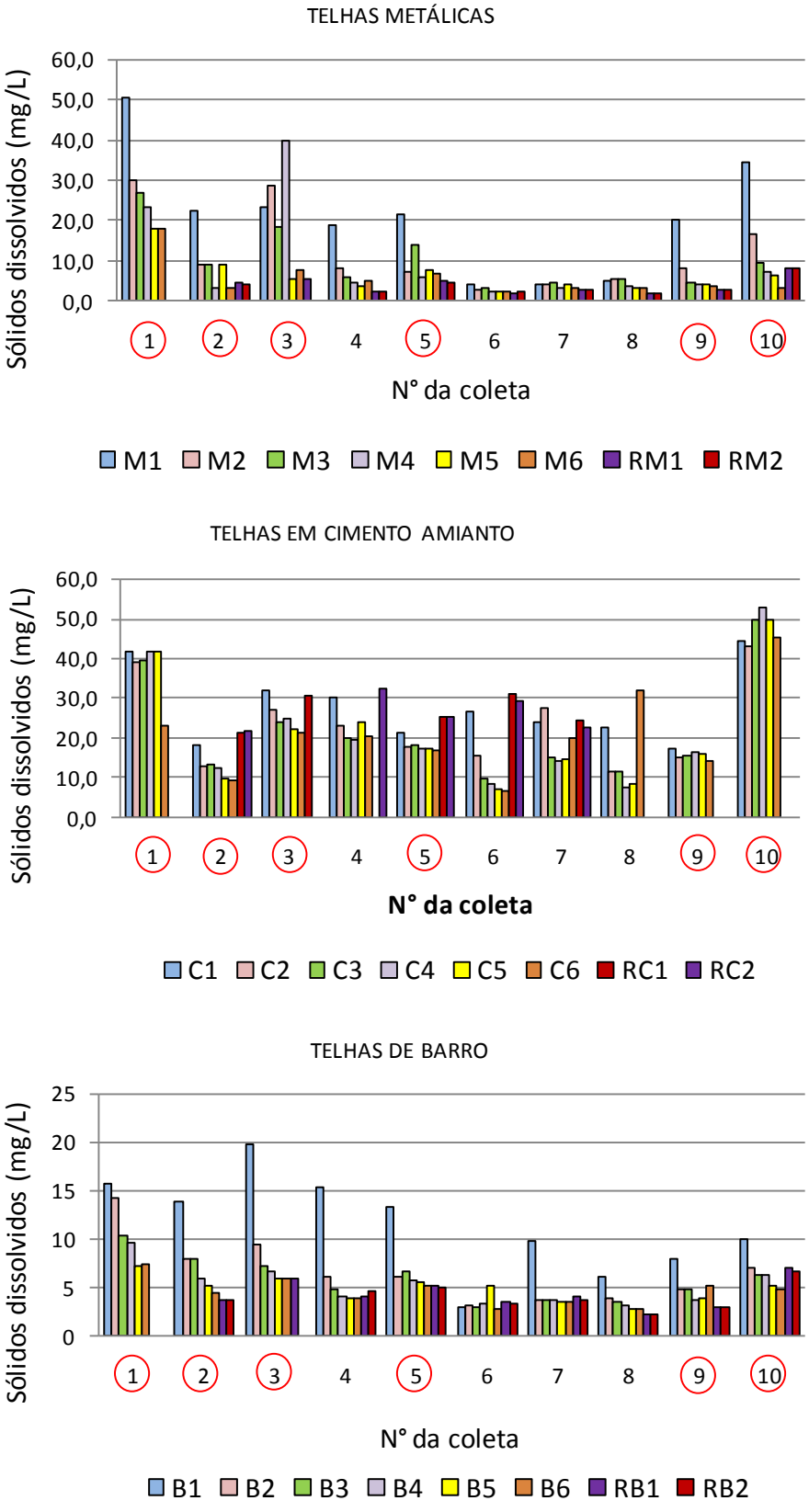
b) Análise de sólidos dissolvidos na cobertura em telhas de cimento amianto – CTCA

Os resultados obtidos para sólidos dissolvidos da CTCA foram bastante variáveis, não apresentando uma curva de decaimento entre os galões de armazenamento de cada coleta, como demonstrado no gráfico da Figura 64, com o aumento significativo dos valores da última coleta efetuada. Todos os valores obtidos ficaram entre 6,53 mg/L e 52,60 mg/L, não havendo uma relação entre o tempo de estiagem e os valores de resultados das análises das coletas. Como foi já explicado no parâmetro condutividade e de acordo com Yaziz et al (1989), a superfície desse tipo de telhado, permite uma melhor deposição dos poluentes da atmosfera mantendo-os na sua superfície, em comparação com telhado em telhas metálicas que são lisos lavando rapidamente a superfície.

Os resultados da bombona de armazenamento se mantiveram abaixo de 33 mg/L em todas as coletas ocorridas e foram os resultados mais elevados encontrados entre os três tipos de cobertura.

c) Análise de sólidos dissolvidos na cobertura em telhas de barro – CTB

Os resultados das análises obtidas para sólidos dissolvidos para o CTB apresentaram uma curva de decaimento bem definida das primeiras para a ultima coleta, de acordo com o gráfico da Figura 64.



LEGENDA AUXILIAR

N° da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dias de estiagem anteriores	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**
(N)	Coletas precedidas por dias de estiagem									

Figura 64 – Sólidos dissolvidos presentes nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura

Observa-se que nas coletas onde aconteceu um período de estiagem: coletas 1, 2, 3, 5, 9 e 10 os resultados foram mais altos ficando entre 3,78 mg/L e 19,86 mg/L, se comparados com os dados obtidos das coletas precedidas por dias chuvosos: coletas 4, 6, 7 e 8, cujos resultados ficaram entre 2,72 mg/L e 15,29 mg/L. Porém observamos que as últimas coletas já apresentam valores de resultados baixos se aproximando bastante dos resultados das coletas diretamente anteriores.

Os resultados da bombona de armazenamento foram os resultados mais baixos encontrados entre os três tipos de cobertura, ficando os valores entre 2,24 mg/L e 7,05 mg/L.

A condutividade e sólidos dissolvidos estiveram presentes nas amostras coletadas dos três diferentes tipos de cobertura. Os maiores valores de resultados encontraram estiveram presentes na CTCA, e se mantiveram durante todo o processo de descarte.

A CTM apresentou maiores valores de resultados nas coletas dos primeiros galões de armazenamento, ocorrendo a diminuição destes valores à medida que a água ia preenchendo os galões subseqüentes, devido à limpeza rápida dos telhados. Houve uma relação entre o aumento de valores e o período de estiagem que antecedeu a coleta.

Para a CTB os resultados foram mais altos, nos eventos precedidos por dias secos. Para as coletas efetuadas em dias precedidos por períodos de chuva, estes valores tenderam a diminuir.

5.7 ALCALINIDADE

A alcalinidade apresentou diferenças significativas de um tipo de cobertura para outro, com elevadas diferenças nos valores dos resultados, apresentados nos Quadros B1 a B15 do Apêndice B. A seguir são apresentadas as análises das variadas concentrações nas amostras coletadas, nos três diferentes tipos de cobertura.

a) Análise da alcalinidade na cobertura em telhas metálicas - CTM

Os resultados das análises obtidas das amostras coletadas da CTM apresentaram valores semelhantes desde o primeiro ao último galão de armazenamento provisório, de cada coleta de acordo com o gráfico da Figura 65. As telhas metálicas propiciam um escoamento mais rápido com uma maior vazão da água desde o início da precipitação ocorrida, tendo os valores de todas as coletas ficado 73% abaixo de 10 mg/L $CaCO_3$.

Observa-se que nas coletas 1, 2 e 3, os valores de alcalinidade ficaram mais elevados, e que o mesmo se repetiu em todos os galões de armazenamento provisório, sendo que os valores foram diminuindo à medida que as águas escoavam.

A coleta 4 ocorreu após um dia chuvoso tendo os resultados das análises para alcalinidade se apresentado dentro da mesma faixa de 4 mg/L $CaCO_3$ a 10 mg/L $CaCO_3$ que as coletas 6, 7 e 8 que também foram precedidas por dias de chuva.

A coleta 5 ocorreu após cinco dias de estiagem, e os resultados obtidos das análises das águas coletadas nos seis galões de armazenamento provisório ficaram entre 7 mg/L $CaCO_3$ e 20 mg/L $CaCO_3$.

Os resultados de análise para as amostras das coletas 9 e 10 que aconteceram após um período de estiagem de seis e treze dias, também se apresentaram elevados ficando entre 6 mg/L $CaCO_3$ e 16 mg/L $CaCO_3$.

Os resultados dos pontos da bombona de armazenamento ficaram com valores entre 3 mg/L $CaCO_3$ e 10 mg/L $CaCO_3$, em todas as coletas ocorridas.

b) Análise da alcalinidade na cobertura em telhas de cimento amianto – CTCA

Os resultados das análises para alcalinidade das amostras da CTCA como era previsível, ficaram mais elevados do que os outros tipos de cobertura, estando seus valores entre 7 mg/L $CaCO_3$ e 46 mg/L $CaCO_3$, sendo que 8% de todos os resultados obtidos ficou abaixo de 10 mg/L $CaCO_3$.

O material que constitui esta cobertura propicia o aumento da alcalinidade tendo ainda como influência o tempo de estiagem que antecedeu cada coleta.

As coletas 1, 2 e 3 assim como a coleta 10 tiveram seus valores de resultados bastante elevados em todos os galões de armazenamento provisório, de acordo com o gráfico da Figura 65. As demais coletas apresentaram resultados semelhantes com algumas variações, como na coleta 7, que foi precedida por dia de chuva e que apresentou nos galões de armazenamento provisório C1, C2 e C6, resultados imprevisíveis já que foram mais elevados que outras coletas.

Os valores dos dois pontos da bombona de armazenamento se apresentaram elevados estando na faixa de 22 mg/L $CaCO_3$ a 33 mg/L $CaCO_3$.

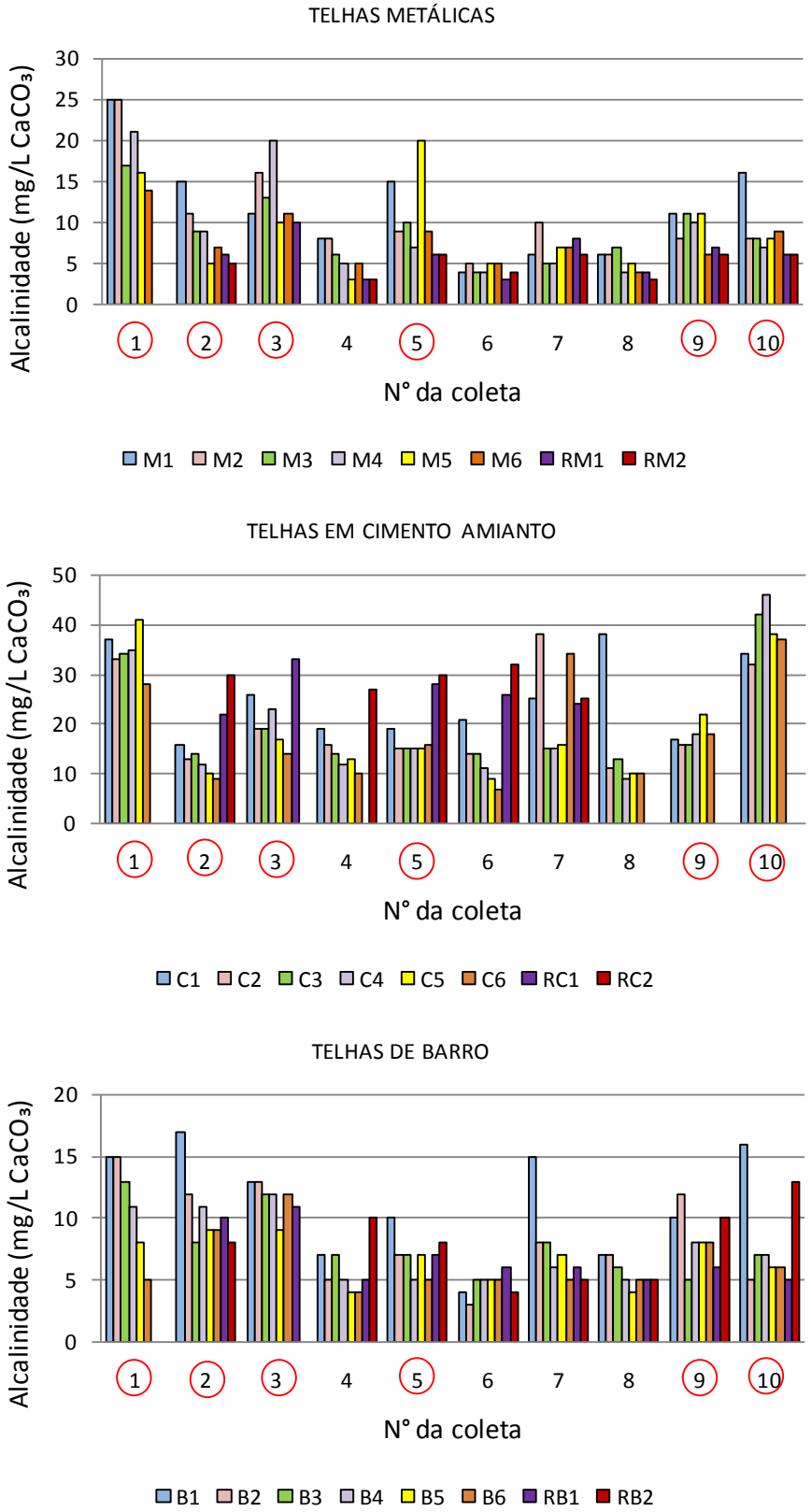
c) Análise da alcalinidade na cobertura em telhas de barro - CTB

Os resultados das análises obtidas das amostras para alcalinidade da CTB se apresentaram mais baixos que os outros tipos de cobertura, como apresentado no gráfico da Figura 65, estando numa faixa de 3mg/L $CaCO_3$ a 17 mg/L $CaCO_3$, sendo que 78% dos valores totais ficaram abaixo de 10 mg/L $CaCO_3$.

As coletas 1, 2 e 3 apresentaram resultados mais elevados por terem sido precedidas por períodos de estiagem.

O galão de armazenamento provisório B1 apresentou resultados mais elevados ainda para as coletas 5, 7, 9 e 10, estando acima de 10 mg/L $CaCO_3$.

A amostra do galão B2 da coleta 9 apresentou valor de alcalinidade de 12 mg/L $CaCO_3$. As demais coletas apresentaram valores iguais ou abaixo de 8 mg/L $CaCO_3$.



LEGENDA AUXILIAR

N° da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dias de estiagem anteriores	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**
(N)	Coletas precedidas por dias de estiagem									

Figura 65 – Alcalinidade presente nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura

Os resultados das bombonas de armazenamento se apresentaram todos acima de 4 mg/L $CaCO_3$, sendo que o ponto de coleta 2 apresentou resultados mais elevados por estar mais perto do fundo da bombona e dos materiais sedimentados.

5.8 DUREZA

Os resultados de dureza para todas as coletas nos galões de armazenamento provisório e bombonas de armazenamento se apresentam abaixo da faixa determinante de água mole.

A CTCA apresentou valores de resultados mais elevados que os outros tipos de cobertura devido ao material de composição das telhas e os resultados obtidos nas análise estão apresentados nos Quadros B1 a B15 do Apêndice B. A seguir são apresentadas as análises de teor de dureza encontrado em cada tipo de cobertura estudada.

a) Análise do teor de dureza na cobertura em telhas metálicas - CTM

A CTM apresentou valores de dureza que ficaram numa faixa entre 2 mg/L $CaCO_3$ e 24 mg/L $CaCO_3$, de acordo com o gráfico da Figura 66.

Não houve uma relação direta entre o tempo de estiagem e os valores de dureza. Os resultados da bombona de armazenamento foram mais baixos ficando numa faixa entre 2 mg/L $CaCO_3$ e 8 mg/L $CaCO_3$.

b) Análise do teor de dureza na cobertura em telhas de cimento amianto - CTCA

A CTCA apresentou os valores de resultados de dureza mais elevados, numa faixa entre 8mg/L $CaCO_3$ e 46 mg/L $CaCO_3$, estando abaixo do valor determinado para água mole que é de 55 mg/L $CaCO_3$, de acordo com o gráfico da Figura 66.

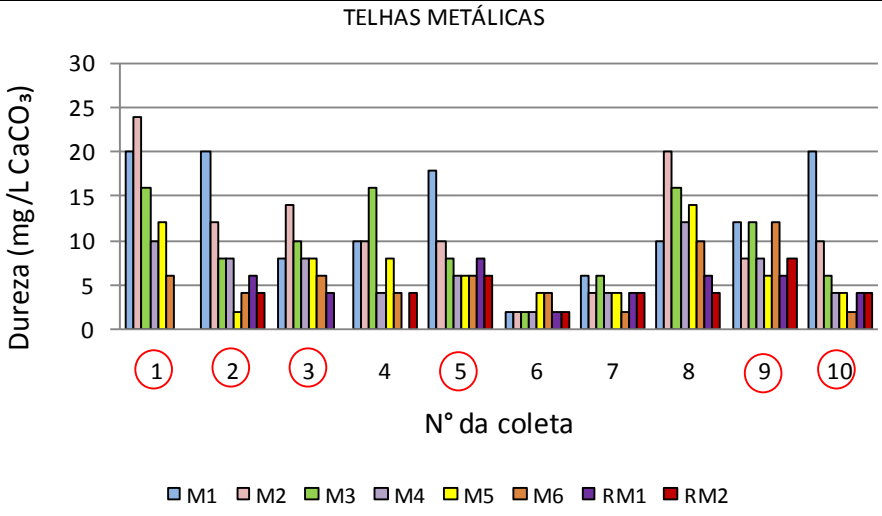
Os valores encontrados por Jaques (2005) em seu experimento chegaram a uma média de 38,43 mg/L $CaCO_3$.

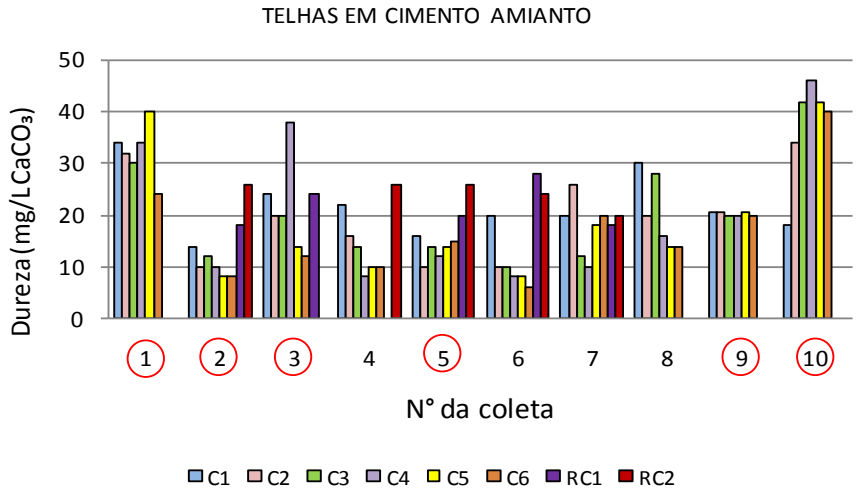
c) Análise do teor de dureza na cobertura em telhas de barro - CTB

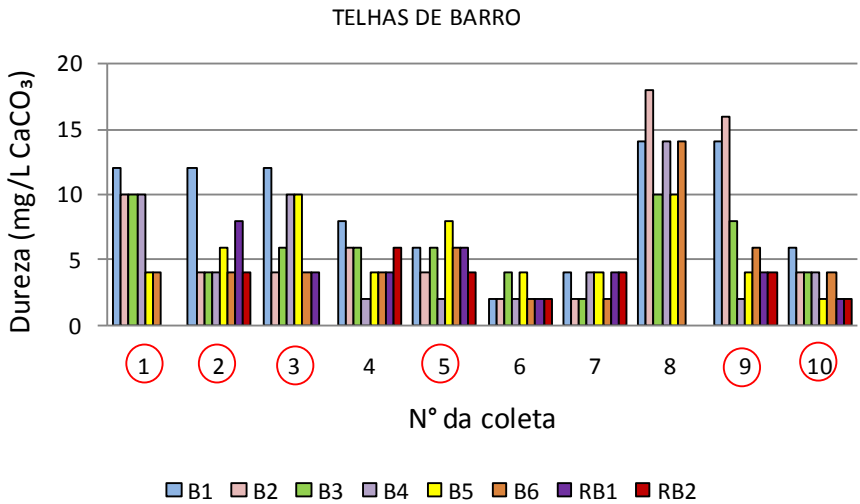
Os resultados para a CTB se apresentaram numa faixa entre 2 mg/L $CaCO_3$ e 18 mg/L $CaCO_3$, como demonstrado no gráfico da Figura 66, sendo os valores mais baixos entre os três tipos de cobertura.

Os resultados foram variáveis estando 8% do total dos valores acima de 12 mg/L $CaCO_3$. Do total, 37% dos valores ficaram iguais ou abaixo de 4 mg/L $CaCO_3$.

Em seu experimento, Jaques (2204) apresentou um valor médio de dureza para a cobertura em telhas cerâmicas de 16,37 mg/L $CaCO_3$.







LEGENDA AUXILIAR

N° da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dias de estiagem anteriores	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**
(N)	Coletas precedidas por dias de estiagem									

Figura 66 – Teor de dureza presente nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura

5.6 SÓLIDOS TOTAIS

Foram realizadas análises de sólidos totais, sólidos voláteis e sólidos fixos para amostras coletadas dos galões de armazenamento provisório 1 e 6, devido à importância destes dados como limites prováveis de concentração. Os resultados são apresentados nos Quadros B1 a B15 do Apêndice B.

Não foram obtidas amostras das coletas 7, 9 e 10. A coleta 7 ocorreu com baixa precipitação, impossibilitando coletar o suficiente para a análise e as coletas 9 e 10 necessitavam de um grande número de amostras para que as análises determinassem um número mínimo de sólidos. Optou-se por não realizá-las determinando a concentração em um número >10 mg/L. A seguir são apresentadas as análises efetuadas da concentração de sólidos totais nos diferentes tipos de cobertura.

a) Análise de sólidos totais na cobertura em telhas metálicas - CTM

Os resultados de análises obtidas para sólidos totais da CTM, de acordo com o gráfico da Figura 67, demonstraram que a concentração de sólidos esteve elevada nas coletas 1, 2, 3, 4, 5 e 6 no galão de armazenamento provisório M1, com valor máximo de 145,50 mg/L Os valores tiveram um decréscimo no galão de armazenamento provisório M6, onde excetuando a coleta 2 que apresentou resultado de 120 mg/L todas ficaram com resultados menores ou iguais a 55 mg/L.

Os resultados obtidos para as coletas ocorridas nos pontos RM1 e RM2 da bombona de armazenamento ficaram com valor máximo de concentração de 33 mg/L e valor mínimo abaixo de 10 mg/L de concentração.

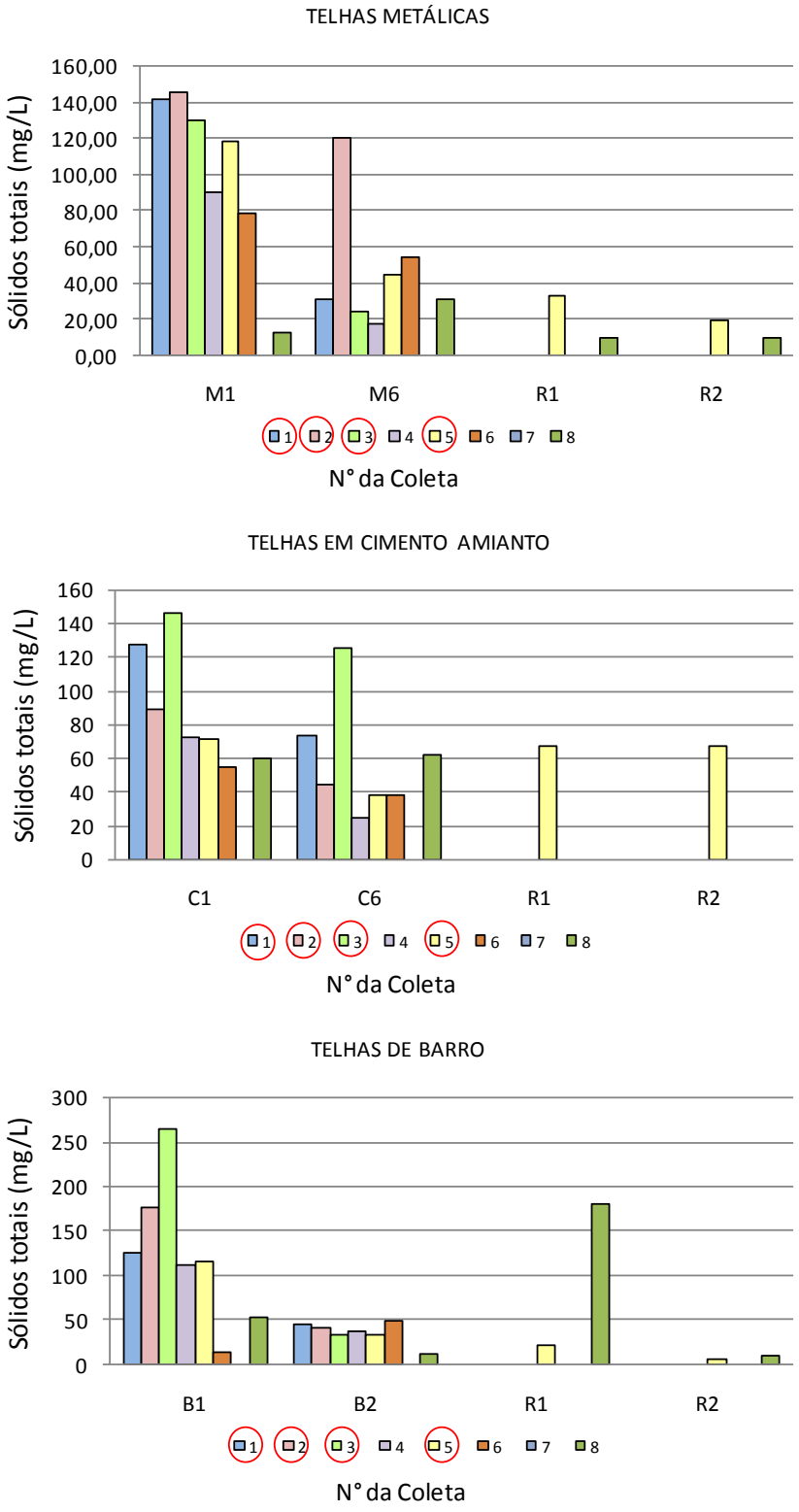
b) Análise de sólidos totais na coberturas em telhas de cimento amianto - CTCA

Os resultados obtidos para a concentração de sólidos totais na CTCA, de acordo com o gráfico da Figura 67, ficaram entre 25,3 mg/L e 146 mg/L, sendo que o maior resultado encontrado foi na coleta 3, no galão de armazenamento provisório C1. Um valor mais elevado ocorreu também na coleta 3 no galão de armazenamento provisório C6.

Os valores dos resultados dos pontos RC1 e RC2 da bombona ficaram acima do esperado. Esperava-se que os sólidos sedimentassem e que a concentração diminuísse. Os valores ficaram mais elevados que os do galão de armazenamento provisório C6.

c) Análise de sólidos totais na cobertura em telhas de barro – CTB

Os resultados obtidos da concentração de sólidos totais da CTB foram os que apresentaram valores, como demonstrado no gráfico da Figura 67.



LEGENDA AUXILIAR

N° da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dias de estiagem anteriores	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**
(N)	Coletas precedidas por dias de estiagem									

Figura 67 – Sólidos totais presentes nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura

As primeiras coletas do galão de armazenamento provisório B1 tiveram valores mais elevados e com a constante lavagem dos telhados, os valores foram diminuindo tendo sido observado o maior valor de concentração de sólidos na coleta 3 do galão de armazenamento B1, com 264 mg/L e o menor valor na coleta 8 do galão B6 com concentração de 11,4 mg/L.

- **Análise de sólidos voláteis e fixos nos galões M1 e M6 e bombona de armazenamento**

O gráfico da Figura 68 apresenta a concentração de sólidos voláteis e sólidos fixos obtidos em cada amostra coletada nos galões de armazenamento provisório M1 e M6. Observa-se que sem a interferência de períodos onde a coleta foi precedida de dias secos ou chuvosos, no galão M1 e M6 de armazenamento provisório 71% dos resultados indicam a maior concentração de sólidos totais fixos.

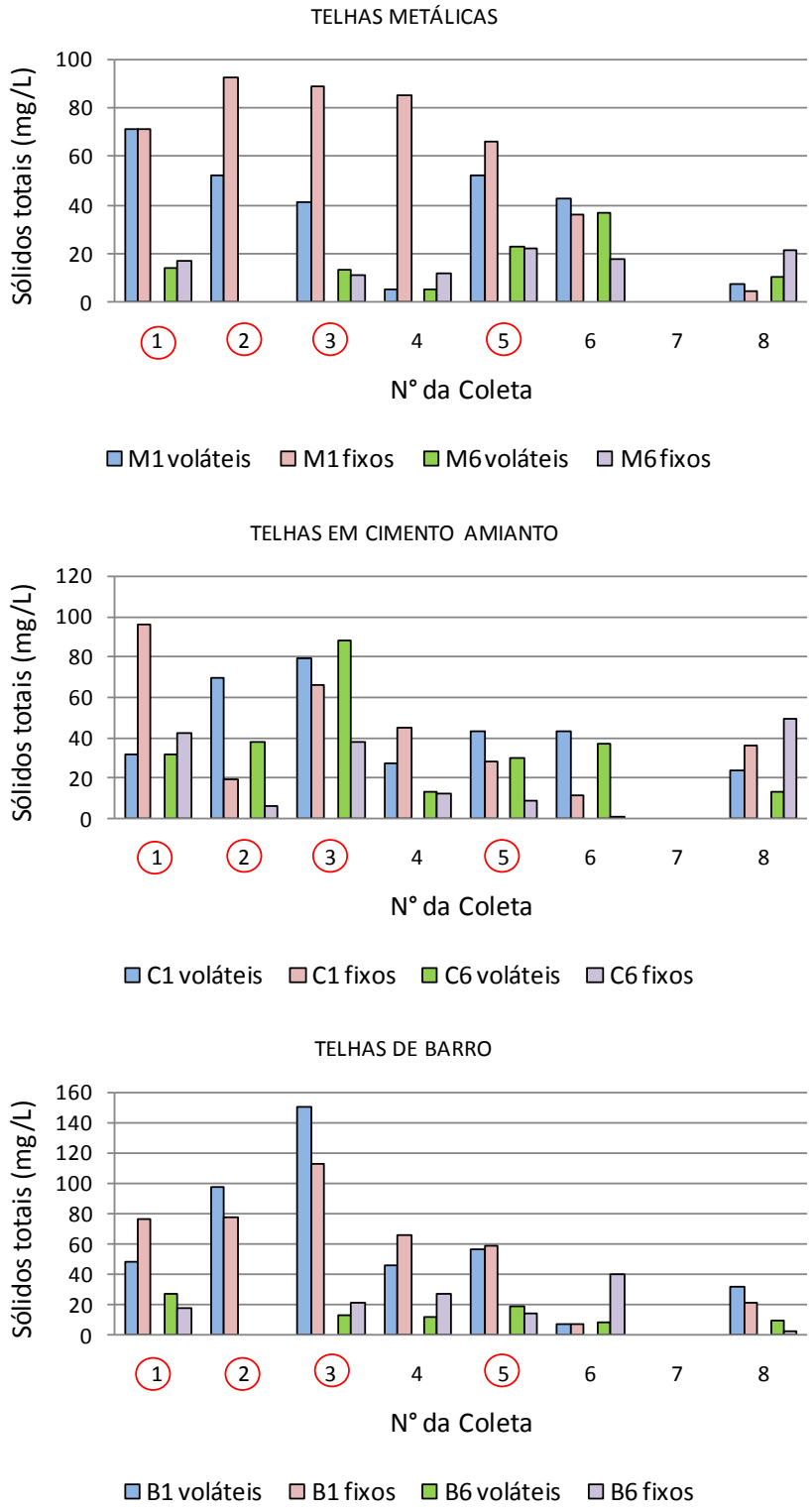
Ainda de acordo com o gráfico da Figura 88, a concentração de sólidos voláteis e sólidos fixos em cada amostra coletada não sofre interferência dos dias de estiagem ou chuvosos que antecederam cada coleta.

- **Análise de sólidos voláteis e fixos nos galões C1 e C6 e bombona de armazenamento**

A concentração de sólidos voláteis foi maior em 57% das coletas quando analisada a amostra do galão de armazenamento provisório C1 e 71% mais alta quando analisadas as amostras do galão C6, como pode ser observado no gráfico da Figura 68.

- **Análise de sólidos voláteis e fixos nos galões B1 e B6 e bombona de armazenamento**

No galão de armazenamento provisório B1, 57% da concentração total de sólidos foi de sólidos voláteis e no galão B6, 71%, conforme apresentado no gráfico da Figura 68, onde observamos ainda a diminuição dos sólidos de um galão para outro.



LEGENDA AUXILIAR

N° da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dias de estiagem anteriores	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**
(N)	Coletas precedidas por dias de estiagem									

Figura 68 – Sólidos voláteis e fixos presentes nas amostras coletadas dos galões de armazenamento provisório 1 e 6 dos três tipos de cobertura

5.9 FERRO TOTAL

O ferro total não tem valor estabelecido na NBR 15.527 (ABNT, 2007), para que sua utilização para consumo seja aceita.

É recomendável a concentração de 0,3 mg/L, sugerindo-se concentrações inferiores a 0,5 mg/L, pois acima disso a água fica com sabor desagradável.

Coombes, Kuczera e Kalma (2000), em sua pesquisa em Hamilton, coletaram água com concentrações de ferro sempre dentro do limite de 0,01 mg/L, o que não aconteceu na presente pesquisa onde a concentração de ferro variou entre os diferentes tipos de cobertura e não estiveram sempre dentro do limite recomendado.

Os resultados das análises das amostras estão apresentadas nos Quadros B1 a B15 do Apêndice B. As verificações da concentração de ferro nas amostras coletadas em cada tipo de telhado são apresentadas a seguir.

a) Análise de ferro na cobertura em telhas metálicas - CTM

Os valores de ferro total na CTM variaram de uma coleta para outra, conforme gráfico da Figura 69. As coletas 1, 2 e 3 tiveram resultados no galão de armazenamento provisório M1, elevados e diminuindo à medida que iam sendo coletadas as amostras dos outros galões.A coleta 4 se apresentou com valores diminuindo do galão M1 ao galão M6 estando com os resultados dentro do limite recomendável.

A coleta 5 precedida por período de estiagem obteve resultados elevados, acima do recomendável em todos os galões de armazenamento provisório. As demais coletas apresentaram valores de resultados dentro do limite recomendado. O galão M6 apresentou resultados 20% e os pontos RM1 e RM2 da bombona de armazenamento apresentou valores 5% acima do estabelecido como recomendável.

b) Análise de ferro na cobertura em telhas de cimento amianto - CTCA

Os resultados para ferro total na CTCA apresentaram-se 18% acima do estabelecido como recomendável, como demonstrado no gráfico da Figura 69. As coleta 1, 2, 3 e 5 apresentaram resultados mais elevados desde o galão C1 de armazenamento provisório ao galão C6. A coleta 8 apresentou resultados elevados diminuindo até o último galão de armazenamento temporário.

Devido à lavagem dos telhados após períodos de chuva as coletas 4, 6 e 7 apresentaram resultados baixos de ferro total estando 100% abaixo do valor estabelecido como recomendável.

Na CTCA as últimas coletas, 9 e 10, apresentaram resultados dentro do estabelecido como recomendável mesmo tendo sido ocorridas após períodos de estiagem.

Os valores dos resultados nos pontos de coleta RC1 e RC2 da bombona de armazenamento se apresentaram 100% dentro do recomendável.

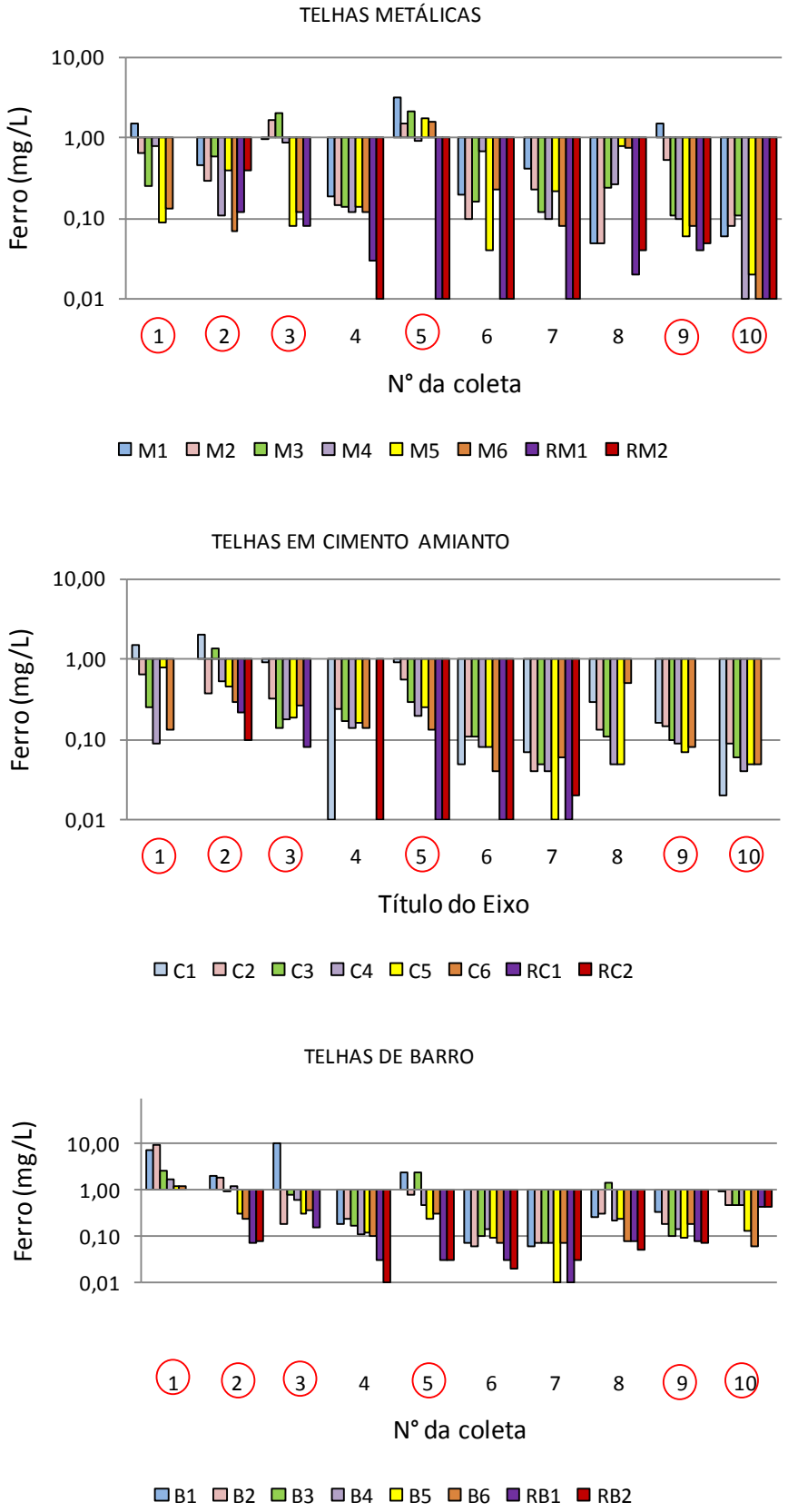
c) Análise de ferro na cobertura em telhas de barro – CTB

A CTB apresentou os valores dos resultados mais elevados dentre os três tipos de cobertura, como apresentado no gráfico da Figura 69.

Pressupõe-se que pelo próprio material da telha em barro cuja composição é de solo tipo latossolo rico em ferro. Com o passar do tempo, a telha se torna mais porosa e desprende com mais facilidade o material constituinte.

As coletas 1, 2, 3, 5, 9 e 10 que foram precedidas por períodos variados de estiagem, apresentaram resultados mais elevados que as coletas que foram precedidas por dias chuvosos.

No galão de armazenamento provisório B6 e nos pontos de coleta RB1 e RB2 da bombona de armazenamento os valores estiveram 11% acima do valor recomendado, sendo que os valores mais elevados foram verificados na coleta 2 para o galão B6 e na coleta 10 nos dois pontos de coleta RB1 e RB2 da bombona de armazenamento.



LEGENDA AUXILIAR

N° da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dias de estiagem anteriores	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**
(N)	Coletas precedidas por dias de estiagem									

Figura 69 – Ferro total presente nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura

5.10 COLIFORMES TOTAIS

Os coliformes totais estiveram presentes em todas as amostras coletadas, assim como nos experimentos de Tordo (2004), Jaques (2005), May (2004), Coombes (2000) e Yaziz et al.(1989). As coletas de amostras foram obtidas dos galões de armazenamento provisório 1 e 6 e dos dois pontos de coleta R1 e R2 da bombona de armazenamento.

Não foi observada uma relação entre o período de estiagem e os valores encontrados para nenhum tipo de cobertura, como pode ser verificado nos gráficos da Figura 70.

De acordo com a pesquisa de Yaziz *et al* (1989), nas amostras dos telhados cerâmicos, os valores, para coliformes fecais e totais foram 8-13 NMP/100 ml e 41-75 NMP/100 ml, respectivamente. Em relação ao telhado aço galvanizado, os valores, para coliformes fecais foram 4-8 NMP/100 ml e coliformes totais 25-63 NMP/100 ml.

Tordo (2004) demonstrou em seu experimento a maior quantidade de coliformes totais nas coletas da cobertura em telhas de cimento amianto (1453 NMP/100 mL), tendo diminuído na cobertura em telhas de barro (1054 NMP/100 mL) e apresentado o menor resultado na cobertura em telhas metálicas (934 NMP/100 mL), semelhante a presente pesquisa.

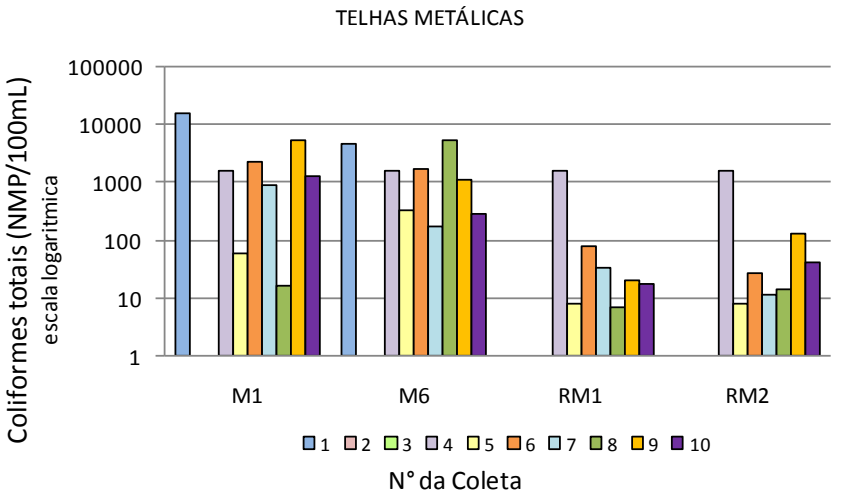
5.11 *Escherichia Coli – E coli*

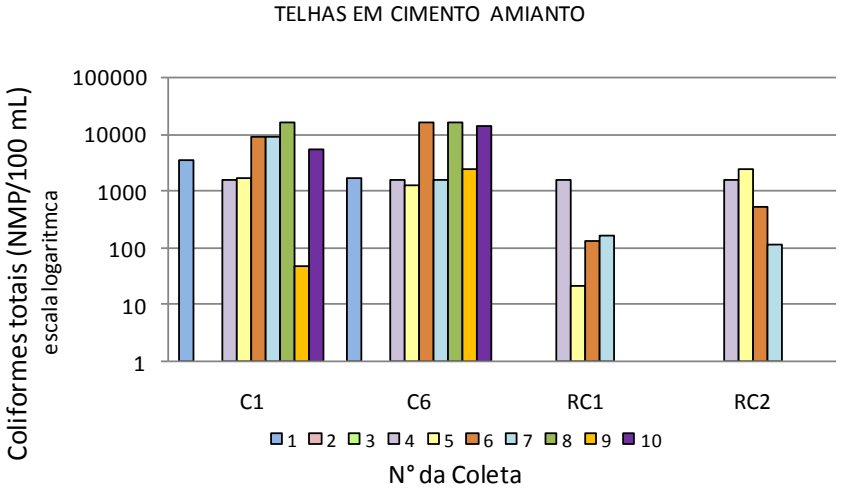
Os coliformes termotolerantes estiveram presentes em todas as amostras coletadas, assim como nos trabalhos de Yaziz *et al* (1989), May (2004), Tordo (2004) e Jaques (2005).

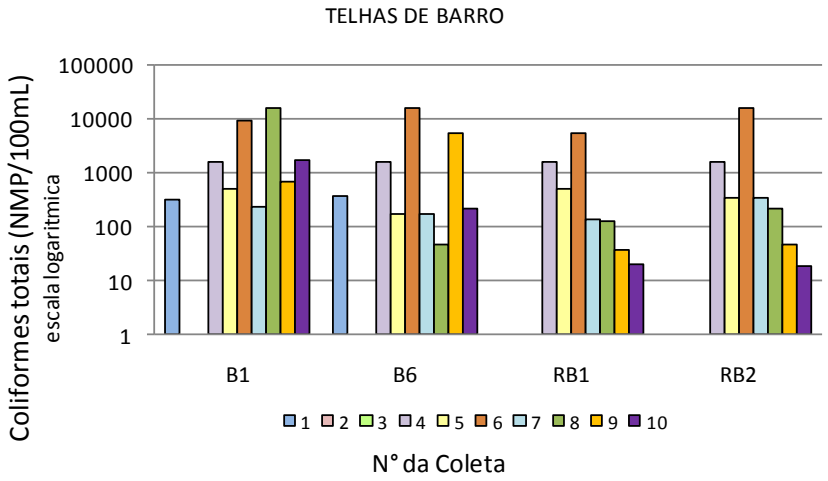
As coletas de amostras foram obtidas dos galões de armazenamento provisório 1 e 6 e dos dois pontos de coleta R1 e R2 da bombona de armazenamento.

Não foi observada uma relação entre o período de estiagem e os valores encontrados para nenhum tipo de cobertura de acordo com gráficos da Figura 71.

Tordo (2004) demonstrou em seu experimento a maior quantidade de *E coli* nas coletas da cobertura em telhas de cimento amianto (280 NMP/100 mL), do que nas coberturas em telhas de barro (236 NMP/100 mL) e metálicas (269 NMP/100 mL), semelhante à presente pesquisa em que os maiores valores encontrados foram nas águas da CTCA.



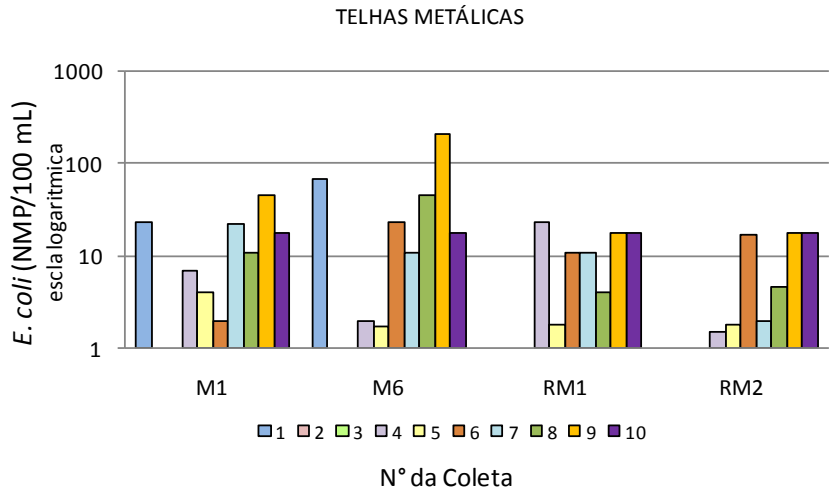


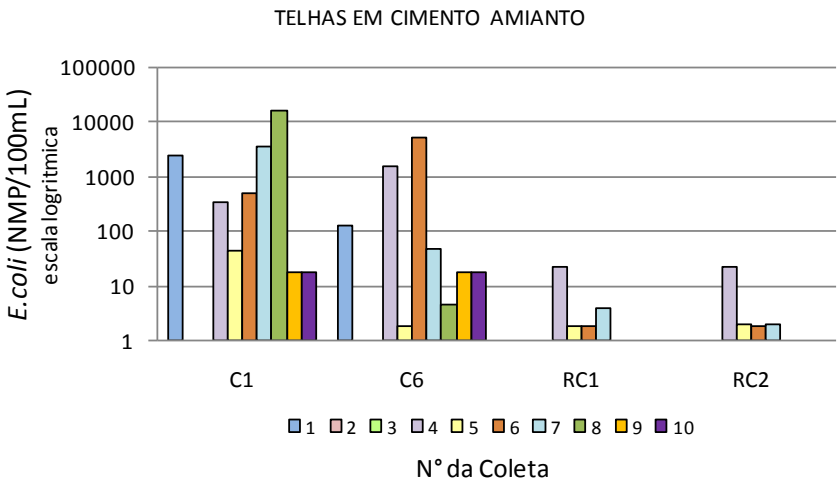


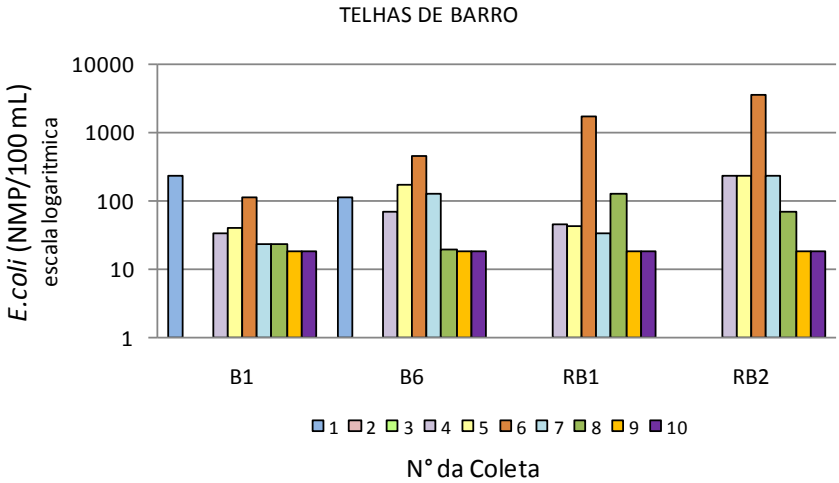
LEGENDA AUXILIAR

N° da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dias de estiagem anteriores	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**
Ⓝ	Coletas precedidas por dias de estiagem									

Figura 70 – Coliformes totais presentes nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura







LEGENDA AUXILIAR

N° da coleta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dias de estiagem anteriores	**8**	**1**	**12**	**0**	**5**	**0**	**0**	**0**	**6**	**13**
Ⓝ	Coletas precedidas por dias de estiagem									

Figura 71 – *E coli* presente nas amostras coletadas dos três tipos de cobertura

5.12 ZINCO E CHUMBO

Foram efetuadas análises de zinco e chumbo para a última coleta ocorrida no dia 10 de fevereiro de 2010, nos Laboratórios da Aqualit, Tecnologia em Saneamento SS Ltda.

A análise foi efetuada para a água coletada do galão de armazenamento provisório 6, por ser o último reservatório de armazenamento, de descarte já que o volume subseqüente foi para o armazenamento.

O propósito destas análises é devido ao material constituinte das calhas que são de zinco e que foram colocadas para a coleta de toda a água de chuva nos três tipos de cobertura, e também devido ao material da pintura das telhas metálicas que poderiam ou não conter uma quantidade de chumbo acima do recomendado.

Verificou-se, como demonstrado no Quadro 21 que os resultados ficaram de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005 (classe 2). A NBR 15.527 (ABNT, 2007) não estabelece limites para estes parâmetros.

Quadro 21 – Resultados das análises de zinco e chumbo das amostra dos três tipos de coberturas

PARÂMETROS	DATA DA COLETA	M6	C6	B6	VMP Resolução CONAMA 357/05 Classe 2	MÉTODO
ZINCO (mg/l Zn)	10/FEV/2010	0,059	0,15	0,063	0,18 mg/l Zn	SMWW 3125 B
CHUMBO (mg/L Pb)	10/FEV/2010	<0,010	<0,010	<0,010	0,01 mg/L Pb	SMWW 3125 B

Fonte: Aqualit, Tecnologia em Saneamento SS Ltda (2010)

5.13 QUADRO RESUMO

As análises das amostras das águas coletadas para turbidez e cor aparente, para os três tipos de cobertura, de acordo com o Quadro 22, apresentaram os menores valores encontrados, abaixo dos valores estabelecidos pela NBR 15.527/07.

Porém os resultados das amostras das análises para coliformes totais e *E. coli* se apresentaram sempre presentes em todos os galões de armazenamento provisório e nos dois pontos da bombona de armazenamento para todas as coletas efetuadas.

Quadro 22 – Resultados obtidos e padrões estabelecidos pela NBR 15.527/07

PARÂMETROS		TELHAS METÁLICAS		TELHAS DE CIMENTO AMIANTO		TELHAS DE BARRO		VMP NBR 15.527/07
COLETAS	UNIDADES	maior valor encontrado	menor valor encontrado	maior valor encontrado	menor valor encontrado	maior valor encontrado	menor valor encontrado	
Turbidez	uT	113	**1,2**	57,3	**1,6**	52,7	**1,15**	< 5,0
Cor aparente	uH	86,9	**1,2**	87,4	**1,4**	60,3	**4**	<15
pH		8,31	5,48	8,05	6,42	7,86	6,15	6 a 8
Alcalinidade	mg/L $CaCO_3$	25	3	46	7	16	4	NR
Dureza	mg/L $CaCO_3$	20	2	34	6	18	2	NR
Condutividade	µS/cm	92,1	4,14	80,9	11,89	36,1	4,96	NR
Sólidos totais	mg/L	145,5	14	146	25,3	264	11,4	NR
Sólidos dissolvidos	mg/L	50,7	2,27	52,69	6,53	19,86	2,79	NR
Ferro	mg/L	3,22	0,01	1,53	0,01	10,6	0,01	NR
Coliformes totais	NMP/100 mL	**16000**	**16**	**16000**	**49**	**16000**	**45**	ausência
E. coli	NMP/100 mL	**210**	**<1,8**	**16000**	**<1,8**	**460**	**<1,8**	ausência

NR – Parâmetro não referenciado pela legislação

5.14 RESULTADOS DAS ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas para os três tipos de cobertura; telhas metálicas, cimento amianto e telhas de barro e as devidas comparações entre cada tipo de cobertura e o tempo de estiagem ocorrido antes de cada coleta, se basearam em um intervalo de confiança de 95%, conforme Tabelas do Apêndice C.

Verificou-se que não houve diferença significativa para a maioria dos resultados obtidos ($p< 0,05$), para os testes realizados, razão pela qual o detalhamento dos resultados foi omitido na presente pesquisa.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A presente pesquisa teve como objetivo apresentar e avaliar um sistema de descarte de águas de chuva visando determinar o volume de água de descarte necessário para que as mesmas apresentassem qualidade compatível com o estabelecido pela NBR 15.527/07 (ABNT, 2007). Para a realização do experimento foi idealizado e implantado um sistema para coleta, reserva provisória e armazenamento das águas precipitadas em três telhados existentes, construídos com diferentes tipos de materiais: telhas metálicas, telhas de cimento amianto e telhas de barro, localizados na mesma área.

Os resultados obtidos serviram para quantificar o grau de influência que o tempo de estiagem preliminar à precipitação exerce na qualidade de água de chuva coletada. Como esperado, a estiagem proporciona um aumento nos valores de parâmetros como, turbidez, cor aparente, condutividade, sólidos dissolvidos e alcalinidade. Supõe-se que este fenômeno ocorra devido ao aumento do acúmulo de matéria orgânica e outros poluentes sobre as superfícies das coberturas.

Como os resultados das análises realizadas na Etapa 1 e na Etapa 2 do experimento referentes à avaliação da qualidade de águas de chuva precipitadas sobre as coberturas de diferentes tipos de materiais, demonstraram diferenças nos parâmetros avaliados, é importante ressaltar a necessidade do monitoramento contínuo dos padrões de qualidade da água de chuva para a concepção, operação e manutenção de sistemas prediais de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis.

Esta pesquisa permitiu concluir que mesmo com a utilização de um sistema de descarte de águas de chuva, é necessário que sejam desprezadas as primeiras precipitações, no início do período chuvoso, que em Goiás ocorre de setembro e continua até outubro, para que se obtenha água com melhor qualidade para utilização e para a manutenção dos sistemas hidráulicos prediais.

Os resultados desta pesquisa indicam a ocorrência de valores maiores de turbidez, cor aparente, condutividade e sólidos dissolvidos na CTCA, quando comparada aos outros tipos de cobertura, nas coletas efetuadas após períodos de estiagem. Porém em períodos em que as chuvas ocorreram em períodos contínuos, a CTCA apresentou resultados que indicam a necessidade de um menor volume de descarte, neste caso de 25 L equivalentes a 0,33 mm de chuva, para se obter água com qualidade estabelecida pela NBR 15.527/07 (ABNT, 2007).

A pesquisa constatou ainda que na CTM a partir do início do evento de precipitação já ocorria uma limpeza mais rápida dos telhados, devido ao material constituinte dos mesmos serem lisos e sem sobreposições de telhas, reduzindo os valores dos parâmetros

em cada galão de armazenamento. Este fato levou à conclusão que o volume necessário do descarte de águas na CTM pode ser inferior ao volume de descarte nos outros tipos de cobertura, sendo de 100 L, equivalente a 1,33 mm de chuva.

Outra constatação foi que os valores dos parâmetros, principalmente de cor e turbidez, encontrados em cada galão de armazenamento referente às coleta de águas provenientes da CTB não foram muito diferentes dos valores encontrados nos outros tipos de cobertura. Porém pelo material constituinte do mesmo, o arraste de poluentes se dava de maneira mais lenta. Isso determinou a necessidade de um maior volume de água para o descarte já que a água se apresentou com padrão de qualidade dentro do estabelecido pela Norma em somente dois eventos precedidos por períodos chuvosos, não apresentando o mesmo padrão no evento seguinte também precedido por dias chuvosos. Conclui-se portanto que, para a CTB seja necessário o descarte de 150 L de água, equivalente a 2 mm de chuva.

Os dados coletados nos experimentos evidenciaram uma correlação entre os resultados de ferro e tempo de estiagem para as primeiras coletas ou ainda para a coleta do galão de armazenamento provisório 1, sendo que os valores reduziram-se rapidamente com a lavagem dos telhados, tendo os maiores valores se apresentado na CTB. Atribui-se isto ao fato da matéria constituinte dessa cobertura ser a argila, cuja constituição é rica em ferro.

Observou-se a presença de coliformes totais e *E coli* nas amostras coletadas em todos os galões de armazenamento provisório e nas bombonas de armazenamento, demonstrando que a água não tem qualidade para aproveitamento humano mesmo para uso não potável, sendo necessária a incorporação de unidade de tratamento.

O descarte por tempo conforme sugere algumas bibliografias não se mostrou adequado para garantir a obtenção de água com qualidade assegurada, pois após um evento de precipitação com baixa intensidade, a água coletada apresenta-se com qualidade mais baixa.

O desenvolvimento desta pesquisa permitiu ainda chegar às seguintes conclusões:

- A alcalinidade esteve sempre mais alta na CTCA, em comparação aos outros tipos de cobertura, devido ao material que constituem os telhados.
- Não foi possível estabelecer uma correlação entre tempo de estiagem ou dias de precipitação (independente da intensidade da mesma) para os parâmetros, pH, dureza, coliformes totais e *E coli*, para nenhum dos três tipos de cobertura.
- Verificou-se que o armazenamento das águas coletadas após o devido descarte propicia a diminuição de valores de turbidez e cor aparente, promovida por meio da sedimentação.

- A utilização de dispositivos para a retenção de sólidos é recomendada para evitar que sólidos de maior tamanho atinjam o reservatório de armazenamento prejudicando o funcionamento adequado de todo o sistema.
- A captação da água para aproveitamento deve ser feita o mais próximo possível à lâmina d'água (borda superior) dos reservatórios de armazenamento. Foi observada a sedimentação de alguns poluentes após o armazenamento das águas captadas, diminuindo com isso a turbidez e cor aparente da água.
- Verificou-se que não houve diferença significativa para a maioria dos resultados obtidos ($p < 0,05$), para os testes estatísticos realizados.

Devido à complexidade existente na utilização segura de água de chuva, alguns assuntos poderiam ser abordados em trabalhos futuros complementando temas abordados na presente pesquisa, como:

- Avaliação de satisfação de moradores de edificações multifamiliares, que utilizam água de chuva como fonte alternativa de abastecimento predial, para descarga em bacia sanitária e limpeza de áreas externas.
- Avaliação da conservação dos sistemas de distribuição de água e equipamentos sanitários de habitações multifamiliares que possuem sistema de captação e coleta de água de chuva como fonte alternativa de abastecimento predial para utilização na descarga em bacia sanitária e limpeza de áreas externas.
- Estudo de possíveis tratamentos para adequação da qualidade da água aos parâmetros estabelecidos.
- Traçado de um polutograma que estabelecesse com maior rigor, os tempos de descarte em relação aos períodos de chuva em que os mesmos ocorreram, para diferentes tipos de cobertura.

REFERÊNCIAS

APHA; AWWA; WEF. *Standard methods for the examination of water and Wastewater*. 21 Ed. Washington D.C., EUA, 2004.

AQUASTOCK – Tecnologia para reciclagem da água de chuva. Disponível em: < http:// www.aquastock.com.br > Acesso em set 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Água de chuva – Aproveitamento de cobertura em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos.* NBR 15.527, 2007.

Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters (AWQGFMW-1992).

BASTOS, F., *Tratamento de água de chuva através de filtração lenta e desinfecção UV*. Dissertação (Mestrado). Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2007.

BARRETO, D., *Perfil do consumo residencial e usos finais de água,* Ambiente Construído, v.8, n.2, p. 23-40, Porto Alegre, RS, abr./jun. 2008.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 518, de 25 de março de 2004: *Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e dá outras providências*. Diário Oficial da União, n. 59, 26/03/2004, p. 266-270.

COELHO, E.E., PEREIRA, L A., NOZAKI, N.K S., PASQUALETTO, A., *Análise da Acidez da chuva no município de Goiânia (GO).*
Disponível em: <http://www2.ucg.br/nupenge/pdf/artigo001.pdf >Acesso em jan 2009.

COHIM, E. *É seguro usar água de chuva para banho?.* In: 11° Simpósio Nacional de Sistemas Prediais, Curitiba, PR, 2009.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, Resolução n° 357, de 17 de março de 2005, *Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.*

COOMBES, P.J., KUCZERA, G., KALMA, J.D.. *Rainwater quality from roofs, tanks and hot water systems at Figtree Place.* In*:* 3° International Hydrology and Water Resources Symposium of The Institution of Engineers. Hydro 2000. Proceedings v.1 Perth, Australia 20-23 nov, 2000.

COSTA, A.R., BRITO, V.F., *Equações de chuva para Goiás e Sul do Tocantins*. In: 13° Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, MG, 1999.

COSTA, O.S., SOUSA, A.R., *Análise de água – Métodos analíticos físico-químicos e biológicos.* (Apostila) Curso de Especialização em Planejamento e Gerenciamento de Recursos Hídricos, Goiânia, GO, 2007.

CUNHA, G.C., SANTI, A., DALMAGO, G., PIRES, J.L. PASINATO, A. *Dinâmica do Ph da água das chuvas em Passo Fundo, RS,* Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, n.4, Brasília, DF, 2009.

DeOREO, W.B., LANDER, P., MAYER, P.W., *Flow trace analysis to assess water use*. Journal of the American water works association: AWWA, v. 88, n.1, p.79-90, Denver, jan 1996.

DI BERNARDO, L., *Métodos e técnicas de tratamento de água*, v.1, ABES, Rio de Janeiro, RJ, 1993.

ECOLOGY GLASS – Tecnologia para um mundo melhor. Disponível em: <http://www.ecologyglass.com/produtos_detalhes.php?cat=7> Acesso em set 2009.

FENDRICH, R., OLIYNIK, R., *Manual de utilização das águas pluviais*, 1ª Ed. Curitiba, Livraria do Chain Editora, 2002. Tradução do livro: *Rainwater & You: 100 ways to use Rainwater, Group Raindrops, Sumida City, Tokyo, Japan, 1995*.

FENDRICH, R., *Canais de drenagem em pequenas bacias hidrográficas*, 1ª Ed., O Autor, Curitiba, PR, 2008.

FENDRICH, R., *Detenção Distribuída e Utilização das Águas Pluviais*. In: 11° Simpósio Nacional de Sistemas Prediais – SISPRED - UFPR – UTFPR, Curitiba, PR, 2009.

FEWKES, A.. *The use of Rainwater for WC flushing: the Field testing of a colletion system*. Building and Environment, v. 34, n.9, p. 765-772, 1998.

FÖSTER, J., *Variability of roof runoff quality*, Elsevier Science Ltda, Water Science. Technology. v.39, n. 5, p. 137-144, 1999.

GNADLINGER, J., *Captação de água de chuva para uso doméstico e produção de alimentos: a experiência do estado de Gansu no norte da China*. In: 3° Simpósio de captação de água de chuva no semi-árido, Petrolina, PE, nov 2004.

GOIÁS. Secretaria de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás, Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás (SIMEHGO).
Disponível em: <http://www.simego.sectec.go.gov.br/simego/index.php> Acesso em jan 2009.

GONÇALVES, R.F. (coord), *et al*, *Aproveitamento da água de chuva.* In: Uso racional da água em edificações, PROSAB, cap 3, Vitória, ES, 2006.

GONÇALVES, O.M., OLIVEIRA, L.H., *Sistemas Prediais de águas pluviais*, (Texto técnico) Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, SP, 1998.

Guidelines for Canadian Recreational Water Quality (GCRWQ, 1992).

GUTTER GRID – Fit For Life.
Disponível em: <http://www.guttergrid.com/trade.htm>Acesso em nov 2009.

HERNANDES, A.T., AMORIM, S.V., *Avaliação quantitativa e qualitativa de um sistema de aproveitamento de água pluvial em uma edificação na cidade de Ribeirão Preto*. In: 6° Simpósio Brasileiro de captação e manejo de água de chuva, Belo Horizonte, MG, 2007.

ILHA, M.S.O., OLIVEIRA, L.H., GONÇALVES, O.M. *Sustentabilidade de edifícios residenciais no quesito água no Brasil: a necessidade de uma agenda regional*. In: 11° Simpósio Nacional de Sistemas Prediais, Curitiba, PR, 2009.

JAQUES, R.C., *Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações.* Dissertação (Mestrado). Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2005.

LEAFFILTER – Gutter protection.
Disponível em: <http://www.leaffilter.com/leaffilter.php>Acesso em set 2009.

McKinsey – Reneewable Water Resources – Water Economics Team, 2009.

MARTINSON, D., THOMAS, T., *Quantifying the first-flush phenomenon*, Proceedings of 12° International Rainwater Catchment Systems Conference, New Delhi, pp 1-7, 2005.

MAY, S., *Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo Não Potável em Edificações*. Dissertação (Mestrado). Engenharia Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, 2004.

MELO, L.R.C., *Variação da qualidade da água de chuva de três pontos distintos da cidade de Natal, RN.* In: 24° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte, MG, 2007.

MIRANDA, E.C., *Gerenciamento de perdas de água.* In: Abastecimento de águas para consumo humano, organizado por Heller L. & Pádua V. L., Ed. UFMG, Belo Horizonte, MG 2006.

MONTEIRO, G.F. *Segredos da estatística em pesquisa científica*. 1ª ed, Gráfica e Editora Vieira, Goiânia, GO, 2004.

MOU H., WANG H., KUNG H., *Division Study of Rainwater Utilization in China.* In*:* 9° International Rainwater Catchment System Conference, Brasil, 1999.

NAGHETINI, M., *Mananciais superficiais: aspectos quantitativos*. In: Abastecimento de água para consumo humano, organizado por Heller L. & Pádua V. L., Ed. UFMG, Belo Horizonte, MG, 2006.

O NOVO RELATÓRIO DA CIA: Como será o amanhã/ The National Intelligence Council's. Geração Editorial, São Paulo, SP, 2009.

OLIVEIRA, L.H., *Metodologia para a implantação de programa de uso racional da água em edificações*. Tese (Doutorado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, SP, 1999.

OLIVEIRA,L.H., CAMPOS,L.C., SIQUEIRA, E.Q., PARKINSON, J., (Manual). Guia de conservação da água em domicílios. Goiânia, GO, 2006.

PÁDUA, V.L., FERREIRA, A.C.S., *Qualidade da água para consumo humano.* In: Abastecimento de águas para consumo humano, organizado por Heller L. & Pádua V. L., Ed. UFMG, Belo Horizonte, MG, 2006.

PAULA, H. M., *Sistema de aproveitamento de água de chuva na cidade de Goiânia* : *avaliação da qualidade da água em função do tempo de detenção no reservatório,* Dissertação de Mestrado do Curso de Engenharia do Meio Ambiente da Escola de Engenharia Civil da Universidade Federal de Goiás, UFG, Goiânia, GO, 2005.

PORTO, M.F.A., *Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas.* In: Drenagem Urbana, organizado por Tucci C. E. M., PORTO R. L. e BARROS, M. T., ABRH/Editora da Universidade, UFRS, Porto Alegre, RS, 1995.

RAINWATER HARVESTING – Complete Rainwater Solutions. Disponível em: <http://www.rainharvesting.com.au/first_flush_water_diverters.asp> Acesso em set 2009.

REIS, R.P.A., *Proposição de Parâmetros de Dimensionamento e Avaliação de Desempenho de Poço de Infiltração de Água Pluvial.* Dissertação (Mestrado) Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO, 2005.

RICHTER, C.A., NETTO J.M.A., *Tratamento de água,* 5ª reimpressão-2003, Ed. Edgard Blücher Ltda, São Paulo, SP, 1991.

ROCHA, A.L, BARRETO, D., IOSHIMOTO, E. *Caracterização e monitoramento do consumo predial de água*. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. (Documento Técnico de Apoio E1). Ministério do Planejamento e Orçamento. Brasília, DF, 1998.

SAFERAIN – First Flush Diversion Valve. Disponível em:< http://saferain.com.au/> Acesso em set 2009.

SANTOS, D., *Os sistemas prediais e a promoção da sustentabilidade ambiental*. Ambiente Construído. Disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3429/1847> Acesso em: dez 2009.

SANTOS, D.C., LOBATO, M.B., VOLPI, N.M.P., BORGES, L.Z., *Hierarquização de medidas de conservação de água em edificações residenciais com o auxílio da análise multicritério,* Ambiente Construído, v. 6, n. 1, p. 31-47, Porto Alegre, RS, jan./mar. 2006.

SAUTCHUK, C.A. (coord), *Conservação e reuso da água em edificações, 2ª Ed.,* Prol Editora Gráfica, São Paulo, SP, 2005.

SAUTCHUK, C.A., *Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações,* Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2004.

SICKERMANN, J. M. *Gerenciamento das águas de chuva: imprescindível para o futuro das grandes cidades do Brasil.*
Disponível em: <http://www.3ptechnik.de/brazil/documents/dokument_3.doc > Acesso em ago 2008.

SILVA, F.A.M., ASSAD, E.D., MATTOS, A., LUIZ, A.J.B., *Variação espaço-temporal da disponibilidade hídrica climática no estado de Goiás.* Dissertação (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos: USP, 1995.

SILVA, R. T., CONEJO J. G. L., GONÇALVES, O. M. "*PNCDA - Programa de Combate ao Desperdício de Água* – DTA A1 – Apresentação do Programa", Brasília, 1999.

SOUZA, J.B., SARTORI, L., DANIEL, L.A., *Influência da cor e turbidez na desinfecção de águas de abastecimento utilizando-se cloro e radiação ultravioleta.* In: 27° Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Porto Alegre, RS, 2000.

TIGRE S/A. Disponível em:< http://www.tigre.com.br> Acesso em set 2009.

TOMAZ, P., *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*, 2ª Edição, Navegar Editora, São Paulo, SP, 2003.

TORDO, O.C., *Caracterização e avaliação do uso de águas de chuva para fins potáveis.* Dissertação (Mestrado) Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade Regional de Blumenau, FURB, SC, 2004.

TSAKOVSKI, S., TOBIISZEWSKI, M., SIMENOV, V., POLKOWSKA, Z., NAMIESNIK, J., *Chemical composition of water from roofs in Gdansk, Poland*, Environmental Pollution v. 158, p. 84-91 , jan 2010.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - Division of Technology, Industry and Economics. Disponível em: <http://www.unep.or.jp/ietc/publications/urban/urbanenv-2/9.asp> Acesso em set 2009.

U.S. ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA *Wastewater Technology Fact Sheet: Chlorine Disinfection.* EPA/832/f-99/062, Office of Water, Washington, D.C., EUA, 1999.

VACCARI, K., P., REBOUÇAS, T., C., BOLSONI, P., BASTOS, F., GONÇALVES, R., F., *Caracterização da água de chuva para seu aproveitamento em edificações como fonte alternativa de água para fins não potáveis na região metropolitana de Vitória (ES).* In: 23° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Campo Grande, MS, 2005.

VILLARREAL, E.L., DIXON, A., *Analysis of a rainwater collection system for domestic water supply in Ringdansen, Norrköping, Sweeden*, Building and Environment v. 40 p.1174-1184. 2004.

VON SPERLING, M.; *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias – Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos*, v.1, 1ª Edição, DESA.UFMG, 240 p. Belo Horizonte, MG, 1995.

WATERFALL, D. W., *Influence os rainfall amount and distribuitoion on Rainwater catchement system design.* Disponível em: <http://ag.arizona.edu/pubs/water/az1052/harvest.html> Acesso em jul 2009.

WORLD ECONOMIC FORUM. *Water Initiative Future Water Needs*. Genova, Switzerland. 68 p., 2009.

YAZIZ, M., GUNTING, H., SAPIARI, N., & GHAZALI, A. *Variation in rainwater quality from roof catchments*, Water Research, v. 23(6), p.761-765, 1989.

XU, P., LAURE JANEX, M., SAVOYE, P., COCKX, A., LAZAROVA, V., *Wastewater disinfection by ozone: main parameters for process design.* Water Research v.36, p.1043–1055, 2002.

APÊNDICE A

Resultados obtidos nos Laboratórios da SANEAGO

ETAPA 1

Quadro A 1 – Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas metálicas – Etapa 1 – setembro/2008 a abril/2009

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS METÁLICAS															
N° da coleta		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	Limites da ABNT NBR 15.527/07
Tipo de Coleta		1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	
DATA		**Ano 2008**					**Ano 2009**								
	Unid.	**17 set**	**02 out**	**02 nov**	**18 nov**	**16 dez**	**20 jan**	**28 jan**	**13 fev**	**26 fev**	**13 mar**	**22 mar**	**02 abr**	**14 abr**	
Precipitação	mm	12,4	12,2	18,8	38,0	27,8	18,8	12,0	20,0	29,0	7,00	38,60	11,80	16,00	
Temperatura Ambiente	°C	x	21.0°	23.4°	25.4°	23.5°	22.3°	24.4°	23.7°	26.2°	26.4°	23.1°	23.5°	22.7°	NR
Temperatura Água Telhado	°C	x	21.0°	19.7°	20.0°	21.3°	20.3°	21.4°	20.0°	19.8.°	22.3°	20.2°	21,0°	20.5°	NR
Turbidez	uT	141,0	13,30	11,50	1,98	1,60	1,20	1,02	1,46	1,89	6,00	1,63	1,07	4,88	<5
Cor Aparente	uH	176,5	11,00	30,50	9,70	12,40	10,00	2,30	6,40	10,60	3,60	2,60	3,70	5,70	<15
Ph		7,7	5,39	4,23	6,14	6,97	7,17	6,50	6,59	8,30	4,67	7,72	6,34	7,05	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	83,00	5,00	5,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	6,00	3,00	4,00	7,00	X	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	86,00	4,12	4,12	0,21	2,00	0,20	0,20	2,06	4,12	2,06	2,06	6,00	6,0	NR
Condutividade	µS/cm	X	x	27,40	6,70	2,00	1,10	2,90	2,10	5,70	25,00	3,70	1,90	4,90	NR
SólidosTotais	mg/L	X	58,00	110,00	20,00	13,00	14,00	27,00	17,00	10,00	X	11,00	2,70	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	X	24,00	32,00	9,00	12,00	3,00	19,00	2,00	7,00	X	3,00	1,00	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	X	34,00	78,00	11,00	1,00	11,00	8,00	15,00	3,00	X	8,00	1,70	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	13,75	2,03	1,04	2,70	NR
Ferro	mg/L Fe	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0,56	0,02	0,01	0,30	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	X	93	18	23	17	170	13	23	33	7,8	130	110	45	ausente
E coli	NMP 100 mL	X	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	6,80	9,2	6,8	ausente

Legenda: Tipo de coleta: 1: coleta feita diretamente dos telhados 2: coleta efetuada com as calhas colocadas 3: coleta efetuada com calhas e tubulações de descida colocadas
NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro A 2 – Resultado das análises das água escoadas da cobertura em telhas de cimento amianto – Etapa 1– setembro/2008 a abril/2009

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS DE CIMENTO AMIANTO															
N° da coleta		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	Limites da ABNT NBR 15.527/07
Tipo de Coleta		1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	
DATA		**Ano 2008**					**Ano 2009**								
	Unid.	**17 set**	**02 out**	**02 nov**	**18 nov**	**16 dez**	**20 jan**	**28 jan**	**13 fev**	**26 fev**	**13 mar**	**22 mar**	**02 abr**	**14 abr**	
Precipitação	mm	12,4	12,2	18,8	38,0	27,8	18,8	12,0	20,0	29,0	7,00	38,60	11,80	16,00	
Temperatura Ambiente	°C	x	21.0°	23.4°	25.4°	23.5°	22.3°	24.4°	23.7°	26.2°	26.4°	23.1°	23.5°	22.7°	NR
Temperatura Água Telhado	°C	x	21.0°	19.7°	20.0°	21.3°	20.3°	23.1°	20.9°	21.4°	23.7°	21.2°	21.4°	20.5°	NR
Turbidez	uT	75,00	30,30	15,60	4,93	4,07	3,10	1,77	4,58	5,01	7,95	4,98	1,26	6,77	<5
Cor Aparente	uH	77,70	29,30	52,30	15,20	21,00	22,90	12,80	30,60	17,90	17,60	13,90	11,00	17,60	<15
pH		6,89	6,75	7,60	5,91	7,66	7,36	7,43	7,47	6,76	7,18	7,74	7,51	7,36	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	31,00	9,00	26,00	16,00	22,00	36,00	14,00	19,00	10,00	18,00	14,00	37,00	X	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	26,00	6,18	24,72	10,30	20,60	24,72	10,30	26,78	8,24	16,48	10,30	32,00	20,0	NR
Condutividade	µS/cm	X	x	42,30	30,50	36,00	52,80	25,90	41,20	14,40	40,00	23,30	61,20	43,20	NR
Sólido Totais	mg/L	X	31,00	99,00	34,00	29,00	68,00	17,00	58,00	42,00	X	8,50	24,30	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	X	14,00	12,00	4,00	26,00	32,00	8,00	14,00	11,00	X	3,00	13,30	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	X	17,00	87,00	30,00	3,00	36,00	9,00	44,00	31,00	X	5,50	11,00	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	19,58	10,65	33,66	23,76	NR
Ferro	mg/L Fe	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0,30	0,10	0,02	0,16	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	X	1300	130	140	70	>1600	33	13	78	170	280	5400	5400	ausente
E coli	NMP 100 mL	X	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	6,80	7,80	2200	490	ausente

Legenda: Tipo de coleta: 1: coleta feita diretamente dos telhados 2: coleta efetuada com as calhas colocadas 3: coleta efetuada com calhas e tubulações de descida colocadas
NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro A 3 – Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de barro – Etapa 1 – setembro/2008 a abril/2009

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS DE BARRO															
N° da coleta		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	Limites da ABNT NBR 15.527/07
Tipo de Coleta		1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	
DATA		**Ano 2008**					**Ano 2009**								
	Unid.	**17 set**	**02 out**	**02 nov**	**18 nov**	**16 dez**	**20 jan**	**28 jan**	**13 fev**	**26 fev**	**13 mar**	**22 mar**	**02 abr**	**14 abr**	
Precipitação	mm	12,4	12,2	18,8	38,0	27,8	18,8	12,0	20,0	29,0	7,00	38,60	11,80	16,00	
Temperatura Ambiente	°C	X	21.0°	23.4°	25.4°	23.5°	22.3°	24.4°	23.7°	26.2°	26.4°	23.1°	23.5°	22.7°	NR
Temperatura Água Telhado	°C	X	21.0°	19.7°	20.0°	21.3°	20.3°	22.2°	20.4°	22.1°	24.3°	20.7°	21.2°	20.5°	NR
Turbidez	uT	73,70	42,30	14,50	2,09	4,06	2,26	1,00	2,73	1,13	6,04	2,01	2,55	7,19	<5
Cor Aparente	uH	49,50	36,90	41,00	13,80	15,30	19,2	6,80	13,2	8,3	10,50	4,50	9,80	14,1	<15
pH		6,60	6,82	5,97	6,84	7,39	7,31	7,05	7,28	6,67	7,16	7,54	6,25	6,76	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	27,00	7,00	10,00	2,00	4,00	3,00	3,00	4,50	7,00	4,00	3,00	8,00	X	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	18,00	4,12	6,18	0,21	2,00	0,20	0,20	4,12	6,18	2,06	2,06	6,00	4,0	NR
Condutividade	µS/cm	X	x	23,00	6,00	3,70	3,60	4,50	5,50	3,90	17,10	4,50	5,10	8,70	NR
Sólidos Totais	mg/L	X	7,00	80,00	7,00	20,00	29,00	4,00	24,00	30,0	X	15,00	6,00	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	X	6,00	19,00	1,00	6,00	4,00	2,00	4,00	4,00	X	2,50	4,60	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	X	1,00	61,00	6,00	14,00	25,00	2,00	20,00	26,00	X	12,50	1,40	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	9,4	2,47	2,80	4,78	NR
Ferro	mg/L Fe	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0,58	0,03	0,23	0,20	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	X	220	20	1600	12	240	170	6	110	790	16000	16000	1700	ausente
E coli	NMP 100 mL	X	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	140	1300	330	ausente

Legenda: Tipo de coleta: 1: coleta feita diretamente dos telhados 2: coleta efetuada com as calhas colocadas 3: coleta efetuada com calhas e tubulações de descida colocadas
NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro A 4 – Resultado das análises das águas captadas diretamente da atmosfera – Etapa 1– setembro/2008 a abril/2009

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA AS COLETAS DIRETAMENTE DA ATMOSFERA						
		01	02	03	04	Limites da ABNT NBR 15.527/07
DATA		**Ano 2009**				
	Unid.	**28 janeiro**	**16 fevereiro**	**26 fevereiro**	**05 abril**	
Precipitação	mm	12,20	26,00	29,00	72,00	NR
Temperatura Ambiente	°C	24.4°	21.0°	26.2°	21.0°	NR
Temperatura da água	°C	20.4°	20.4°	20.7°	21.0°	
Turbidez	uT	0,73	1,28	0,96	1,34	<5
Cor Aparente	uH	X	2,20	8,90	4,80	<15
pH		5,82	7,10	6,21	6,06	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	2	4	5	6	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	0,20	0,21	4,12	4	NR
Condutividade	µS/cm	3,50	5,40	6,0	4,60	NR
Sólidos Totais	mg/L	X	X	X	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	X	X	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	X	X	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	X	X	X	X	NR
Ferro	mg/L Fe	X	X	X	X	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	X	230	X	<1,8	ausência
E coli	NMP 100 mL	X	17	X	2,0	ausência

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

APÊNCICE B

Resultados obtidos nos Laboratórios da SANEAGO

ETAPA 2

Quadro B 1- Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas metálicas – Etapa 2 - 19/set/2009 e 29/set/2009

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS METÁLICAS – ETAPA 2																		
N° do recipiente		M1	M2	M3	M4	M5	M6	RM1	RM2	M1	M2	M3	M4	M5	M6	RM1	RM2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid.**	**20 SETEMBRO DE 2009**								**30 SETEMBRO DE 2009**								
Precipitação	mm	19,.8								11,0								
Temperatura Ambiente	°C	26.8°								26.8°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	22.8°	22.8°	22.8°	22.8°	22.8°	22.8°	X	X	22.1°	22.1°	22.1°	22.1°	22.1°	22.1°	X	X	NR
Turbidez	uT	81,30	57,80	45,50	15,10	31,70	10,40	X	X	38,10	9,94	13,10	12,50	4,05	3,59	2,71	3,39	<5
Cor Aparente	uH	86,90	52,40	44,30	24,60	*35,50*	*22,10*	X	X	38,80	14,60	17,10	15,50	6,60	5,80	6,30	8,40	<15
pH		6,57	6,81	6,79	6,84	*6,79*	*6,79*	X	X	8,31	8,19	8,11	7,71	7,38	7,82	7,34	7,10	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	25,00	25,00	17,00	21,00	16,00	14,00	X	X	15,00	11,00	9,00	9,00	5,00	7,00	6,00	5,00	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	20,00	24,00	16,00	10,00	12,00	6,00	X	X	20,00	12,00	8,00	8,00	2,00	4,00	6,00	4,00	NR
Condutividade	µS/cm	92,10	54,30	48,50	32,70	42,60	32,90	X	X	41,10	16,40	16,35	16,15	5,89	5,68	8,09	7,64	NR
Sólidos Totais	mg/L	142,0	X	X	X	X	31,00	X	X	145,5	X	X	X	X	120,0	X	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	71,00	X	X	X	X	14,00	X	X	52,5	X	X	X	X	X	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	71,00	X	X	X	X	17,00	X	X	93,0	X	X	X	X	X	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	50,65	29,86	26,67	17,98	23,43	18,09	X	X	22,6	9,02	8,99	8,88	3,23	3,12	4,44	4,20	NR
Ferro	mg/L Fe	1,53	0,64	0,25	0,09	0,79	0,13	X	X	4,50	0,29	0,59	0,40	0,11	0,07	0,12	0,39	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	>1600	X	X	X	X	460	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	ausente
E coli	NMP 100 mL	23	X	X	X	X	68	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro B 2 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas metálicas – Etapa 2 - 18/out/2009 e 09/Nov/2009

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS METÁLICAS – ETAPA 2																		
N° do recipiente		M1	M2	M3	M4	M5	M6	RM1	RM2	M1	M2	M3	M4	M5	M6	RM1	RM2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid.**	**18 OUTUBRO DE 2009**								**09 NOVEMBRO DE 2009**								
Precipitação	mm	0,4								6,2								
Temperatura Ambiente	°C	27°								25°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	24°	24°	24°	24°	24°	24°	23.9°	X	23.2°	23.2°	23.2°	23.2°	23.2°	23.2°	X	X	NR
Turbidez	uT	107	113	54,3	25	4,97	5,64	3,97	X	9,68	5,05	1,5	1,2	1,88	1,97	0,66	0,6	<5
Cor Aparente	uH	22,9	38,4	18,3	20,4	8,1	8,3	4,7	X	19,6	7,4	2,5	2,7	2,4	2,2	2,1	2,1	<15
pH		7,11	6,91	6,99	6,66	6,99	6,91	7,75	X	6,78	7,24	7,22	7,14	6,99	7,35	6,08	6,05	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	11	16	13	20	10	11	10	X	8	8	6	5	3	5	3	3	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	8	14	10	28	8	6	4	X	10	10	16	4	8	4	4	4	NR
Condutividade	µS/cm	42,6	51,8	33,7	72,8	9,65	14,2	10,15	X	34,42	14,61	10,77	8,46	6,65	8,63	4,07	4,56	NR
Sólidos Totais	mg/L	130	X	X	X	X	24	X	X	90					17			NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	41	X	X	X	X	13	X	X	5	X	X	X	X	5	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	89	X	X	X	X	11	X	X	85	X	X	X	X	12	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	23,43	28,49	18,54	40,04	5,31	7,81	5,58	X	18,81	8,04	5,92	4,65	3,66	4,75	2,23	2,22	NR
Ferro	mg/L Fe	1,04	1,7	2	0,86	0,08	0,12	0,08	X	0,19	0,15	0,14	0,12	0,14	0,12	0,03	0,01	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	X	X	X	X	X	X	X	X	1600	X	X		X	1600	1600	1600	ausente
E coli	NMP 100 mL	X	X	X	X	X	X	X	X	17	X	X	X	X	2	23	4,5	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro B 3 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas metálicas – Etapa 2 - 19/Nov/2009 e 06/dez/2009

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS METÁLICAS – ETAPA 2																		
N° do recipiente		M1	M2	M3	M4	M5	M6	RM1	RM2	M1	M2	M3	M4	M5	M6	RM1	RM2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid.**	**19 NOVEMBRO DE 2009**								**06 DEZEMBRO DE 2009**								
Precipitação	mm	17,2								31								
Temperatura Ambiente	°C	27°								25.2°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	22.8°	22.8°	22.8°	22.8°	22.8°	22.8°	23.5°	23°	22.6°	22.6°	22.6°	22.6°	22.6°	22.6°	21.9°	21.9°	NR
Turbidez	uT	31	15,1	15,4	6,59	15,1	11,3	1,53	1,45	8,17	2,69	3,97	2,15	1,95	2,72	1,82	2,05	<5
Cor Aparente	uH	22,7	7,3	7	8,8	8,2	6,7	4,6	4,7	3,5	2	1,1	1	1,7	0,90	1,3	1,9	<15
pH		7,15	7,45	7,35	7,28	7,36	7,44	6,63	6,75	7,77	7,62	7,32	7,37	7,14	7,61	8,14	8,5	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	15	9	10	7	20	9	6	6	4	5	4	4	5	5	3	4	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	18	10	8	6	6	6	8	6	2	2	2	2	4	4	2	2	NR
Condutividade	µS/cm	38,8	13,15	25,4	10,47	14,15	11,96	8,73	8,51	7,04	5,02	5,55	4,46	4,26	4,14	3,64	3,79	NR
Sólidos Totais	mg/L	118,5	X	X	X	X	45	33	19	79	X	X	X	X	55	X	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	52,5	X	X	X	X	23	15	15	43	X	X	X	X	43,50	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	66	X	X	X	X	22	18	4	36	X	X	X	X	11,50	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	21,4	7,23	13,97	5,76	7,78	6,58	4,8	4,68	3,87	2,76	3,05	2,45	2,34	2,27	2	2,08	NR
Ferro	mg/L Fe	3,22	1,53	2,1	0,9	1,74	1,56	0,01	0,01	0,2	0,1	0,16	0,7	0,04	0,23	0,01	0,01	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	61	X	X	X	X	330	7,8	7,8	2200	X	X	X	X	1700	79	26	ausente
E coli	NMP 100 mL	4	X	X	X	X	17	<1,8	<1,8	2	X	X	X	X	23	11	17	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro B 4 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas metálicas – Etapa 2 - 15/dez/2009 e 07/jan/2010

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS METÁLICAS – ETAPA 2																		
N° do recipiente		M1	M2	M3	M4	M5	M6	RM1	RM2	M1	M2	M3	M4	M5	M6	RM1	RM2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid.**	**15 DEZEMBRO DE 2009**								**07 JANEIRO DE 2010**								
Precipitação	mm	7,8								10,2								
Temperatura Ambiente	°C	25°								22.6°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	20.8°	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	22°	22.6°	22.4°	22.4°	22.4°	22.4°	22.4°	22.4°	22.3°	22.6°	NR
Turbidez	uT	8,38	1,63	3,23	2,61	4,52	2,44	0,80	0,63	2,39	3,85	10,2	6,16	12,50	9,18	2,1	2,31	<5
Cor Aparente	uH	6,1	2,8	4,10	2,60	3,7	2	1,4	1,7	6,9	5,2	4,6	2,9	5,90	13,3	2,1	2,3	<15
pH		6,78	7,17	6,86	6,53	5,59	6,6	6,5	6,27	6,75	6,77	6,84	6,92	6,88	6,86	6,54	6,57	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	6	10	5	5	7	7	8	6	6	6	7	4	5	4	4	3	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	6	4	6	4	4	3	4	4	10	20	16	12	14	10	6	4	NR
Condutividade	µS/cm	7,48	7,03	7,79	5,79	7,06	5,69	5,25	4,8	9,22	10,02	9,83	6,12	5,63	5,69	3,13	3,04	NR
Sólidos Totais	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	12,3	X	X	X	X	31	<10	<10	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	7,7	X	X	X	X	10	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	4,6	X	X	X	X	21	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	4,11	3,87	4,28	3,18	3,88	3,13	2,89	2,64	5,07	5,51	5,41	3,37	3,10	3,13	1,72	1,67	NR
Ferro	mg/L Fe	0,41	0,23	0,12	0,1	0,22	0,08	0,01	0,01	0,05	0,05	0,24	0,26	0,79	0,74	0,02	0,04	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	920	X	X	X	X	170	33	11	16	X	X	X	X	5400	6,8	14	ausente
E coli	NMP 100 mL	22	X	X	X	X	11	11	2	11	X	X	X	X	45	4	4,5	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro B 5 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas metálicas – Etapa 2 - 21/jan/2010 e 10/fev/2010

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS METÁLICAS – ETAPA 2																		
N° do recipiente		M1	M2	M3	M4	M5	M6	RM1	RM2	M1	M2	M3	M4	M5	M6	RM1	RM2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid.**	**21 JANEIRO DE 2010**								**10 FEVEREIRO DE 2010**								
Precipitação	mm	8,3								4,0								
Temperatura Ambiente	°C	30.9°								23°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	23.2°	23.2°	23.2°	23.2°	21.6°	21.6°	25.4°	25.5°	22.3°	22.3°	22.3°	22.2°	22.2°	22.2°	23.5°	23.5°	NR
Turbidez	uT	53	14	6,01	4,32	3,48	4,33	2,42	2,53	22,7	36,9	14,7	5,95	3,84	2,64	5,28	1,4	<5
Cor Aparente	uH	34	5,8	3,9	3,3	3,3	1,7	4,9	3.3	17,7	19,9	14,6	9,1	5,9	2,2	2,5	2,7	<15
pH		6,41	6,41	6,05	6,04	6	5,48	6,11	6,24	6,38	6,79	6,71	6,65	6,69	6,66	6,25	5,83	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	11	8	11	10	11	6	7	6	16	8	8	7	8	9	6	6	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	12	8	12	8	6	12	6	8	20	10	6	4	4	2	4	4	NR
Condutividade	µS/cm	36,7	14,48	7,92	7,58	6,97	6,27	4,8	4,85	63	30,5	16,74	12,98	11,05	5,33	14,77	14,88	NR
Sólidos Totais	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	20,18	7,96	4,35	4,17	3,83	3,44	2,64	2,66	34,65	16,77	9,2	7,14	6,07	2,93	8,12	8,18	NR
Ferro	mg/L Fe	1,5	0,53	0,11	0,10	0,06	0,08	0,05	0,05	0,06	0,08	0,11	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	5400	X	X	X	X	1100	20	130	1300	X	X	X	X	294,4	<18	40	ausente
E coli	NMP 100 mL	45	X	X	X	X	210	<18	<18	<18	X	X	X	X	<18	<18	<18	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro B 6 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de cimento amianto – Etapa 2 - 19/set /2009 e 29/set/2009

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS DE CIMENTO AMIANTO – 2ª ETAPA																		
N° do recipiente		C1	C2	C3	C4	C5	C6	RC1	RC2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	RC1	RC2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid.**	**20 SETEMBRO DE 2009**								**30 SETEMBRO DE 2009**								
Precipitação	mm	19,8								11,0								
Temperatura Ambiente	°C	26.8°								26.8°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	23.4°	23.4°	23.4°	23.4°	23.4°	23.4°	X	X	22.1°	22.1°	22.1°	22.1°	22.1°	22.1°	X	X	NR
Turbidez	uT	46,80	32,10	18,10	12,10	32,10	26,80	X	X	27,60	10,80	11,30	11.40	8,11	9,95	2,79	2,52	<5
Cor Aparente	uH	87,40	73,40	65,10	57,20	77,20	50,40	X	X	46,10	23,60	22,70	24,90	21,20	23,30	12,60	12,90	<15
pH		6,71	6,81	6,82	6,84	6,86	6,97	X	X	7,27	7,52	7,55	7,49	7,53	7,54	7,35	7,41	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	37,00	33,00	34,00	35,00	41,00	28,00	X	X	16,00	13,00	14,00	12,00	10,00	9,00	22,00	30,00	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	34,00	32,00	30,00	34,00	40,00	24,00	X	X	14,00	10,00	12,00	10,00	8,00	8,00	18,00	26,00	NR
Condutividade	µS/cm	75,80	71,50	71,60	75,80	75,90	42,10	X	X	33,50	23,50	24,30	22,30	17,60	17,10	39,00	39,20	NR
Sólidos Totais	mg/L	128,0	X	X	X	X	74,00	X	X	89,00	X	X	X	X	44,50	X	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	96,00	X	X	X	X	32,0	X	X	69,50	X	X	X	X	38,00	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	77,0	X	X	X	X	42,0	X	X	19,50	X	X	X	X	6,50	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	41,69	39,32	39,38	41,69	41,74	23,15	X	X	18,42	12,92	13,36	12,26	9,68	9,40	21,45	21,56	NR
Ferro	mg/L Fe	0,77	0,17	0,18	0,07	0,85	0,71	X	X	2,00	0,38	1,35	0,52	0,47	0,30	0,22	0,10	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	3500	X	X	X	X	1700	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	ausente
E coli	NMP 100 mL	2400	X	X	X	X	130	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro B 7 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de cimento amianto – Etapa 2 - 18/out/2009 e 09/Nov/2009

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS DE CIMENTO AMIANTO – ETAPA 2																		
N° do recipiente		C1	C2	C3	C4	C5	C6	RC1	RC2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	RC1	RC2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid.**	**18 OUTUBRO DE 2009**								**09 NOVEMBRO DE 2009**								
Precipitação	mm	0,4								6,2								
Temperatura Ambiente	°C	27°								31.2°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	24.9°	24.9°	24.9°	24.9°	24.9°	24.9°	24.9°	X	24.3°	24.3°	24.3°	24.3°	24.3°	24.3°	X	23.3°	NR
Turbidez	uT	57,3	29,1	34,8	24,1	27,7	18,4	3,78	X	10,3	8,27	6,22	4,31	4,72	5,38	X	0,97	<5
Cor Aparente	uH	70,1	50,2	61,3	49,6	33,9	18,8	12	X	41,20	15,7	12,8	7,2	9,7	9	X	7	<15
pH		6,91	7,03	7,08	7,06	7,1	7,16	7	X	8,02	8,05	8,04	7,9	7,99	7,98	X	7,52	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	26	19	19	23	17	14	33	X	19	16	14	12	13	10	X	27	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	24	20	20	38	14	12	24	X	22	16	14	8	10	10	X	26	NR
Condutividade	µS/cm	58,3	49,2	44	45,4	38,5	55,4	X	X	55,3	42,2	36,3	35,2	43,5	73,2	X	58,7	NR
Sólidos Totais	mg/L	145	X	X	X	X	126	X	X	72,5	X	X	X	X	25,3	X	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	79	X	X	X	X	151	X	X	27,5	X	X	X	X	13,3	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	66	X	X	X	X	113	X	X	45	X	X	X	X	12	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	32,07	27,06	24,2	24,97	22,39	21,18	30,47	X	30,42	23,21	19,97	19,36	23,93	20,46	X	32,29	NR
Ferro	mg/L Fe	0,94	0,33	0,14	0,18	0,19	0,27	0,08	X	0,01	0,24	0,17	0,14	0,16	0,14	X	0,01	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	X	X	X	X	X	X	X	X	>1600	X	X	X	X	>1600	X	X	ausente
E coli	NMP 100 mL	X	X	X	X	X	X	X	X	350	X	X	X	X	>1600	X	X	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro B 8 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de cimento amianto – Etapa 2 - 19/Nov/2009 e 06/dez/2009

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS DE CIMENTO AMIANTO – ETAPA 2																		
N° do recipiente		C1	C2	C3	C4	C5	C6	RC1	RC2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	RC1	RC2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid.**	**19 NOVEMBRO DE 2009**								**06 DEZEMBRO DE 2009**								
Precipitação	mm	17,2								31,0								
Temperatura Ambiente	°C	27°								25.2°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	22.6°	22.6°	22.6°	22.6°	22.6°	22.6°	24.2°	23.7°	22.9°	22.9°	22.9°	22.9°	22.9°	22.9°	22.3°	22.2°	NR
Turbidez	uT	12,2	10,2	8,73	6,64	6,2	8,52	1,11	1,09	7,05	4,47	3,87	2,95	2,64	1,74	1,06	0,88	<5
Cor Aparente	uH	37	27,1	24,7	22,6	22,1	26,4	9,9	9,1	19,1	8,4	7,5	6,3	3,9	1,4	2,6	2,5	<15
pH		6,42	7,21	7,33	7,34	7,43	7,38	7,23	7,31	7,35	7,52	7,6	7,61	7,62	7,63	7,07	7,18	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	19	15	15	15	15	16	16	30	21	14	14	11	9	7	23	32	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	16	10	14	12	14	15	15	26	20	10	10	8	8	6	28	24	NR
Condutividade	µS/cm	38,8	31,1	32,9	31,6	31,2	30,6	30,6	46,4	48,6	28,2	17,76	15,63	12,89	11,89	56,5	53,6	NR
Sólidos Totais	mg/L	71,5	X	X	X	X	38	68	68	54,5	X	X	X	X	38,3	X	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	43	X	X	X	X	29,5	29	26	37	X	X	X	X	37,3	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	28,5	X	X	X	X	8,5	39	42	17,7	X	X	X	X	1,0	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	21,34	17,66	18,1	17,38	17,22	16,83	25,52	25,52	26,3	15,51	9,76	8,59	7,08	6,53	31,07	29,48	NR
Ferro	mg/L Fe	0,91	0,55	0,29	0,2	0,25	0,13	0,01	0,01	0,05	0,11	0,11	0,08	0,08	0,04	0,01	0,01	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	1700	X	X	X	X	1300	22	2400	9200	X	X	X	X	16000	130	540	ausente
E coli	NMP 100 mL	45	X	X	X	X	1,8	<1,8	2	490	X	X	X	X	5400	<1,8	<1,8	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro B 9 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de cimento amianto – Etapa 2 - 15/dez/2009 e 07/jan/2010

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS DE CIMENTO AMIANTO – ETAPA 2																		
N° do recipiente		C1	C2	C3	C4	C5	C6	RC1	RC2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	RC1	RC2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid.**	**15 DEZEMBRO DE 2009**								**07 JANEIRO DE 2010**								
Precipitação	mm	7,8								10,2								
Temperatura Ambiente	°C	25°								22.4°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	20.9°	20.9°	20.9°	20.9°	20.9°	20.9°	23.1°	22.6°	22°	22°	22°	22°	22°	22°	X	X	NR
Turbidez	uT	3,92	1,62	1,95	1,6	1,63	1,63	0,8	0,8	11,2	4,71	4,43	2,29	2,22	2,09	X	X	<5
Cor Aparente	uH	18,6	10,8	8,3	9,3	9,3	11,5	6,2	5,8	27,7	21,1	15,4	4,6	23,8	15,1	X	X	<15
pH		7,04	7,07	7,22	7,26	7,26	7,18	6,37	6,7	7,65	7,68	7,58	7,59	7,57	7,55	X	X	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	25	38	15	15	16	34	24	25	28	11	13	9	10	10	X	X	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	20	26	12	10	18	20	18	20	30	20	28	16	14	14	X	X	NR
Condutividade	µS/cm	43,5	50,4	27,2	26,2	26,3	36,6	44,7	41,6	41,6	21,3	21	13,59	15,35	58,3	X	X	NR
Sólidos Totais	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	60	X	X	X	X	62,7	X	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	23,5	X	X	X	X	13,4	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	36,5	X	X	X	X	49,3	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	23,93	27,72	14,96	14,41	14,47	20,13	24,59	22,88	22,88	11,72	11,55	7,47	8,44	32,06	X	X	NR
Ferro	mg/L Fe	0,07	0,04	0,05	0,04	0,01	0,06	0,01	0,02	0,29	0,13	0,11	0,05	0,05	0,51	X	X	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	9200	X	X	X	X	1600	170	110	>16000	X	X	X	X	>16000	X	X	ausente
E coli	NMP 100 mL	3500	X	X	X	X	49	4	2	>16000	X	X	X	X	45	X	X	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro B 10 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de cimento amian- Etapa 2 - 21/jan/2010 e 10/fev2010

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS DE CIMENTO AMIANTO – ETAPA 2																		
N° do recipiente		C1	C2	C3	C4	C5	C6	RC1	RC2	C1	C2	C3	C4	C5	C6	RC1	RC2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid.**	**21 JANEIRO DE 2010**								**10 FEVEREIRO DE 2010**								
Precipitação	mm	8,3								4,0								
Temperatura Ambiente	°C	30.9°								23°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	25.4°	25.4°	25.4°	25.4°	24.4°	24.4°	X	X	22.2°	22.2°	22.2°	22.1°	22.1°	22.1°	23.6°	23.6°	NR
Turbidez	uT	11.5	7,85	5,55	5,65	4,93	4,31	X	X	5,47	3,21	3,2	2,53	2,79	2.8	X	X	<5
Cor Aparente	uH	54,2	37,6	38,2	39,6	32,7	27,6	X	X	46,4	46,3	42,2	36,7	30,3	23,9	X	X	<15
pH		6,7	6,84	6,9	6,97	7,07	7,21	X	X	7,16	7,21	7,29	7,33	7,30	7,26	X	X	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	17	16	16	18	22	18	X	X	34	32	42	46	38	37	X	X	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	20,4	20,4	20	20	20,4	20	X	X	18	34	42	46	42	40	X	X	NR
Condutividade	µS/cm	31,4	27,5	28,2	30	29,2	26,2	X	X	80,9	78	90,7	95,9	90,3	82,3	X	X	NR
Sólidos Totais	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	17,27	15,12	15,51	16,50	16,06	14,41	X	X	44,5	42,9	49,88	52,69	49,66	45,26	X	X	NR
Ferro	mg/L Fe	0,16	0,15	0,1	0,09	0,07	0,08	X	X	0,02	0,09	0,06	0,04	0,05	0,05	X	X	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	49	X	X	X	X	2400	X	X	5400	X	X	X	X	14000	X	X	ausente
E coli	NMP 100 mL	<18	X	X	X	X	<18	X	X	<18	X	X	X	X	<18	X	X	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro B 11 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de barro – Etapa 2- 19/set/2009 e 29/set/2009

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS DE BARRO – ETAPA 2																		
N° da coleta		B1	B2	B3	B4	B5	B6	RB1	RB2	B1	B2	B3	B4	B5	B6	RB1	RB2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid**	**20 SETEMBRO DE 2009**								**30 SETEMBRO DE 2009**								
Precipitação	mm	19,8								11,0								
TemperaturaAmbiente	°C	29.8°								26.8°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	22.8°	22.8°	22.8°	22.8°	22.8°	22.8°	X	X	22.6°	22.6°	22.6°	22.6°	22.6°	22.6°	22.6°	X	NR
Turbidez	uT	52,70	48,70	38,10	23,60	20,50	15,10	X	X	52,00	14,90	12,30	17,90	8,31	10,50	2,56	2,56	<5
Cor Aparente	uH	47,20	60-,80	31,40	28,40	28,60	20,30	X	X	40,30	15,80	14,20	17,10	13,10	9,70	10,40	10,50	<15
pH		6,58	6,77	6,77	6,75	6,77	6,69	X	X	7,64	7,68	7,65	7,52	7,38	7,32	7,31	7,41	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	15,00	15,00	13,00	11,00	8,00	5,00	X	X	17,00	12,00	8,00	11,00	9,00	9,00	10,00	8,00	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	12,00	10,00	10,00	10,00	4,00	4,00	X	X	12,00	4,00	4,00	4,00	6,00	4,00	8,00	4,00	NR
Condutividade	µS/cm	28,50	25,80	18,94	17,42	13,12	13,40	X	X	25,20	14,60	14,60	10,80	9,54	7,99	6,85	6,67	NR
Sólidos Totais	mg/L	125	X	X	X	X	45,0	X	X	175,	X	X	X	X	41,50	X	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	48,0	X	X	X	X	27,0	X	X	97,5	X	X	X	X	-	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	77,0	X	X	X	X	18,0	X	X	78,0	X	X	X	X	-	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	15,67	14,19	10,42	9,58	7,22	7,37	X	X	13,86	8,03	8,03	5,94	5,24	4,39	3,76	3,66	NR
Ferro	mg/L Fe	7,70	9,70	2,64	1,79	1,27	1,21	X	X	2,00	1,90	0,95	1,28	0,30	0,25	0,07	0,08	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	310	X	X	X	X	230	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	ausente
E coli	NMP 100 mL	230	X	X	X	X	110	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro B 12 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de barro – Etapa 2 - 18/out/2009 e 09/Nov/2009

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS DE BARRO – ETAPA 2																		
N° da coleta		B1	B2	B3	B4	B5	B6	RB1	RB2	B1	B2	B3	B4	B5	B6	RB1	RB2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid.**	**18 OUTUBRO DE 2009**								**09 NOVEMBRO DE 2009**								
Precipitação	mm	0,4								6,2								
TemperaturaAmbiente	°C	27°								31.2°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	25.5°	25.5°	25.5°	25.5°	25.5°	25.5°	25.2°	X	24.4°	24.4°	24.4°	24.4°	24.4°	23°	23.4°	23.2°	NR
Turbidez	uT	69	34,7	27,9	21.3	14,4	10,4	3,25	X	14,4	8,93	5,98	3,28	4,22	5,64	2,58	1,95	<5
Cor Aparente	uH	60,3	21,1	18,6	13,3	13,3	10,2	8,8	X	27,8	9,5	4,7	7,7	5,7	6,1	4,4	4,5	<15
pH		6,63	6,76	6,84	6,81	6,82	6,79	6,76	X	7,7	7,55	7,59	7,55	7,29	7,31	7	6,84	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	13	14	12	12	9	12	11	X	7	5	7	5	4	4	5	10	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	12	4	6	10	10	4	4	X	8	6	6	2	4	4	4	6	NR
Condutividade	µS/cm	36,1	17,32	13,12	12,19	10,81	10,78	10,83	X	27,8	11,03	8,81	7,53	7,05	7,08	7,37	8,51	NR
Sólidos Totais	mg/L	264	X	X	X	X	34	X	X	112	X	X	X	X	38	X	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	151	X	X	X	X	13	X	X	46	X	X	X	X	11,5	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	113	X	X	X	X	21	X	X	66	X	X	X	X	26,5	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	19,86	9,53	7,22	6,7	5,95	5,93	5,96	X	15,29	4,85	4,85	4,14	3,88	3,9	4,05	4,68	NR
Ferro	mg/L Fe	10,6	10,6	0,81	0,63	0,31	0,36	0,16	X	0,19	0,24	0,17	0,11	0,12	0,1	0,03	0,01	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	X	X	X	X	X	X	X	X	61	X	X	X	X	>1600	>1600	>1600	ausente
E coli	NMP 100 mL	X	X	X	X	X	X	X	X	4	X	X	X	X	70	46	240X	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro B 13 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de barro – Etapa 2 - 19/Nov/2009 e 06/dez/2009

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS DE BARRO – ETAPA 2																		
N° da coleta		B1	B2	B3	B4	B5	B6	RB1	RB2	B1	B2	B3	B4	B5	B6	RB1	RB2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid.**	**19 NOVEMBRO DE 2009**								**06 DEZEMBRO DE 2009**								
Precipitação	mm	17,2								31,0								
TemperaturaAmbiente	°C	27°								25.2°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	22.7°	22.7°	22.7°	22.7°	22.7°	22.7°	23.2°	23.4°	22.1°	22.1°	22.1°	22.1°	22.1°	22.1°	22.2°	22.2°	NR
Turbidez	uT	20,2	8,9	13,2	5,61	3,58	3,87	1,84	1,77	3,45	3,89	4,63	4,87	6,52	3,33	2,41	2,49	<5
Cor Aparente	uH	17,9	6,9	8,4	8,6	8,6	6,4	8,2	8,9	3,5	4	3,8	7,6	19,2	3,3	4,2	2,9	<15
pH		7,37	7,43	7,38	7,5	7,5	7,08	6,08	6,73	6,87	6,9	6,88	6,91	6,81	6,15	6,88	6,9	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	10	7	7	5	7	5	7	8	4	3	5	5	5	5	6	4	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	6	4	6	2	8	6	6	4	2	2	4	2	4	2	2	2	NR
Condutividade	µS/cm	24,4	10,96	12,08	10,47	10,12	9,57	9,28	9,18	5,4	5,81	5,38	5,95	9,4	4,96	6,26	6,14	NR
Sólidos Totais	mg/L	115	X	X	X	X	33	22	6,3	14,6	X	X	X	X	48,3	X	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	56	X	X	X	X	19	16	5	7,6	X	X	X	X	8,3	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	59	X	X	X	X	14	6	1,3	7	X	X	X	X	40	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	13,42	6,03	6,64	5,76	5,57	5,26	5,1	5,05	2,97	3,19	2,95	3,27	5,17	2,72	3,44	3,37	NR
Ferro	mg/L Fe	2,56	0,83	2,53	0,49	0,25	0,3	0,03	0,03	0,07	0,06	0,10	0,14	0,09	0,07	0,03	0,02	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	490	X	X	X	X	170	490	330	9200	X	X	X	X	>16000	5400	>16000	ausente
E coli	NMP 100 mL	40	X	X	X	X	170	43	230	110	X	X	X	X	460	170	3500	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro B 14 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de barro – Etapa 2 -15/dez/2009 e 07/jan/2010

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS DE BARRO – ETAPA 2																		
N° da coleta		B1	B2	B3	B4	B5	B6	RB1	RB2	B1	B2	B3	B4	B5	B6	RB1	RB2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid.**	**15 DEZEMBRO DE 2009**								**07 JANEIRO DE 2010**								
Precipitação	mm	7,8								10,2								
TemperaturaAmbiente	°C	25°								22.6°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	20.8°	20.8°	20.8°	20.8°	20.8°	20.8°	21.5°	21.6°	21.6°	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8	22.3°	22.6°	NR
Turbidez	uT	3,21	3,1	3,1	2,01	1,31	2,1	1,35	1,25	21,86	6,55	19,7	7,68	6,09	6,16	1,54	2,84	<5
Cor Aparente	uH	4,1	4	4	3,9	2,5	3,9	2,5	2,7	24,3	7,9	13,8	11,5	4,7	6,9	2,90	3,2	<15
pH		6,76	6,63	6,63	6,64	6,65	6,79	6,8	6,75	7,3	7,28	7,19	7,19	7,23	7,11	7,86	6,87	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	15	8	8	6	7	5	6	5	7	7	6	5	4	5	5	5	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	4	2	2	4	4	2	4	4	14	18	10	24	10	14	12	10	NR
Condutividade	µS/cm	17,86	6,74	6,74	6,78	6,57	6,35	7,38	6,67	11,11	7,14	6,45	5,75	5,07	5,14	4,07	4,14	NR
Sólidos Totais	mg/L									53	X	X	X	X	11,4	181	<10	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	31,5	X	X	X	X	9,5	180	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	21,5	X	X	X	X	1,9	1	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	9,82	3,72	3,72	3,73	3,61	3,49	4,06	3,67	6,11	3,93	3,55	3,16	2,79	2,83	2,24	2,28	NR
Ferro	mg/L Fe	0,06	0,07	0,07	0,07	0,01	0,07	0,01	0,03	0,27	0,31	1,49	0,22	0,24	0,08	0,08	0,05	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	240	X	X	X	X	170	140	350	16000	X	X	X	X	45	130	220	ausente
E coli	NMP 100 mL	23	X	X	X	X	130	33	240	23	X	X	X	X	20	130	68	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

Quadro B 15 - Resultado das análises das águas escoadas da cobertura em telhas de barro – Etapa 2 - 21/jan/2010 e 10/fev/2010

RESULTADOS DAS ANÁLISES PARA A COBERTURA EM TELHAS DE BARRO – ETAPA 2																		
N° da coleta		B1	B2	B3	B4	B5	B6	RB1	RB2	B1	B2	B3	B4	B5	B6	RB1	RB2	Limites ABNT NBR 15.527/07
DATA	**Unid.**	**21 JANEIRO DE 2010**								**10 FEVEREIRO DE 2010**								
Precipitação	mm	8,3								4,0								
TemperaturaAmbiente	°C	30.9°								23°								NR
Temperatura Água Telhado	°C	25.2°	25.2°	25.2°	25.2°	23.6°	23.8°	25.7°	25.8°	22.2°	22.2°	22.2°	22.1°	22.1°	22.1°	23.6°	23.6°	NR
Turbidez	uT	21.7	9,21	11,6	5,51	3,68	4,34	2,59	2,71	10,1	5,16	3,5	3,5	2,17	1,15	2,25	2,23	<5
Cor Aparente	uH	14,3	15,4	14,5	8,8	7,7	10,2	5,4	6,2	22,8	21,2	21,8	21,8	12,5	10,3	20,6	19,7	<15
pH		6,56	6,64	6,64	6,71	6,72	6,66	6,54	6,53	6,88	6,82	6,84	6,84	6,87	6,85	6,53	6,41	6 a 9
Alcalinidade Total	mg/L $CaCO_3$	10	12	5	8	8	8	6	10	16	5	7	7	6	6	5	13	NR
Dureza Total	mg/L $CaCO_3$	14	16	8	2	4	6	4	4	6	4	4	4	2	4	2	2	NR
Condutividade	µS/cm	14,44	8,67	8,71	6,89	7,04	9,53	5,47	5,43	18,1	12,69	11,36	11,36	9,51	8,83	12,83	12,14	NR
Sólidos Totais	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NR
Sólidos Totais Voláteis	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NR
Sólidos Totais Fixos	mg/L	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	NR
Sólidos Dissolvidos	mg/L	7,94	4,76	4,79	3,78	3,87	5,24	3	2,98	9,95	6,97	6,25	6,25	5,23	4,85	7,05	6,67	NR
Ferro	mg/L Fe	0,35	0,18	0,1	0,15	0,09	0,18	0,08	0,07	0,92	0,47	0,49	0,49	0,13	0,06	0,45	0,44	NR
Índice de Coliformes	NMP 100 mL	700	X	X	X	X	5400	37	45	1700	X	X	X	X	220	20	<18	ausente
E coli	NMP 100 mL	<18	X	X	X	X	<18	<18	18	<18	X	X	X	X	<18	<18	<18	ausente

Legenda: NR – Parâmetro não referenciado pela legislação
X – Análise não realizada

/Fonte: Laboratório Central– ETA Jaime Câmara e Laboratório da ETE Dr. Hélio Seixo de Brito, da SANEAGO

APÊNDICE C

Dados Estatísticos

ETAPA 2

TESTES ESTATÍSTICOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS

Tabela C 1–Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade do galão de armazenamento provisório M1

M1	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	36,19	34,89	0,563	0,909
COR APARENTE	10	25,91	24,34	0,788	0,564
ALCALINIDADE	10	11,70	6,29	0,465	0,982
DUREZA	10	12,60	6,54	0,619	0,838
CONDUTIVIDADE	10	37,22	26,48	0,694	0,721
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	20,48	14,57	0,695	0,720
FERRO	9	0,92	1,05	0,681	0,742

Tabela C 2- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário M2

M2	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	26,00	35,41	1,015	0,255
COR APARENTE	10	15,58	16,94	0,903	0,389
ALCALINIDADE	10	10,60	5,89	0,863	0,446
DUREZA	10	11,40	6,67	0,579	0,891
CONDUTIVIDADE	10	21,73	17,89	1,003	0,267
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	11,95	9,84	1,003	0,267
FERRO	10	0,53	0,60	0,804	0,537

Tabela C 3-Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário M3

M3	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	16,79	18,24	1,045	0,225
COR APARENTE	10	11,75	13,05	0,766	0,601
ALCALINIDADE	10	9,00	3,94	0,335	1,000
DUREZA	10	10,00	4,90	0,600	0,865
CONDUTIVIDADE	10	18,26	13,80	0,771	0,593
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	10,04	7,59	0,771	0,591
FERRO	10	0,58	0,79	1,149	0,142

Tabela C 4- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário M4

M4	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	8,16	7,39	0,898	0,396
COR APARENTE	10	9,09	8,37	0,808	0,531
ALCALINIDADE	10	9,20	6,29	0,789	0,563
DUREZA	10	8,60	7,49	0,733	0,655
CONDUTIVIDADE	10	17,75	21,02	1,045	0,225
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	9,76	11,56	1,045	0,225
FERRO	10	0,35	0,34	0,799	0,546

Tabela C 5- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário M5

M5	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	8,40	9,31	1,087	0,188
COR APARENTE	10	8,13	9,88	1,256	0,085
ALCALINIDADE	10	9,00	5,42	0,548	0,925
DUREZA	10	6,80	3,79	0,580	0,889
CONDUTIVIDADE	10	11,39	11,35	0,987	0,285
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	6,26	6,24	0,988	0,283
FERRO	10	0,40	0,56	1,032	0,237

Tabela C 6- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário M6

M6	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	5,42	3,56	0,697	0,716
COR APARENTE	10	6,52	6,71	0,760	0,611
ALCALINIDADE	10	7,70	3,09	0,599	0,865
DUREZA	10	5,60	3,24	0,793	0,555
CONDUTIVIDADE	10	10,05	8,65	0,850	0,465
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	5,53	4,76	0,852	0,462
FERRO	10	0,31	0,48	1,166	0,132

Tabela C 7- Teste Anova para comprovação dos dados dos galões M1 a M5

DIAS ANTERIORES SEM CHUVA	N	MEDIA	DP	95% - Intervalo de confiança da diferença de médias entre populações		P
				Limite inferior do intervalo	Limite superior do intervalo	
TURBIDEZ						
M1	10	36,19	34,89	11,23	61,15	
M2	10	26,00	35,41	0,66	51,33	
M3	10	16,79	18,24	3,75	29,84	
M4	10	8,16	7,39	2,87	13,45	0,059
M5	10	8,40	9,31	1,74	15,06	
Total	50	19,11	25,67	11,81	26,40	
COR APARENTE						
M1	10	25,91	24,34	8,49	43,33	
M2	10	15,58	16,94	3,46	27,70	
M3	10	11,75	13,05	2,42	21,08	
M4	10	9,09	8,37	3,11	15,07	0,092
M5	10	8,13	9,88	1,06	15,20	
Total	50	14,09	16,31	9,46	18,73	
ALCALINIDADE						
M1	10	11,70	6,29	7,20	16,20	
M2	10	10,60	5,89	6,39	14,81	
M3	10	9,00	3,94	6,18	11,82	
M4	10	9,20	6,29	4,70	13,70	0,765
M5	10	9,00	5,42	5,13	12,87	
Total	50	9,90	5,51	8,33	11,47	
DUREZA						
M1	10	12,60	6,54	7,92	17,28	
M2	10	11,40	6,67	6,63	16,17	
M3	10	10,00	4,90	6,50	13,50	
M4	10	8,60	7,49	3,24	13,96	0,238
M5	10	6,80	3,79	4,09	9,51	
Total	50	9,88	6,13	8,14	11,62	
CONDUTIVIDADE						
M1	10	37,22	26,48	18,28	56,17	
M2	10	21,73	17,89	8,94	34,53	
M3	10	18,26	13,80	8,38	28,13	
M4	10	17,75	21,02	2,71	32,79	0,047
M5	10	11,39	11,35	3,27	19,51	
Total	50	21,27	20,09	15,56	26,98	
SOLIDOS DISSOLVIDOS						
M1	10	20,48	14,57	10,06	30,90	
M2	10	11,95	9,84	4,91	18,99	
M3	10	10,04	7,59	4,61	15,47	
M4	10	9,76	11,56	1,49	18,03	0,047
M5	10	6,26	6,24	1,80	10,73	
Total	50	11,70	11,05	8,56	14,84	
FERRO						
M1	9	0,92	1,05	0,11	1,72	
M2	10	0,53	0,60	0,10	0,96	
M3	10	0,58	0,79	0,02	1,15	
M4	10	0,35	0,34	0,11	0,60	0,452
M5	10	0,40	0,56	0,00	0,80	
Total	49	0,55	0,70	0,35	0,75	

Tabela C 8- Teste de análise de regressão linear para o galão de armazenamento provisório M6

M6			
FATOR ANTERIORES	DIAS SEM CHUVA	B	P
TURBIDEZ		0,116	0,646
COR APARENTE		0,258	0,585
ALCALINIDADE		0,433	0,019
DUREZA		0,000	1,000
CONDUTIVIDADE		0,650	0,272
SOLIDOS DISSOLVIDOS		0,358	0,272
FERRO		-0,013	0,696

Tabela C 9- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento RM1

RM1	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	9	2,37	1,48	0,558	0,915
COR APARENTE	9	3,32	1,81	0,691	0,726
ALCALINIDADE	9	5,89	2,32	0,557	0,915
DUREZA	9	4,89	1,76	0,745	0,635
CONDUTIVIDADE	9	6,96	3,83	0,684	0,738
SOLIDOS DISSOLVIDOS	9	3,82	2,10	0,681	0,742
FERRO	9	0,04	0,04	0,737	0,650

Tabela C 10- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento RM2

RM2	N	MEDIA	DP		P
TURBIDEZ	8	1,79	0,96	0,396	0,998
COR APARENTE	8	3,39	2,24	0,751	0,625
ALCALINIDADE	8	4,88	1,36	0,839	0,482
DUREZA	8	4,50	1,77	1,021	0,248
CONDUTIVIDADE	8	6,51	3,86	0,824	0,506
SOLIDOS DISSOLVIDOS	8	3,54	2,15	0,804	0,537
FERRO	8	0,07	0,13	1,199	0,113

Tabela C 11- Teste T Student para comprovação dos dados pareados da bombona de armazenamento M

FATOR	N	MEDIA	DP	95% - Intervalo de confiança da diferença de médias entre populações		P
				Limite inferior do intervalo	Limite superior do intervalo	
TURBIDEZ						
RM1	9	2,37	1,48	1,22	3,51	
RM2	8	1,80	0,96	0,99	2,60	0,369
Total	17	2,10	1,26	1,45	2,75	
COR APARENTE						
RM1	9	3,32	1,81	1,93	4,72	
RM2	8	3,39	2,24	1,51	5,26	
Total	17	3,35	1,96	2,34	4,36	0,948
ALCALINIDADE						
RM1	9	5,89	2,32	4,11	7,67	
RM2	8	4,88	1,36	3,74	6,01	0,296
Total	17	5,41	1,94	4,42	6,41	

DUREZA						
RM1	9	4,89	1,76	3,53	6,24	
RM2	8	4,50	1,77	3,02	5,98	0,657
Total	17	4,71	1,72	3,82	5,59	
CONDUTIVIDADE						
RM1	9	6,96	3,83	4,02	9,90	
RM2	8	6,51	3,86	3,28	9,74	0,813
Total	17	6,75	3,73	4,83	8,66	
SOLIDOS DISSOLVIDOS						
RM1	9	3,82	2,10	2,21	5,44	
RM2	8	3,54	2,15	1,75	5,33	0,788
Total	17	3,69	2,06	2,63	4,75	
FERRO						
RM1	9	0,04	0,04	0,01	0,07	
RM2	8	0,07	0,13	-0,04	0,18	0,529
Total	17	0,05	0,09	0,00	0,10	

Tabela C 12- Teste de regressão linear para comprovação dos dados pareados do galão de armazenamento provisório M6 e bombona de armazenamento M

M6 RM1 e RM2		
FATOR DIAS ANTERIORES SEM CHUVA	B	P
TURBIDEZ	0,162	0,159
COR APARENTE	0,168	0,362
ALCALINIDADE	0,329	0,001
DUREZA	0,047	0,633
CONDUTIVIDADE	0,677	0,003
SOLIDOS DISSOLVIDOS	0,374	0,003
FERRO	-0,004	0,760

Tabela C 13- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário C1

C1	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	19,33	18,57	1,105	0,174
COR APARENTE	10	44,78	21,76	0,539	0,934
ALCALINIDADE	10	24,20	7,16	0,545	0,927
DUREZA	10	21,84	6,13	0,610	0,851
CONDUTIVIDADE	10	50,77	16,90	0,526	0,944
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	27,92	9,30	0,526	0,945
FERRO	10	0,52	0,64	0,763	0,605

Tabela C 14- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário C2

C2	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	11,23	10,65	1,000	0,270
COR APARENTE	10	31,42	20,45	0,581	0,889
ALCALINIDADE	10	20,70	9,75	0,901	0,391
DUREZA	10	19,84	8,77	0,552	0,921
CONDUTIVIDADE	10	42,29	19,94	0,673	0,756
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	23,31	10,93	0,624	0,830
FERRO	10	0,22	0,16	0,702	0,708

Tabela C 15- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário C3

C3	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	9,81	9,99	0,769	0,595
COR APARENTE	10	29,82	21,07	0,620	0,837
ALCALINIDADE	10	19,60	10,01	1,076	0,197
DUREZA	10	20,20	10,26	0,718	0,681
CONDUTIVIDADE	10	39,40	23,69	0,797	0,549
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	21,67	13,03	0,796	0,550
FERRO	10	0,26	0,39	1,193	0,116

Tabela C 16- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário C4

C4	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	10,78	11,32	0,802	0,542
COR APARENTE	10	22,56	19,95	0,687	0,733
ALCALINIDADE	10	19,60	11,98	0,800	0,543
DUREZA	10	20,20	14,00	0,699	0,713
CONDUTIVIDADE	10	39,16	26,70	0,819	0,514
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	21,53	14,67	0,818	0,514
FERRO	10	0,14	0,14	0,768	0,598

Tabela C 17- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário C5

C5	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	9,30	11,08	1,084	0,191
COR APARENTE	10	26,41	20,61	0,816	0,518
ALCALINIDADE	10	19,10	11,45	0,862	0,447
DUREZA	10	18,84	12,34	0,799	0,546
CONDUTIVIDADE	10	38,29	25,88	0,697	0,717
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	21,07	14,23	0,697	0,717
FERRO	10	0,22	0,26	0,794	0,554

Tabela C 18- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário C6

C6	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	8,16	8,35	0,729	0,663
COR APARENTE	10	20,74	13,37	0,645	0,800
ALCALINIDADE	10	18,70	10,61	0,716	0,685
DUREZA	10	16,90	9,92	0,561	0,912
CONDUTIVIDADE	10	38,08	20,29	0,700	0,711
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	20,94	11,16	0,701	0,710
FERRO	10	0,23	0,23	0,804	0,538

Tabela C 19- Teste Anova para comprovação entre os galões de armazenamento temporário C1 a C5

DIAS ANTERIORES SEM CHUVA	N	MEDIA	DP	95% - Intervalo de confiança da diferença de médias entre populações		P
				Limite inferior do intervalo	Limite superior do intervalo	
TURBIDEZ						
C1	10	19,33	18,57	6,05	32,62	
C2	10	11,23	10,65	3,61	18,85	
C3	10	9,82	9,99	2,67	16,96	
C4	10	10,78	11,32	2,68	18,88	0,393
C5	10	9,30	11,08	1,37	17,23	
Total	50	12,09	12,75	8,47	15,71	
COR APARENTE						
C1	10	44,78	21,76	29,22	60,34	
C2	10	31,42	20,45	16,79	46,05	
C3	10	29,82	21,07	14,75	44,89	
C4	10	22,56	19,95	8,29	36,84	0,180
C5	10	26,41	20,61	11,67	41,15	
Total	50	31,00	21,31	24,94	37,06	

ALCALINIDADE						
C1	10	24,20	7,16	19,08	29,32	
C2	10	20,70	9,75	13,72	27,68	
C3	10	19,60	10,01	12,44	26,76	
C4	10	19,60	11,98	11,03	28,17	0,799
C5	10	19,10	11,45	10,91	27,29	
Total	50	20,64	9,96	17,81	23,47	
DUREZA						
C1	10	21,84	6,13	17,45	26,23	
C2	10	19,84	8,77	13,57	26,11	
C3	10	20,20	10,26	12,86	27,54	
C4	10	20,20	14,00	10,19	30,21	0,981
C5	10	18,84	12,34	10,01	27,67	
Total	50	20,18	10,26	17,27	23,10	
CONDUTIVIDADE						
C1	10	50,77	16,90	38,68	62,86	
C2	10	42,29	19,94	28,03	56,55	
C3	10	39,40	23,69	22,45	56,34	
C4	10	39,16	26,70	20,06	58,26	0,734
C5	10	38,29	25,88	19,78	56,81	
Total	50	41,98	22,45	35,60	48,36	
SOLIDOS DISSOLVIDOS						
C1	10	27,93	9,30	21,28	34,57	
C2	10	23,31	10,93	15,49	31,13	
C3	10	21,67	13,03	12,35	30,99	
C4	10	21,53	14,67	11,03	32,03	0,733
C5	10	21,07	14,23	10,89	31,25	
Total	50	23,10	12,34	19,59	26,61	
FERRO						
C1	10	0,52	0,64	0,06	0,98	
C2	10	0,22	0,16	0,11	0,33	
C3	10	0,26	0,39	-0,02	0,54	
C4	10	0,14	0,14	0,04	0,24	0,196
C5	10	0,22	0,26	0,03	0,40	
Total	50	0,27	0,38	0,16	0,38	

Tabela C 20- Teste de análise de regressão linear para o galão de armazenamento provisório C6

C6		
FATOR ANTERIORES	DIAS SEM CHUVA	B	P
TURBIDEZ		0,773	0,166
COR APARENTE		1,383	0,115
ALCALINIDADE		0,966	0,174
DUREZA		1,262	0,041
CONDUTIVIDADE		2,040	0,127
SOLIDOS DISSOLVIDOS		1,122	0,127
FERRO		0,003	0,849

Tabela C 21- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade na bombona de armazenamento RC1

RC1	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	5	1,91	1,31	0,735	0,652
COR APARENTE	5	8,66	4,21	0,482	0,974
ALCALINIDADE	5	26,00	4,53	0,605	0,857
DUREZA	5	21,60	4,34	0,545	0,927
CONDUTIVIDADE	5	48,40	7,43	0,508	0,959
SOLIDOS DISSOLVIDOS	5	26,62	4,08	0,508	0,959
FERRO	5	0,07	0,09	0,738	0,647

Tabela C 22- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade na bombona de armazenamento RC2

RC2	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	5	1,25	0,72	0,871	0,434
COR APARENTE	5	7,46	3,87	0,329	1,000
ALCALINIDADE	5	28,80	2,77	0,598	0,867
DUREZA	5	24,40	2,61	0,738	0,647
CONDUTIVIDADE	5	47,90	8,17	0,402	0,997
SOLIDOS DISSOLVIDOS	5	26,35	4,49	0,402	0,997
FERRO	5	0,03	0,04	0,895	0,400

Tabela C 23 - Teste T Student para comprovação dos dados pareados na bombona de armazenamento C

FATOR	N	MEDIA	DP	95% - Intervalo de confiança da diferença de médias entre populações		P
				Limite inferior do intervalo	Limite superior do intervalo	
TURBIDEZ						
RC1	5	1,91	1,31	0,28	3,53	
RC2	5	1,25	0,72	0,36	2,14	0,355
Total	10	1,58	1,05	0,83	2,33	
COR APARENTE						
RC1	5	8,66	4,21	3,43	13,89	
RC2	5	7,46	3,87	2,66	12,26	0,651
Total	10	8,06	3,86	5,30	10,82	
ALCALINIDADE						
RC1	5	26,00	4,53	20,38	31,62	
RC2	5	28,80	2,77	25,35	32,25	0,272
Total	10	27,40	3,84	24,66	30,14	
DUREZA						
RC1	5	21,60	4,34	16,22	26,98	
RC2	5	24,40	2,61	21,16	27,64	0,251
Total	10	23,00	3,68	20,37	25,63	
CONDUTIVIDADE						
RC1	5	48,40	7,43	39,18	57,62	
RC2	5	47,90	8,17	37,76	58,04	0,922
Total	10	48,15	7,36	42,88	53,42	
SOLIDOS DISSOLVIDOS						
RC1	5	26,62	4,08	21,55	31,69	
RC2	5	26,35	4,49	20,77	31,93	0,922
Total	10	26,48	4,05	23,59	29,38	
FERRO						
RC1	5	0,07	0,09	-0,05	0,18	
RC2	5	0,03	0,04	-0,02	0,08	0,441
Total	10	0,05	0,07	0,00	0,10	

Tabela C 24- Teste de regressão linear para comprovação dos dados pareados do galão de armazenamento provisório C6 e bombona de armazenamento M

C6, RC1 e RC2		
FATOR ANTERIORES DIAS SEM CHUVA	B	P
TURBIDEZ	0,694	0,035
COR APARENTE	1,338	0,017
ALCALINIDADE	0,548	0,232
DUREZA	0,616	0,124
CONDUTIVIDADE	1,078	0,179
SOLIDOS DISSOLVIDOS	0,593	0,179
FERRO	0,007	0,459

Tabela C 25- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário B1

B1	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	26,86	22,89	0,909	0,381
COR APARENTE	9	27,58	18,96	0,486	0,972
ALCALINIDADE	10	11,40	4,45	0,603	0,861
DUREZA	10	9,00	4,35	0,806	0,534
CONDUTIVIDADE	10	20,89	9,20	0,470	0,980
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	11,49	5,06	0,470	0,980
FERRO	10	2,47	3,68	0,919	0,368

Tabela C 26- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário B2

B2	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	14,40	15,13	1,057	0,214
COR APARENTE	10	16,66	16,78	0,928	0,356
ALCALINIDADE	10	8,70	4,03	0,612	0,848
DUREZA	10	7,00	5,75	0,945	0,333
CONDUTIVIDADE	10	12,08	6,04	0,534	0,938
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	6,64	3,32	0,532	0,940
FERRO	10	1,40	2,97	1,187	0,119

Tabela C 27- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário B3

B3	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	14,00	11,53	0,720	0,678
COR APARENTE	10	13,52	8,85	0,493	0,968
ALCALINIDADE	10	7,80	2,70	0,855	0,457
DUREZA	10	6,00	2,67	0,632	0,819
CONDUTIVIDADE	10	10,62	4,23	0,524	0,947
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	5,84	2,33	0,522	0,948
FERRO	10	0,94	0,98	0,613	0,846

Tabela C 28- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário B4

B4	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	9,53	8,13	0,916	0,371
COR APARENTE	10	12,87	7,53	0,650	0,792
ALCALINIDADE	10	7,50	2,84	0,667	0,766
DUREZA	10	6,40	6,92	1,062	0,210
CONDUTIVIDADE	10	9,51	3,66	0,651	0,790
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	5,23	2,02	0,651	0,791
FERRO	10	0,54	0,57	0,744	0,637

Tabela C 29- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário B5

B5	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	7,08	6,02	0,749	0,628
COR APARENTE	10	11,59	7,76	0,673	0,756
ALCALINIDADE	10	6,70	1,89	0,516	0,953
DUREZA	10	5,60	2,80	1,000	0,270
CONDUTIVIDADE	10	8,82	2,38	0,619	0,838
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	4,85	1,31	0,619	0,839
FERRO	10	0,28	0,36	1,164	0,133

Tabela C 30- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade no galão de armazenamento temporário B6

B6	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	10	6,26	4,41	0,661	0,775
COR APARENTE	10	8,73	4,83	0,862	0,447
ALCALINIDADE	10	6,40	2,50	0,987	0,285
DUREZA	10	5,00	3,43	0,995	0,275
CONDUTIVIDADE	10	8,36	2,63	0,389	0,998
SOLIDOS DISSOLVIDOS	10	4,60	1,44	0,390	0,998
FERRO	10	0,27	0,35	0,935	0,346

Tabela C 31- Teste Anova para comprovação de dados dos galões de armazenamento provisório B1 a B5

DIAS ANTERIORES SEM CHUVA	N	MEDIA	DP	95% - Intervalo de confiança da diferença de médias entre populações		P
				Limite inferior do intervalo	Limite superior do intervalo	
TURBIDEZ						
B1	10	26,86	22,89	10,48	43,23	
B2	10	14,40	15,13	3,58	25,23	
B3	10	14,00	11,53	5,75	22,25	
B4	10	9,53	8,13	3,71	15,34	0,030
B5	10	7,08	6,02	2,77	11,38	
Total	50	14,37	15,13	10,07	18,67	
COR APARENTE						
B1	9	27,58	18,96	13,00	42,15	
B2	10	16,66	16,78	4,65	28,67	
B3	10	13,52	8,85	7,19	19,85	
B4	10	12,87	7,53	7,48	18,26	0,064
B5	10	11,59	7,76	6,04	17,14	
Total	49	16,22	13,49	12,34	20,09	
ALCALINIDADE						
B1	10	11,40	4,45	8,22	14,58	
B2	10	8,70	4,03	5,82	11,58	
B3	10	7,80	2,70	5,87	9,73	
B4	10	7,50	2,84	5,47	9,53	0,028
B5	10	6,70	1,89	5,35	8,05	
Total	50	8,42	3,57	7,40	9,44	
DUREZA						
B1	10	9,00	4,35	5,89	12,11	
B2	10	7,00	5,75	2,88	11,12	
B3	10	6,00	2,67	4,09	7,91	
B4	10	6,40	6,92	1,45	11,35	0,547
B5	10	5,60	2,80	3,60	7,60	
Total	50	6,80	4,75	5,45	8,15	

CONDUTIVIDADE						
B1	10	20,89	9,20	14,31	27,47	
B2	10	12,08	6,04	7,75	16,40	
B3	10	10,62	4,23	7,60	13,64	
B4	10	9,51	3,66	6,89	12,13	<0,001
B5	10	8,82	2,38	7,12	10,52	
Total	50	12,38	6,98	10,40	14,37	
SOLIDOS DISSOLVIDOS						
B1	10	11,49	5,06	7,87	15,11	
B2	10	6,64	3,32	4,26	9,02	
B3	10	5,84	2,33	4,18	7,51	
B4	10	5,23	2,02	3,79	6,67	<0,001
B5	10	4,85	1,31	3,92	5,79	
Total	50	6,81	3,84	5,72	7,90	
FERRO						
B1	10	2,47	3,68	-0,16	5,11	
B2	10	1,40	2,97	-0,73	3,52	
B3	10	0,94	0,98	0,23	1,64	
B4	10	0,54	0,57	0,13	0,95	0,200
B5	10	0,28	0,36	0,02	0,54	
Total	50	1,12	2,23	0,49	1,76	

Tabela C 32- Teste de análise de regressão linear para o galão de armazenamento provisório B6

B6		
FATOR ANTERIORES	DIAS SEM CHUVA	B	P
TURBIDEZ		0,147	0,637
COR APARENTE		0,544	0,080
ALCALINIDADE		0,237	0,155
DUREZA		-0,097	0,689
CONDUTIVIDADE		0,372	0,017
SOLIDOS DISSOLVIDOS		0,205	0,017
FERRO		0,023	0,328

Tabela C 33- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade na bombona de armazenamento RB1

RB1	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	9	2,26	0,59	0,541	0,932
COR APARENTE	9	7,49	5,63	0,601	0,863
ALCALINIDADE	9	6,78	2,22	0,910	0,379
DUREZA	9	5,11	3,18	0,910	0,379
CONDUTIVIDADE	9	7,82	2,73	0,690	0,728
SOLIDOS DISSOLVIDOS	9	4,30	1,50	0,687	0,733
FERRO	9	0,10	0,14	1,046	0,224

Tabela C 34- Teste de aderência Kolmogorov-Smirnov para comprovação de normalidade na bombona de armazenamento RB2

RB2	N	MEDIA	DP	Z	P
TURBIDEZ	8	2,24	0,55	0,502	0,963
COR APARENTE	8	7,32	5,77	0,598	0,867
ALCALINIDADE	8	7,88	3,09	0,562	0,910
DUREZA	8	4,50	2,56	0,926	0,358
CONDUTIVIDADE	8	7,36	2,51	0,660	0,776
SOLIDOS DISSOLVIDOS	8	4,05	1,38	0,657	0,781
FERRO	8	0,09	0,14	1,149	0,142

Tabela C 35- Teste T Student para dados pareados das coletas da bombona de armazenamento B

FATOR	N	MEDIA	DP	95% - Intervalo de confiança da diferença de médias entre populações		P
				Limite inferior do intervalo	Limite superior do intervalo	
TURBIDEZ						
RB1	9	2,26	0,59	1,81	2,72	
RB2	8	2,24	0,55	1,78	2,70	0,927
Total	17	2,25	0,56	1,97	2,54	
COR APARENTE						
RB1	9	7,49	5,63	3,16	11,81	
RB2	8	7,33	5,77	2,50	12,15	0,954
Total	17	7,41	5,51	4,58	10,25	
ALCALINIDADE						
RB1	9	6,78	2,22	5,07	8,49	
RB2	8	7,88	3,09	5,29	10,46	0,410
Total	17	7,29	2,64	5,94	8,65	
DUREZA						
RB1	9	5,11	3,18	2,67	7,56	
RB2	8	4,50	2,56	2,36	6,64	0,672
Total	17	4,82	2,83	3,37	6,28	
CONDUTIVIDADE						
RB1	9	7,82	2,73	5,72	9,91	
RB2	8	7,36	2,51	5,26	9,46	0,726
Total	17	7,60	2,56	6,29	8,92	
SOLIDOS DISSOLVIDOS						
RB1	9	4,30	1,50	3,14	5,45	
RB2	8	4,05	1,38	2,89	5,20	0,726
Total	17	4,18	1,41	3,46	4,90	
FERRO						
RB1	9	0,10	0,14	0,00	0,21	
RB2	8	0,09	0,14	-0,03	0,21	0,849
Total	17	0,10	0,14	0,03	0,17	

Tabela C 36- Teste de regressão linear para comprovação dos dados pareados do galão de armazenamento provisório M6 e bombona de armazenamento M

B**6**, RB1 e RB2

FATOR DIAS ANTERIORES SEM CHUVA	B	P
TURBIDEZ	0,111	0,410
COR APARENTE	0,776	<0,001
ALCALINIDADE	0,248	0,013
DUREZA	-0,179	0,141
CONDUTIVIDADE	0,397	<0,001
SOLIDOS DISSOLVIDOS	0,218	<0,001
FERRO	0,024	0,010