**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA**

ISABELLA PASTORE VALÊNCIO

**Desempenho do sistema predial de água e esgoto sanitário com
uso de bacias sanitárias de volume de descarga de 4,8 litros**

**São Paulo
2017**

ISABELLA PASTORE VALÊNCIO

Desempenho do sistema predial de água e esgoto sanitário com uso de bacias sanitárias de volume de descarga de 4,8 litros

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Ciências.

**São Paulo
2017**

ISABELLA PASTORE VALÊNCIO

Desempenho do sistema predial de água e esgoto sanitário com uso de bacias sanitárias de volume de descarga de 4,8 litros

Versão original

Dissertação apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo para obtenção do título de
Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Engenharia de
Construção Civil.

Orientador: Orestes Marraccini
Gonçalves.

**São Paulo
2017**

Dedico este trabalho aos meus pais e à minha irmã, por me apoiarem e acreditarem,
sempre, no meu potencial.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves, pelo suporte, incentivo, orientação e inspiração.

Aos Professores Dr. Rodrigo Moruzzi e Dr^a. Lúcia Helena de Oliveira, pelas valiosas contribuições durante o exame de qualificação.

À TESIS – Tecnologia de Sistemas em Engenharia Ltda., à ASFAMAS – Associação Brasileira dos Fabricantes de Materiais para Saneamento – e ao Programa Setorial da Qualidade de Louças Sanitárias para Sistemas Prediais, pela colaboração durante o estudo.

À Eng^a. Edwiges Ribeiro, pelo auxílio e suporte.

À minha querida colega Mariana Caro Barleta, por todo apoio durante o período do mestrado.

Em especial, aos meus familiares, pelo incentivo constante que foi essencial para a conquista desse título.

RESUMO

A presente pesquisa tem, como objetivo, avaliar o desempenho de bacias sanitárias de 4,8 L/descarga, bem como do sistema de esgoto sanitário, quando estas bacias sanitárias estão instaladas. Para essa pesquisa foram realizadas três etapas: revisão bibliográfica, etapa laboratorial e etapa de campo. Na etapa laboratorial foram ensaiadas vinte bacias sanitárias de 4,8 L/descarga, tanto bacias sanitárias projetadas para funcionar com 4,8 L/descarga quanto bacias sanitárias projetadas para funcionar com 6,8 L/descarga, mas reguladas para 4,8 L/descarga. Foram observadas bacias sanitárias que atendem o desempenho de remoção de dejetos da própria bacia, mas apenas cinco bacias sanitárias (25%) foram aprovadas em todos os ensaios realizados. Nenhuma das bacias sanitárias projetadas para funcionar com 6,8 L/descarga, mas regulada para 4,8 L/descarga, foi aprovada nesta etapa. Na etapa de campo, dez casas tiveram o consumo de água total e da bacia sanitária monitorados e foram realizadas cinco filmagens da rede de esgoto sanitário. Durante a etapa de campo, embora os usuários não tenham relatado problemas no desempenho das bacias sanitárias, o monitoramento dos dados revelou a presença de acionamentos sucessivos em algumas das residências. As filmagens da rede de esgoto sanitário mostraram depósito de sólidos, que pode ter ocorrido devido à redução do volume de água despejado na rede. Assim, não é possível afirmar que a substituição de bacias sanitárias de 6,8 L/descarga por aquelas de 4,8 L/descarga não causa impacto no desempenho do sistema de esgoto sanitário. Com a comparação entre os ensaios realizados em laboratório e os resultados obtidos em campo, verificou-se que os ensaios constantes, nas normas atuais, não são suficientes para avaliar bacias sanitárias de 4,8 L/descarga, mas foi possível verificar uma relação do ensaio de transporte de pasta de soja com o desempenho de bacias sanitárias de 4,8 L/descarga. Esse ensaio separa as bacias sanitárias de 4,8 L/descarga com bom desempenho em campo das que não apresentaram bom desempenho em campo; por isso, pode ser inserido em uma próxima revisão normativa que contemple bacias sanitárias de 4,8 L/descarga.

Palavras-chave: *Bacia sanitária de 4,8L. Instalações prediais hidráulicas e sanitárias. Consumo doméstico de água. Uso eficiente da água.*

ABSTRACT

This research aims to evaluate the performance of low flush toilets (4.8 Lpf - liters per flush) and the performance of the drainage system when these toilets are installed. In this research, 3 steps were realized: bibliographic review, laboratory step and field step. In the laboratory step, 20 toilets were tested, both 4,8 Lpf toilets and 6,8 Lpf toilets, but regulated to 4,8 Lpf. There were toilets that attend the removal test of the toilet itself. This result shows that some products have enough technology to work with reduced volume, but only 5 toilets (25%) were approved in all laboratory tests. None of the 6,8 Lpf toilets, but regulated to 4,8 Lpf, was approved in the laboratory tests. In the field step, 10 houses had total water consumption and toilet consumption monitored. In addition, 5 filming – real time video – of the drainage system were realized. During the field step, although problems weren't reported in the performance of the toilets by the users, data's monitoring revealed the presence of constant successive flushes in some of the residences. The filming of the drainage system showed solid deposits which may have occurred due to the reduction of the water discharge. Thus, it isn't possible to affirm that the replacement of 6,8 Lpf toilets by 4.8 Lpf toilets doesn't have an impact on the performance of the drainage system performance, therefore it can't be applied unrestrictedly. With the laboratory tests and the results obtained in the field, it was verified that the tests included in the current standards aren't sufficient to evaluate the 4.8 Lpf toilets, but it was possible to verify a correlation of the transport of soybean paste test with the performance of 4.8 Lpf toilets. This test separates the 4,8 Lpf toilets with proper performance in the field from those that didn't present proper performance in the field, so it can be inserted in a next normative revision that contemplates 4,8 Lpf toilets.

Keywords: *4.8Lpf toilet. Water supply and drainage systems in building. Domestic water consumption. Water conservation.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Consumo médio <i>per capita</i> na média dos anos de 2010, 2011 e 2012	18
Figura 2 - Vulnerabilidade hídrica em centros urbanos - total geral de demanda e total de demanda por tipo de uso da água da Macrometrópole Paulista	19
Figura 3 - Evolução da produção de água na região da Macrometrópole Paulista ...	22
Figura 4 - Evolução do volume de água consumido, por descarga, no Brasil	24
Figura 5 - Sistemas hidráulicos prediais.....	26
Figura 6 - Assento sanitário em pedra	27
Figura 7 - Ilustração do uso de banheiros públicos	27
Figura 8 - Bacia sanitária tipo “ <i>valve closet</i> ”	27
Figura 9 - Bacias sanitárias com caixa de descarga	28
Figura 10 - Bacia sanitária tipo “ <i>siphon jet</i> ”	29
Figura 11 - Bacia sanitária tipo “ <i>reverse trap</i> ”	29
Figura 12 - Bacia sanitária tipo “ <i>washdown</i> ”	29
Figura 13 - Bacia sanitária tipo “ <i>blowout</i> ”	30
Figura 14 - Exemplo de bacia sanitária convencional	30
Figura 15 - Exemplo de bacia sanitária com caixa acoplada	30
Figura 16 - Exemplo de bacia sanitária monobloco.....	30
Figura 17 - Exemplo de botão de acionamento simples.....	31
Figura 18 - Exemplo de botão de duplo acionamento	31
Figura 19 - Exemplo de bacia sanitária de saída vertical	31
Figura 20 - Exemplo de bacia sanitária de saída horizontal.....	31
Figura 21 - Bloqueio de gases no sifão	32
Figura 22 - Ilustração do escoamento nas tubulações horizontais do sistema predial de esgoto sanitário.....	33
Figura 23 - Transição do escoamento na direção vertical (tubo de queda) para escoamento na direção horizontal (subcoletor).....	34
Figura 24 - Velocidade de sólido ao longo de um subcoletor	35
Figura 25 - Configuração do ramal horizontal da bacia sanitária	38
Figura 26 - Exemplo de simulação do transporte de sólidos – comparação entre as imagens obtidas no experimento físico e as computadas numericamente	39
Figura 27 - Simulação do transporte de sólidos em tubulação de esgoto sanitário....	39

Figura 28 - Bancadas de ensaio utilizadas - diferentes instalações da tubulação que simula o esgoto sanitário.....	40
Figura 29 - Exemplo do resultado do estudo para a tubulação sem curvas	40
Figura 30 - Diferença entre declividade do ramal de esgoto para tubulação de Ø 3”	43
Figura 31 - Seções transversais avaliadas.....	44
Figura 32 - Simulação do ramal de esgoto (41 metros)	45
Figura 33 - Mídias de pasta de soja utilizadas no ensaio.....	45
Figura 34 - Mídias de papel higiênico utilizadas no ensaio	45
Figura 35 - Gráfico que indica a média de descargas necessárias para remover todas as mídias do tubo de esgoto para diferentes condições de ensaio	46
Figura 36 - Média de descargas necessárias para limpeza da tubulação de ensaio para diferentes condições de declividade desta tubulação - diferença entre declividade de 1% e 2% do ramal de esgoto	47
Figura 37 - Médias de descarga para limpeza da tubulação.....	48
Figura 38 - Esquema da bancada de ensaios - CTCC/EP-USP.....	49
Figura 39 - Ramal para o teste de transporte de sólidos - CTCC/EP-USP	50
Figura 40 - Vista externa das residências estudadas.....	50
Figura 41 - Detalhe da instalação do hidrômetro eletrônico para medição do consumo geral da residência	50
Figura 42 - Fluxograma de realização dos ensaios.....	56
Figura 43 - Esquema da bancada de ensaios.....	59
Figura 44 - Foto do local para instalação da bacia sanitária na bancada de ensaios	60
Figura 45 - Foto do ponto de saída de água da bancada de ensaios que abastece a caixa de descarga	60
Figura 46 - Detalhe da tubulação com 18 metros de comprimento, que simula o ramal predial	61
Figura 47 - Foto da esfera de polipropileno utilizada nos ensaios de remoção de esferas e transporte de sólidos	62
Figura 48 - Foto da caneta utilizada no ensaio de lavagem de parede	62
Figura 49 - Foto dos grânulos e esferas de nylon utilizados no ensaio de remoção de grânulos	62
Figura 50 - Foto do papel kraft e esponja utilizados no ensaio de remoção de mídia composta.....	63

Figura 51 - Foto das mídias de ensaio utilizadas nos ensaios de remoção e transporte de pasta de soja encapsulada e não encapsulada	63
Figura 52 - Esquema da altura do fecho hídrico.....	66
Figura 53 - Fotos da realização do ensaio de reposição do fecho hídrico e remoção de esferas constantes na norma brasileira ABNT NBR 15097.....	66
Figura 54 - Mídias utilizadas nos ensaios de remoção e transporte de pasta de soja (papel e pasta de soja não encapsulada).....	70
Figura 55 - Fotos da realização dos ensaios de esforço de acionamento, estanqueidade da caixa de descarga e tempo de enchimento conforme ABNT NBR 15491:2010.....	72
Figura 56 - Onze mídias do ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada	74
Figura 57 - Resultados do ensaio de remoção de pasta de soja encapsuladas.....	74
Figura 58 - Resultados do ensaio de reposição do fecho hídrico, realizado durante o ensaio de remoção de pasta de soja com mídias encapsuladas	75
Figura 59 - Detalhe da bancada de ensaios.....	78
Figura 60 - Número de descargas necessárias para remover todas as mídias do tubo de transporte - bacias sanitárias de 4,8 litros por descarga	78
Figura 61 - Esquema frontal do conjunto habitacional	81
Figura 62 - Vista superior do conjunto habitacional.....	82
Figura 63 - Detalhamento da rede pública de esgoto do conjunto habitacional monitorado	82
Figura 64 - Vistas superior e lateral do hidrômetro instalado em cada unidade habitacional	84
Figura 65 - Equipamento utilizado para captar e enviar os dados coletados pelo hidrômetro	84
Figura 66 - Exemplo do fornecimento dos dados de consumo de água das bacias sanitárias, pela internet	84
Figura 67 - Instalação do conjunto para coleta de dados nos banheiros	85
Figura 68 - Câmera utilizada para filmagem da rede de esgoto.....	86
Figura 69 - Detalhamento do sistema utilizado para filmagem da rede de esgoto	86
Figura 70 - Cópia de um instante da 1ª filmagem da rede de esgoto.....	87
Figura 71 - Distribuição dos modelos de bacias sanitárias nas unidades habitacionais (cada uma das cores representa um modelo).....	88

Figura 72 - Definição dos modelos a serem instalados em cada unidade - exemplo da casa 17.....	89
Figura 73 - Exemplo da verificação de um acionamento simples.....	91
Figura 74 - Exemplo da verificação de dois acionamentos sucessivos.....	91
Figura 75 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 3.....	93
Figura 76 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 5.....	95
Figura 77 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 7.....	97
Figura 78 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 25.....	99
Figura 79 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 11.....	101
Figura 80 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 13.....	103
Figura 81 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 15.....	105
Figura 82 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 17.....	107
Figura 83 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 19.....	109
Figura 84 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 21.....	111
Figura 85 - Gráfico da média diária de consumo da bacia sanitária por habitante - quando estavam instaladas bacias sanitárias de 6,8 L/descarga	112
Figura 86 - Gráfico da média diária de consumo da bacia sanitária por habitante - depois da troca das bacias sanitárias por aquelas de 4,8 L.....	113
Figura 87 - Linha do tempo da realização das filmagens	116
Figura 88 - Detalhamento dos trechos de filmagem da rede pública de esgoto.....	116
Figura 89 - Detalhamento do galho verificado na filmagem do dia 28/08/15.....	117
Figura 90 - Detalhamento da obstrução verificada na filmagem de 19/11/15, próxima ao PV 2	117
Figura 91 - Detalhamento do galho encontrado na filmagem de 19/11/15.....	118
Figura 92 - Detalhamento da tubulação escura verificada na filmagem de 19/11/15	118
Figura 93 - Detalhamento da obstrução verificada na filmagem de 19/11/15	118
Figura 94 - Esquema do acúmulo de sólidos, verificado na terceira filmagem da rede de esgoto, próximo ao PV 2	119
Figura 95 - Acúmulo de sólidos verificado na terceira filmagem da rede de esgoto, próximo ao PV 2.....	119
Figura 96 - Galho, com possível acúmulo de papel higiênico, verificado na filmagem do dia 28/01/16	119

Figura 97 - Detalhamento da tubulação escura, verificada na filmagem de 28/01/16	120
Figura 98 - Detalhamento do PV 2, na filmagem de 03/03/16.....	120
Figura 99 - Acúmulo de sólidos, verificado na filmagem da rede de esgoto de 03/03/16, próximo ao PV 2.....	120
Figura 100 - Galho, com possível acúmulo de papel higiênico, verificado na filmagem do dia 03/03/16	121
Figura 101 - Detalhamento da tubulação escura verificada na filmagem de 03/03/16	121
Figura 102 - Detalhamento do acúmulo de sólidos, verificado no trecho nº 2, na filmagem de 03/03/16.....	121
Figura 103 - Acúmulo de sólidos, verificado na filmagem da rede de esgoto de 03/03/16, próximo ao PV 3.....	122
Figura 104 - Acúmulo de sólidos, verificado na filmagem da rede de esgoto de 12/04/16, próximo ao PV 2.....	122
Figura 105 - Galho verificado na filmagem do dia 12/04/16	123
Figura 106 - Detalhamento da tubulação escura verificada na filmagem de 12/04/16	123
Figura 107 - Detalhamento do acúmulo de sólidos, verificado no trecho nº 2, na filmagem de 12/04/16.....	123
Figura 108 - Acúmulo de sólidos, verificado na filmagem da rede de esgoto de 12/04/16, próximo ao PV 3.....	124
Figura 109 - Resumo das constatações verificadas nas filmagens da rede de esgoto	125
Figura 110 - Detalhamento da rede pública de esgoto do conjunto habitacional monitorado	126
Figura 111 - Resultado do ensaio de volume consumido por descarga	128
Figura 112 - Resultado do ensaio de remoção de esferas	129
Figura 113 - Resultado do ensaio de transporte de sólidos	129
Figura 114 - Resultado do ensaio de reposição do fecho hídrico.....	130
Figura 115 - Gráfico da média diária de consumo da bacia sanitária, por habitante, por casa - comparação entre antes e depois da troca das bacias sanitárias ...	134
Figura 116 - Linha do tempo, com resultados das filmagens da rede de esgoto	137
Figura 117 - Resultado do ensaio de transporte de pasta de soja	139

Figura 118 - Variação do consumo de água da bacia sanitária, por habitante.....	139

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Disponibilidade hídrica de água doce renovável nos países de maior PIB em 2013	17
Tabela 2 - Projeções de população da Macrometrópole Paulista	18
Tabela 3 - Volume de água utilizado na descarga das bacias sanitárias com duplo acionamento.....	42
Tabela 4 - Requisitos avaliados	57
Tabela 5 - Codificação das bacias sanitárias	64
Tabela 6 - Ensaio de caracterização da bacia sanitária	64
Tabela 7 - Resumo dos resultados de todas as bacias sanitárias ensaiadas de acordo com a NBR 15.097 - bacias sanitárias de nº1 a 10	67
Tabela 8 - Resumo dos resultados dos ensaios realizados de acordo com a NBR 15.097 - bacias sanitárias de nº 11 a 20	68
Tabela 9 - Resultado do ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada	71
Tabela 10 - Resumo dos resultados dos ensaios realizados em caixa de descarga	73
Tabela 11 - Resultado do ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada	76
Tabela 12 - Resultado final de todas as bacias sanitárias ensaiadas	80
Tabela 13 - Consumo de água total da Casa 3, antes da troca das bacias sanitárias	92
Tabela 14 - Consumo de água total da Casa 3, após a troca das bacias sanitárias	92
Tabela 15 - Consumo de água total da Casa 5, antes da troca das bacias sanitárias	94
Tabela 16 - Consumo de água total da Casa 5, após a troca das bacias sanitárias	94
Tabela 17 - Consumo de água total da Casa 7, antes da troca das bacias sanitárias	96
Tabela 18 - Consumo de água total da Casa 7, após a troca das bacias sanitárias	97
Tabela 19 - Consumo de água total da Casa 25, antes da troca das bacias sanitárias	98
Tabela 20 - Consumo de água total da Casa 25, após a troca das bacias sanitárias	98
Tabela 21 - Consumo de água total da Casa 11, antes da troca das bacias sanitárias	100

Tabela 22 - Consumo de água total da Casa 11 após a troca das bacias sanitárias	101
Tabela 23 - Consumo de água total da Casa 13, antes da troca das bacias sanitárias	102
Tabela 24 - Consumo de água total da Casa 13, após a troca das bacias sanitárias	102
Tabela 25 - Consumo de água total da Casa 15 antes da troca das bacias sanitárias	104
Tabela 26 - Consumo de água total da Casa 15, após a troca das bacias sanitárias	104
Tabela 27 - Consumo de água total da Casa 17, antes da troca das bacias sanitárias	106
Tabela 28 - Consumo de água total da Casa 17, após a troca das bacias sanitárias	106
Tabela 29 - Consumo de água total da Casa 19, antes da troca das bacias sanitárias	108
Tabela 30 - Consumo de água total da Casa 19, após a troca das bacias sanitárias	109
Tabela 31 - Consumo de água total da Casa 21, antes da troca das bacias sanitárias	110
Tabela 32 - Consumo de água total da Casa 21, após a troca das bacias sanitárias	110
Tabela 33 - Resumo dos dados obtidos na aplicação do questionário de caracterização dos usuários.....	112
Tabela 34 - Consumo de água das bacias sanitárias por casa monitorada, quando estavam instaladas bacias sanitárias de 6,8 L	113
Tabela 35 - Consumo de água das bacias sanitárias por casa monitorada, quando estavam instaladas as bacias sanitárias de 4,8 L	114
Tabela 36 - Consumo de água das bacias sanitárias por casa monitorada, antes e depois da troca das bacias sanitárias pelas de 4,8 L	133
Tabela 36 – Resumo do número de descargas por habitante por dia	134
Tabela 37 - Consumo de água das casas monitoradas	135

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFO	Average to Flush Out (média de descargas para limpeza da tubulação)
ASME	American Society of Mechanical Engineers
CDHU	Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo
DAEE	Departamento de Águas e Energia Elétrica
DTA	Documentos Técnicos de Apoio
EPA	Environmental Protection Agency
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
NBR	Norma Brasileira
PBQP-H	Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat
PERC	Plumbing Efficiency Research Coalition
PIB	Produto Interno Bruto
PNCDA	Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PSQ	Programas Setoriais da Qualidade
PURA	Programa de Uso Racional de Água
PURA-USP	Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo
RMSP	Região Macrometropolitana de São Paulo
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SIMaC	Sistema de Qualificação de Empresas de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos
SPES	Sistema Predial de Esgoto Sanitário
USP	Universidade de São Paulo
WEAP	Water Efficient Appliances and Plumbing Groups

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	17
2. OBJETIVOS	25
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	26
3.1. Sistemas hidráulicos prediais	26
3.1.1. Sistema de equipamento sanitário	27
3.1.2. Sistema predial de esgoto sanitário.....	32
3.1.2.1. Escoamento dos Sólidos nos Ramais Horizontais de Esgoto Sanitário	33
3.2. Redução do volume de água consumido por descarga das bacias sanitárias.....	41
3.2.1. Estudos da Plumbing Efficiency Research Coalition (PERC)	44
3.2.2. Redução do consumo de água das bacias sanitárias no Brasil.....	48
4. ESTUDO LABORATORIAL.....	52
4.1. Fases do estudo laboratorial	54
4.2. Resultados do estudo laboratorial	64
4.2.1. Resultados da Fase 1 - ensaios para seleção das bacias sanitárias a serem instaladas em campo	64
4.2.1.1. Resultados dos ensaios realizados conforme ABNT NBR 15097	65
4.2.1.2. Resultados do ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada	69
4.2.1.3. Ensaio de caracterização da caixa de descarga	72
4.2.2. Resultados da Fase 2 - ensaios para avaliação prospectiva.....	73
4.2.2.1. Avaliação da capacidade de remoção de pasta de soja encapsulada	73
4.2.2.2. Avaliação da capacidade de transportar sólidos deformáveis	77
4.2.3. Resumo dos resultados laboratoriais da Fase 1	79
5. ESTUDO DE CAMPO	81
5.1. Resultados da etapa de campo	87
5.1.1. Aplicação do questionário de caracterização das unidades habitacionais e definição das bacias sanitárias a serem instaladas em cada unidade habitacional ..	87

5.1.2. Monitoramento do consumo de água	89
5.1.3. Aplicação do questionário de satisfação dos usuários	114
5.1.4. Monitoramento da rede de esgoto	115
5.1.4.1. Filmagem inicial da rede pública de esgoto	116
5.1.4.2. Segunda filmagem da rede de esgoto	117
5.1.4.3. Terceira filmagem da rede de esgoto.....	119
5.1.4.4. Quarta filmagem da rede de esgoto.....	120
5.1.4.5. Quinta filmagem da rede de esgoto	122
5.1.4.6. Resumo dos resultados das filmagens da rede de esgoto.....	124
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS	128
6.1. Análise dos resultados do estudo laboratorial	128
6.2. Análise dos resultados do estudo de campo	132
7. CONCLUSÕES	140
REFERÊNCIAS.....	143
APÊNDICE A - Detalhamento dos resultados do ensaio de transporte de pasta de soja.....	147
APÊNDICE B - Métodos de ensaio	149
APÊNDICE C - Questionários realizados em campo	175
APÊNDICE D - Fotos das bacias sanitárias que foram instaladas em campo	180

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A crescente escassez de recursos naturais necessários à população, dentre eles a água, tem refletido em crise ambiental. A cultura da população, associada à falta de estruturas e sistemas de gestão adequados fazem com que o acesso à água seja reduzido (TOLEDO, 2013).

De acordo com o Banco Mundial, o Brasil possui a maior disponibilidade hídrica per capita considerando as dez maiores economias do mundo. A Tabela 1 mostra a disponibilidade hídrica de água doce renovável per capita nos países de maior PIB em 2013 (CBCS, 2014).

Tabela 1 - Disponibilidade hídrica de água doce renovável nos países de maior PIB em 2013

País	Disponibilidade hídrica de água doce renovável <i>per capita</i> (m ³ /hab.ano)
Brasil	43.528
Rússia	31.487
Estados Unidos	9.666
Japão	3.379
França	3.300
Itália	3.142
Reino Unido	2.332
China	2.017
Alemanha	1.860
Índia	1.545

Fonte: CBCS (2014)

Entretanto, a aparente disponibilidade hídrica no Brasil não traduz a real distribuição do recurso. Segundo a Agência Nacional das Águas, a região hidrográfica amazônica detém 80,8% da disponibilidade hídrica superficial e 61,9% da reserva potencial explorável de águas subterrâneas. As bacias hidrográficas onde se localizam as regiões metropolitanas apresentam grande demanda de água e grande quantidade de carga orgânica doméstica lançada nos corpos d'água, o que as torna mais críticas e vulneráveis (CBCS, 2014).

O consumo de água per capita, na maioria dos estados brasileiros, tem apresentado tendência de crescimento, conforme Figura 1.

Figura 1 - Consumo médio *per capita* na média dos anos de 2010, 2011 e 2012

Fonte: CBCS (2014)

Na região da Macrometrópole Paulista, por exemplo, estimativas mostram um aumento da demanda de água de 27% de 2008 a 2035. Esse acréscimo equivale ao dobro da atual capacidade do Sistema Cantareira e quatro vezes a do Sistema Guarapiranga (DAEE, 2013).

Com o aumento da população (indicado na Tabela 2) e das atividades rurais e industriais, projeções mostram que o consumo tende a aumentar 60m³/s de 2008 a 2035 (Figura 2).

Tabela 2 - Projeções de população da Macrometrópole Paulista

Ano	2008	2018	2025	2035
População	30.822.256	34.058.087	35.689.115	37.021.683

Fonte: adaptado de DAEE (2013)

As projeções indicam que é possível diminuir a demanda de água em 32 m³/s (11,5%) por meio da implantação de ações de controle operacional, tais como, redução de consumo e mudanças comportamentais, gestão do uso da água para irrigação, gestão do uso para indústria. A Figura 2 apresenta as projeções, para 2035, da demanda de água potável nos cenários: tendencial, com intensificação do crescimento e com a implantação de ações e controle operacional.

Figura 2 - Vulnerabilidade hídrica em centros urbanos - total geral de demanda e total de demanda por tipo de uso da água da Macrometrópole Paulista

Fonte: adaptado de DAEE (2013)

Na Figura 2 é possível perceber que a demanda urbana de água potável equivale a 48,95% da demanda total. Logo, ações que diminuam a demanda no uso urbano são muito importantes, como as de conscientização dos usuários no uso racional da água, na substituição de aparelhos sanitários antigos por modelos economizadores de água, no controle de vazamentos, dentre outras.

A atual configuração de estruturas hidráulicas na região da Macrometrópole não possui capacidade para garantir as vazões necessárias e atender ao aumento da demanda projetada e para enfrentar uma situação hidrológica muito desfavorável (DAEE, 2013), mesmo considerando obras emergenciais.

Um exemplo disso é que a cidade de São Paulo passou por uma crise hídrica, entre o final de 2013 e início de 2015, devido ao baixo nível pluviométrico em algumas das represas que abastecem a Região Metropolitana de São Paulo.

Ainda que essa redução da disponibilidade de água esteja sendo relacionada a um período de estiagem e de temperaturas muito acima das normais climatológicas para esta época do ano, ela é o reflexo da falta de planejamento estratégico que afeta o sistema de abastecimento da Região nos últimos dez anos. (CÔRTEZ et. al, 2015)

Para enfrentar essa situação, a SABESP adotou medidas que permitiram a redução da vazão retirada do Sistema Cantareira (maior sistema da RMSP e principal manancial afetado pela crise) e o consequente melhor aproveitamento da reserva disponível nos mananciais dos demais sistemas produtores de água do RMSP. (SABESP, 2015)

O crescimento da população, indicado na Tabela 2, demanda investimentos para a ampliação do sistema de abastecimento, como aumento da capacidade das estações de tratamento, desenvolvimento dos mananciais e a conscientização da população da necessidade de redução do consumo de água. Com a redução no volume de água per capita disponível nos mananciais, para captação, o sistema de abastecimento de água da Região de São Paulo fica mais suscetível a eventos climáticos externos como o ocorrido entre 2013 e 2015, com forte estiagem e elevadas temperaturas (CÔRTEZ et. al, 2015).

Inicialmente, os esforços para aumentar a quantidade de água potável disponível para a população concentravam-se na gestão da oferta de água (níveis macro e meso), por meio da captação em locais cada vez mais distantes e do aumento da extensão das redes de abastecimento. Entretanto, essas possibilidades tornaram-se cada vez mais difíceis, pois os recursos naturais vão se esgotando ou se tornando inviáveis, pela distância. Desde então, a gestão da demanda (nível micro) é realizada (CBCS, 2014).

A gestão da água pode ser realizada em três patamares:

- Macro: associado às ações na escala dos grandes sistemas ambientais e bacias hidrográficas;
- Meso: associado às ações nos sistemas de saneamento;
- Micro: associado às ações que se concentram sobre as edificações e seus sistemas prediais hidrossanitários. (SILVA, 1999)

De acordo com SILVA,

a gestão da demanda de água pode ser entendida como o acompanhamento permanente do volume de água consumido, com organização e avaliação de dados e informações que determinam parâmetros de controle que retroalimentam o sistema e permitem o planejamento de ações para manter os indicadores de consumo em níveis adequados, seja na forma de eliminação das perdas físicas, seja na utilização de novas tecnologias. (SILVA, 2004)

No Brasil, na década de 1990, foram implementadas políticas públicas, visando a redução do consumo de água. Dentre as ações desenvolvidas pelos governos federal e estaduais, destacam-se o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA), o Programa de Uso Racional da Água (PURA), desenvolvido pela SABESP, e o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), implementado pela Secretaria de Habitação do Ministério das Cidades.

De acordo com o MINISTÉRIO DAS CIDADES (2015),

o PNCDA é um Programa da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades, que tem por objetivo geral promover o uso racional da água de abastecimento público nas cidades brasileiras, em benefício da saúde pública, do saneamento ambiental e da eficiência dos serviços, propiciando a melhor produtividade dos ativos existentes e a postergação de parte dos investimentos para a ampliação dos sistemas. Tem por objetivos específicos definir e implementar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água demandados para consumo nas áreas urbanas, consolidados em publicações técnicas e cursos de capacitação.

Este programa foi criado em 1997 e possui publicações de Documentos Técnicos de Apoio (DTA) desde 1999 (SILVA, G., S., 2005). Atualmente, esses documentos são publicados como Guias Práticos, para atender à solicitação das equipes prestadoras de serviços de saneamento. Os DTA são públicos e ficam disponíveis no *website* do Ministério das Cidades.

O Programa de Uso Racional da Água (PURA) tem como objetivo a redução do consumo de água em prédios públicos (SABESP, 2017).

Atualmente, 2,4 mil escolas, postos de saúde, hospitais e até presídios, como a penitenciária feminina de Santana, na Zona Norte da Capital, foram alvos de ações de educação e troca de equipamentos. Com os recursos poupados foi possível conservar o volume de água suficiente para abastecer uma população de 26 mil pessoas, sem necessidade de utilizar novos mananciais (SABESP, 2017).

Nesse contexto, a Escola Politécnica da USP (Poli/USP), por meio de seu Laboratório de Sistemas Prediais (LSP) do Departamento de Engenharia de Construção Civil (PCC), foi convidada a participar do PURA estabelecendo as bases tecnológicas e documental para o Programa.

O Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo (PURA-USP) foi implementado em 1996, de acordo com Silva (2005), com os objetivos de:

- Reduzir o consumo de água e manter o perfil de consumo reduzido ao longo do tempo;
- Implantar um sistema estruturado de gestão da demanda de água; e
- Desenvolver uma metodologia que pudesse ser aplicada futuramente em outros locais.

Em busca destes objetivos, foram realizadas intervenções, tais como eliminação de vazamentos e substituição de equipamentos.

O terceiro programa estruturante é o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), instituído em 1998.

Tem por objetivo básico o apoio ao esforço brasileiro de modernidade e à promoção da Qualidade e da produtividade no setor da construção habitacional, visando o aumento da competitividade de bens e serviços por ele produzidos (SILVA, G., S., 2005).

Um dos projetos do PBQP-H é o Sistema de Qualificação de Empresas de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos (SIMaC), que visa combater a não conformidade técnica de materiais e componentes da construção civil; dentre eles destacam-se os metais e louças sanitárias, cujo não atendimento às normas técnicas podem ocasionar o aumento do consumo de água. Para o combate à não conformidade no PBQP-H foram criados os Programas Setoriais da Qualidade (PSQ), cujo objetivo é garantir que os produtos comercializados no Brasil (metais e louças sanitárias, por exemplo) atendam às normas técnicas e às diretrizes de uso racional da água.

Além dos programas permanentes existentes no Brasil, devido à crise hídrica de 2014, a Sabesp elaborou o Programa de Incentivo à Redução do Consumo, que se trata de descontos nas contas de água dos usuários que apresentarem redução de consumo, quando comparadas com a média dos meses anteriores. Entretanto, o usuário pode entender que a ação de economia só é necessária durante o período de seca.

Tais medidas terão efeito temporário sobre a redução do consumo (as próximas chuvas de verão poderão diminuir esforços dos usuários) (CBCS, 2014).

Isso pode ser visto na Figura 3: na crise, o consumo de água *per capita* foi reduzido, mas, logo após esse período, em 2016, o consumo de água *per capita* voltou a crescer e, em seguida, em 2017 está próximo ao consumo anterior à crise. Pode-se observar na mesma figura que em alguns sistemas, como, por exemplo, Alto Cotia, o consumo *per capita* de 2017 (após a crise) é superior ao de 2014 (antes da crise).

SISTEMA	MAR/14	MAR/15	MAR/16	MAR/17
Cantareira	27,65	14,04	22,65	25,93
Guarapiranga	14,10	14,65	13,98	13,79
Alto Tietê	14,99	11,91	11,59	11,33
Rio Grande	4,82	4,94	4,92	4,85
Rio Claro	3,82	3,93	3,97	3,92
Alto Cotia	1,07	0,79	1,98	1,26
Baixo Cotia	0,89	1,01	0,89	0,85
Ribeirão Estiva	0,10	0,08	0,08	0,08
TOTAL RMSP	67,43	51,34	59,38	62,01

Figura 3 - Evolução da produção de água na região da Macrometrópole Paulista

Fonte: adaptado de SABESP (2017)

Neste sentido, considerar ações tecnológicas que favorecem o Uso Eficiente da Água no processo de produção dos edifícios, ao conceber, projetar e executar os sistemas envolvidos, significa colocar em prática os princípios da sustentabilidade. Para os futuros moradores, pelo favorecimento ao consumo consciente e redução de custos de operação e manutenção. Para as cidades, pela implantação de edifícios que possibilitam a efetivação de menor geração de esgotos sanitários e menor consumo de energia (CBIC, 2016).

As ações tecnológicas que promovem o uso eficiente da água não dependem do comportamento ou hábitos dos usuários, mas sim das características e condições do Sistema Hidráulico Predial e dependem diretamente de decisões que são tomadas pelos profissionais envolvidos no processo de produção dos edifícios. É nas etapas de concepção, projeto e execução dos edifícios que podem ser estabelecidas ações de base tecnológica que determinarão a possibilidade do uso eficiente da água durante toda sua vida útil (CBIC, 2016).

Devido a demanda pela produção de aparelhos sanitários economizadores de água, os fabricantes de bacia sanitária vêm trabalhando para reduzir o volume de água dos sistemas de descarga, visto que esses são responsáveis por parte significativa do consumo de água nas edificações. A Figura 4, a seguir, ilustra a evolução do volume de água consumido por descarga no Brasil. Em 1990, o consumo das bacias sanitárias era de 12 L/descarga. Ao longo dos anos, o setor de louças sanitárias trabalhou para reduzir esse volume, que passou a ser de 9 L/descarga em 2000 e 6,8 L/descarga em 2002. Em 2011, surgiram as bacias sanitárias com duplo acionamento, que permitem dois tipos de descarga: descarga total para sólidos (volume nominal de 6,8 L/descarga) e a descarga parcial (volume nominal de 3 L/descarga) para líquidos. De acordo com valores obtidos laboratorialmente, em 54 bacias sanitárias de duplo acionamento, estima-se que o volume utilizado por descarga total é de $6,5 \pm 1,1$ L e, por descarga parcial, é de $3,9 \pm 1,3$ L. Assim, considerando um uso da descarga total para quatro usos da descarga parcial, tem-se que o volume de água consumido pelas bacias sanitárias de duplo acionamento é, em média, 4,4 L.

* Valor obtido laboratorialmente

Figura 4 - Evolução do volume de água consumido, por descarga, no Brasil

Como redução do consumo de água total apenas é obtida quando o funcionamento da bacia sanitária atende a requisitos mínimos de desempenho, estabelecidos a partir do conhecimento das reais necessidades e condições locais de operação, caso a bacia sanitária de volume reduzido provoque obstrução, o usuário terá que dar duas (ou mais) descargas e a redução do consumo de água não acontecerá. Por exemplo, se o usuário que estiver utilizando a bacia sanitária de 4,4 L (vide Figura 4) der duas descargas, utilizará 8,8 L em média, que é mais do que o volume utilizado em uma descarga de 6,8 L.

Usar a água com eficiência significa utilizar apenas a quantidade de água necessária e suficiente para o desempenho esperado de determinada atividade ou equipamento, sem desperdício, sem comprometimento da qualidade da atividade e garantida a saúde dos usuários. No limite, toda a água fornecida (medida) é utilizada, na menor quantidade possível, para a realização das atividades fim (CBIC, 2016).

Verificar o impacto que a redução do volume de descarga causa no desempenho da bacia sanitária é fundamental bem como verificar o impacto no desempenho do sistema predial. Deve-se avaliar se esta redução pode ser suportada pelas redes prediais e públicas de esgoto sanitário e se não proporcionará entupimentos e obstruções, ocasionando prejuízos à sociedade.

2. OBJETIVOS

Este trabalho tem, como objetivo principal, avaliar o desempenho do sistema predial de água e esgoto sanitário, verificando a efetiva redução do consumo de água e o comportamento dos sistemas (predial e público) de esgoto sanitário, no caso da substituição de bacias sanitárias de 6,8 L/descarga por bacias sanitárias de 4,8 L/descarga.

Além do objetivo principal, este trabalho possui outros dois objetivos:

- Avaliar requisitos de desempenho mensuráveis em laboratório, capazes de determinar se uma bacia sanitária de 4,8 L/descarga é adequada ao uso;
- Avaliar se a redução do volume de água consumido por descarga (de 6,8 L para 4,8 L) pode ser realizada no Brasil, ou seja, se em condições críticas de instalação do sistema predial de esgoto sanitário, não causa entupimentos e depósito de sólidos na tubulação do sistema predial e público de esgoto sanitário.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Sistemas hidráulicos prediais

De acordo com Gonçalves e Ilha (1994), os sistemas hidráulicos prediais podem ser divididos em sistema de suprimento de água fria, sistema de suprimento de água quente, sistema de equipamento/aparelho sanitário e sistema de esgoto sanitário, conforme ilustra a Figura 5. Possui as seguintes funções:

- O fornecimento de água com volume e energia adequados para remoção dos dejetos da bacia sanitária e transporte destes dejetos ao longo dos ramais de esgoto;
- O fornecimento de água com volume e energia adequados para reposição do fecho hídrico, que é responsável por evitar o retorno de odores ao ambiente.

Além do pleno atendimento das funções descritas anteriormente, é importante que o consumo de água dos aparelhos sanitários seja o mínimo suficiente para que atenda às necessidades dos usuários, sem causar transtornos devido ao baixo volume de água descarregado e nem prejuízos devido ao alto consumo de água.

Figura 5 - Sistemas hidráulicos prediais

Fonte: CBIC (2016)

Neste trabalho, são alvos de estudo os sistemas prediais afetados pela redução do volume de água consumido por descarga das bacias sanitárias, ou seja:

- o sistema de equipamento sanitário, pois a bacia sanitária (que é um equipamento sanitário) é um dos objetos do estudo; e
- o sistema de esgoto sanitário, pois pode ter seu desempenho prejudicado pela redução do consumo de água da bacia sanitária.

3.1.1. Sistema de equipamento sanitário

O sistema de equipamento sanitário é compreendido pelos aparelhos sanitários que são instalados nos pontos de utilização das edificações, dentre eles, a bacia sanitária.

As primeiras bacias sanitárias (utilizadas já em 1350 a.C., pelos egípcios) eram constituídas essencialmente de um assento de pedra, debaixo do qual passava água corrente que recolhia os dejetos, conforme Figura 6 (LANDI, 1993). Também eram comuns os banheiros públicos (Figura 7).

Figura 6 - Assento sanitário em pedra
Fonte: LANDI (1993)

Figura 7 - Ilustração do uso de banheiros públicos
Fonte: LANDI (1993)

A primeira bacia sanitária capaz de prover a própria limpeza foi inventada por um inglês chamado Joseph Bramah, em 1788 (ver Figura 8). O modelo foi chamado de “vaso de válvula”, pois possuía uma válvula que fazia com que uma lâmina d’água permanecesse na bacia sanitária. A válvula a qual o nome se refere é o fundo da bacia sanitária (LANDI, 1993).

Figura 8 - Bacia sanitária tipo “valve closet”

Fonte: LANDI (1993)

No início do século XX, todos os modelos antigos de bacias sanitárias foram substituídos por bacias sanitárias de material cerâmico, com pedestal e local para a fixação do assento sanitário (LANDI, 1993), tais como os que são conhecidos na atualidade.

Figura 9 - Bacias sanitárias com caixa de descarga

Fonte: LANDI (1993)

Os requisitos de desempenho exigidos naquela época (descritos abaixo) se mantêm até a atualidade. A norma vigente do produto (ABNT, 2011) exige que as bacias sanitárias atendam a requisitos de desempenho com os mesmos objetivos dos relacionados pela *Board of Health of England* em 1852:

1. Limpeza para a remoção completa dos dejetos;
2. O melhor sifão para evitar retorno de odores do sistema geral do esgoto;
3. Consumo da menor quantidade de água possível para uma perfeita lavagem e manutenção do sifão;
4. Durabilidade ou garantia contra:
  - quebra em consequência do congelamento
  - desarranjo da parte mecânica
  - quebra quando bem usado
  - entupimento
5. Fácil manutenção;
6. Barato quando produzido em larga escala. (LANDI, 1993)

De acordo com Oliveira Jr. (2002), as bacias sanitárias têm, como principais funções:

- Fornecer água com volume e energia adequados para reposição do fecho hídrico (responsável por evitar o retorno de odores ao ambiente) e remoção dos dejetos;
- Realizar o transporte adequado dos dejetos ao longo do ramal de esgoto;
- Consumir volume de água adequado para funcionamento do produto.

Basicamente, as bacias eram divididas em 4 tipos (OLIVEIRA JR., 2002):

1) tipo "siphon jet", que possui um jato que direciona o fluxo de água para a entrada do sifão (identificado com a letra C, na Figura 10). Este tipo de bacia sanitária tem uma grande área molhada (A) e o fecho hídrico (B) profundo.

Geralmente, a furação da argola desta bacia é executada de tal forma a proporcionar, com a descarga de água, um movimento de vórtice ou similar, que, em conjunto com o jato direcionado ao sifão (D), proporciona bom desempenho, com baixos ruídos;

Figura 10 - Bacia sanitária tipo "siphon jet"

Fonte: OLIVEIRA Jr. (2002)

2) tipo "reverse trap", muito similar à anterior, exceto pela menor área molhada (identificada pela letra A, na Figura 11), menor diâmetro do sifão (C), fecho hídrico de menor altura (B).

Figura 11 - Bacia sanitária tipo "reverse trap"

Fonte: OLIVEIRA Jr. (2002)

3) tipo "washdown", que possui uma construção mais simples que os demais tipos (Figura 12). Seu funcionamento depende primordialmente da ação sifônica, auxiliada pela existência de um jato que impulsiona água para o sifão.

Figura 12 - Bacia sanitária tipo "washdown"

Fonte: OLIVEIRA Jr. (2002)

4) tipo "blowout", cujo funcionamento depende basicamente da ação do jato de água direcionado ao sifão, em relação a ação sifônica. Possui grande área molhada (identificado pela letra A, na Figura 13), fecho hídrico profundo (B) e grande diâmetro do sifão (C).

Figura 13 - Bacia sanitária tipo "blowout"

Fonte: OLIVEIRA Jr. (2002)

Com o desenvolvimento de novas tecnologias de sistemas de descarga, de materiais e de formas, o início do século XXI traz, consigo, uma série de novas bacias sanitárias, buscando, além de bom desempenho, redução do consumo de água. Tecnologias como caixas acopladas com sistema de descarga pressurizado, caixas de descarga com duplo acionamento e materiais novos estão sendo difundidas (OLIVEIRA Jr., 2002).

Hoje, no Brasil, existem diversos tipos de classificação das bacias sanitárias.

As bacias sanitárias podem ser classificadas quanto ao modelo: bacia sanitária convencional, bacia com caixa acoplada ou monobloco. As bacias sanitárias convencionais são aquelas comercializadas sem o correspondente aparelho de descarga, ou seja, projetadas para funcionar com válvula de descarga ou caixa de descarga não acoplada (Figura 14); as bacias sanitárias com caixa acoplada são projetadas para funcionar em conjunto com a respectiva caixa acoplada (Figura 15); as bacias sanitárias monobloco são equivalentes às bacias sanitárias com caixa acoplada, entretanto, a bacia sanitária e a caixa de descarga formam uma única peça (Figura 16).

Figura 14 - Exemplo de bacia sanitária convencional

Fonte: Autora (2017)

Figura 15 - Exemplo de bacia sanitária com caixa acoplada

Fonte: Autora (2017)

Figura 16 - Exemplo de bacia sanitária monobloco

Fonte: Autora (2017)

No caso das bacias sanitárias com caixa acoplada, ou monobloco, a classificação pode ser quanto ao acionamento; sendo de acionamento simples

aquelas cuja caixa de descarga possui apenas um botão de acionamento que libera 6,8 L/descarga (Figura 17) ou de duplo acionamento cuja a caixa de descarga possui dois botões de acionamento – um botão para descarga de dejetos líquidos de 3 L e outro botão para descarga de dejetos sólidos de 6,8 L (Figura 18).

Figura 17 - Exemplo de botão de acionamento simples
Fonte: Autora (2017)

Figura 18 - Exemplo de botão de duplo acionamento
Fonte: Autora (2017)

Com relação ao direcionamento da saída de esgoto, as bacias sanitárias são classificadas como saída vertical ou horizontal. As bacias sanitárias de saída vertical possuem saída de esgoto direcionada para o piso, e as bacias sanitárias de saída horizontal possuem saída direcionada para a parede.

Figura 19 - Exemplo de bacia sanitária de saída vertical
Fonte: Autora (2017)

Figura 20 - Exemplo de bacia sanitária de saída horizontal
Fonte: Autora (2017)

Quanto ao funcionamento, as bacias sanitárias podem ser classificadas como de ação sifônica ou de arraste. As bacias sanitárias de ação sifônica possuem, internamente, um sifão tipo S, e as bacias sanitárias de arraste possuem um sifão tipo P, funcionando por meio de um fluxo de água que arrasta os dejetos na horizontal.

Como citado anteriormente, uma das funções da bacia sanitária é realizar o transporte adequado dos dejetos ao longo do ramal de esgoto. Para tanto, deve fornecer água com volume, vazão e energia adequados para evitar que ocorra a deposição dos sólidos no ramal de esgoto.

3.1.2. Sistema predial de esgoto sanitário

O Sistema Predial de Esgoto Sanitário (SPES) deve atender aos seguintes requisitos de desempenho do sistema, de acordo com Gonçalves et al. (2000):

- Garantir a qualidade da água de consumo. A contaminação da água de consumo deve ser evitada, protegendo-se tanto o interior dos sistemas de suprimento, como os ambientes receptores;
- Permitir o rápido escoamento da água utilizada e dos despejos introduzidos, evitando a ocorrência de vazamentos e a formação de depósitos no interior das tubulações. A necessidade de viabilizar o rápido e seguro escoamento do esgoto sanitário deve ser considerada desde a concepção do sistema predial de esgoto sanitário. A velocidade do escoamento nos trechos horizontais está associada à eficiência no transporte dos materiais sólidos, evitando que estes venham a se depositar no fundo das tubulações;
- Impedir que os gases provenientes do sistema atinjam áreas de utilização. A manutenção dos fechos hídricos deve ser considerada desde a concepção do sistema, para evitar odores e contaminações dentro do ambiente sanitário (Figura 21).

Figura 21 - Bloqueio de gases no sifão

Fonte: Gonçalves et al. (2000)

O Sistema Predial de Disposição de Água deve coletar e destinar, quando necessário, a água nele introduzida e os despejos provenientes do uso desta água, na quantidade, temperatura e de

maneira adequada, de forma a assegurar a qualidade da água para consumo. (informação verbal)¹

O SPES consiste em um conjunto de tubulações, interligadas a todos os aparelhos sanitários da edificação, e de acessórios destinados a coletar e conduzir as águas servidas e dejetos do esgoto sanitário a uma rede pública de coleta – ou sistema particular de tratamento. É constituído pela rede de transporte de esgoto sanitário e pela rede de ventilação (GONÇALVES et al., 2000).

3.1.2.1. Escoamento dos Sólidos nos Ramais Horizontais de Esgoto Sanitário

Os tipos de escoamentos, de acordo com Oliveira (2014), constatados em um sistema predial de esgoto sanitário, variam por trechos da configuração. Nos trechos horizontais (ramais de descarga e de esgoto, subcoletores e coletores), admite-se que o escoamento seja em canal (ver Figura 22). Nos tubo de queda, em que os trechos são verticais, uma lâmina de água escoam pelas paredes do tubo em forma de anel e, no interior deste, há escoamento de ar – o escoamento é anular. O escoamento da água se faz, simultaneamente, com o de ar, e as pressões variam de maneira não definida.

Nos sistemas prediais de esgoto sanitário, o escoamento se dá como conduto livre. “Nas tubulações horizontais, é admitido escoamento em canal, onde o líquido ocupa parte da seção horizontal” (FERNANDES, V. M. C., 2002).

Figura 22 - Ilustração do escoamento nas tubulações horizontais do sistema predial de esgoto sanitário
Fonte: Autora (2017)

As condições de escoamento variam ao longo do tempo, pois a vazão depende do uso dos aparelhos sanitários. “Por esta razão, este tipo de escoamento deve ser tratado como movimento de ondas. O escoamento não permanente em condutos livres, caracteriza-se pela modificação da forma de ondas, a medida que elas se propagam pelo sistema” (OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M., 1991).

¹ Informação transmitida pelo Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves em aulas da disciplina de graduação PCC3461 – Sistemas Prediais I, do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

A Figura 23 apresenta as diferentes seções da tubulação de esgoto durante a transição do escoamento na direção vertical (tubo de queda) para o escoamento na direção horizontal (subcoletor). Como pode ser visto, na seção AA o escoamento se dá em forma de coroa circular (escoamento anular), na seção BB, em segmento de círculo (escoamento em canal) e na seção CC, em segmento de círculo com altura da lâmina d'água maior do que na seção BB.

Figura 23 - Transição do escoamento na direção vertical (tubo de queda) para escoamento na direção horizontal (subcoletor)

Fonte: Orestes Marraccini Gonçalves²

De acordo com Fernandes (2002), “o escoamento em condutos hidráulicos pode ser classificado como basicamente em dois grupos, o escoamento forçado, onde a pressão interna atuante é diferente da pressão atmosférica, e o escoamento livre, quando a pressão interna atuante é a pressão atmosférica”.

Como o regime de escoamento não é permanente, ou seja, a vazão varia ao longo do tempo, a análise do depósito de sólidos nas tubulações de esgoto sanitário é complexa - entretanto, para o dimensionamento, admite-se regime permanente (FERNANDES, V. M. C., 2002).

É essencial que se evite o depósito de sólidos nas tubulações, para que não ocorram reduções da seção útil, com o tempo, ou que se aglomerem em volumes sólidos maiores, provocando abrasão nas paredes internas dos tubos (quando os sólidos são arrastados), prejudicando o escoamento e danificando a tubulação.

Os sólidos são depositados na tubulação no momento de menor contribuição, ou seja, quando a velocidade de sedimentação (V_s) é maior do que a da partícula

² Imagem apresentada Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves em aulas da disciplina PCC5768 – Tecnologia e Gestão de Sistemas Hidráulicos Prediais, do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

(V). Na Figura 24 percebe-se que o caminhamento dos sólidos ao longo da tubulação de esgoto se divide em três zonas: zona 1, em que há a mudança de direção da tubulação e a velocidade do sólido se altera; zona 2, em que a velocidade é decrescente, mas a lâmina d'água ainda é suficiente para carregar os sólidos; zona 3, em que se dá início ao depósito dos sólidos, pois a velocidade e a lâmina d'água são baixas.

Figura 24 - Velocidade de sólido ao longo de um subcoletor

Fonte: Orestes Marraccini Gonçalves³

O depósito de sólidos implica em dimensionamento das tubulações de esgotos em condições de escoamento tais que se garanta um esforço tangencial mínimo entre o líquido em escoamento e a superfície molhada do tubo. Deste esforço tangencial, origina-se o conceito de tensão trativa - ou tensão de arraste - definida como o esforço tangencial unitário, transmitido às paredes do conduto, pelo líquido em escoamento (ABNT, 1986).

A tensão trativa mínima, ou tensão crítica de arraste, é aquela força por unidade de área que garante a autolimpeza da tubulação que transporta sólidos e líquidos e que apresenta, portanto, a capacidade de iniciar o movimento das partículas sólidas de um certo tamanho e densidade, e que permite que os sólidos depositados iniciem o movimento e possam ser arrastados pela corrente (CORREA, R. R. C.1985).

A tensão trativa é calculada pela equação:

$$\sigma = \gamma R H l o$$

³ Imagem apresentada Prof. Dr. Orestes Marraccini Gonçalves em aulas da disciplina PCC5768 – Tecnologia e Gestão de Sistemas Hidráulicos Prediais, do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Sendo:

σ = tensão trativa média (em Pa), que representa um valor médio da tensão, ao longo do perímetro molhado, da seção transversal considerada.

γ = peso específico da água = 10^4 N/m³

R_H = raio hidráulico (m)

I_o = declividade de projeto da tubulação (m/m)

Para coletores nas tubulações do sistema público de esgoto sanitário, que fazem ligação com o sistema predial de esgoto sanitário, a norma (ABNT, 1986) recomenda que cada trecho seja dimensionado pelo critério da tensão trativa com valor maior ou igual a 1,0 Pa (ou seja, $\sigma \geq 1,0$ Pa).

A declividade mínima que satisfaça a autolimpeza nas tubulações é dada pela seguinte equação:

$$I_{\min} = 0,0055 Q_i^{-0,47}$$

Sendo:

$I_{\min}$ = declividade mínima (m/m)

Q_i = vazão inicial

Pelo fato das declividades elevadas contribuírem para grandes profundidades e entrada de bolhas no escoamento, a ABNT (1986) sugere que a máxima declividade admissível seja aquela para a qual se tenha velocidade final de escoamento de 5 m/s. Quando a velocidade final (V_f) é superior à velocidade crítica (V_c), a maior lâmina de água admissível deve ser de 50% do diâmetro do coletor. Para o caso de se ter lâmina maior que 50% (ou seja, $Y/D > 0,5$), geralmente o mais adequado é aumentar o diâmetro do coletor. A velocidade crítica é definida por:

$$V_c = 6\sqrt{g R_h}$$

Sendo:

V_c = velocidade crítica (m/s)

R_h = raio hidráulico (m)

g = aceleração da gravidade (m/s²)

Nos casos em que a velocidade final é inferior à crítica, a lâmina de água deve ser inferior a 75% do diâmetro (ABNT, 1986). O objetivo é assegurar que a tubulação funcione como conduto livre.

Outro critério de dimensionamento para evitar depósitos de sólidos nas tubulações de esgoto sanitário é a velocidade de autolimpeza. Como a vazão de

esgoto é variável, com o tempo, a lâmina d'água e a velocidade também variam. Nos momentos de menor contribuição, se a velocidade for baixa, os materiais sólidos podem se depositar no fundo da tubulação. Assim, a tubulação deve ser projetada para que isso não ocorra, com velocidade de escoamento suficiente para assegurar a ação de autolimpeza (MACHADO NETO, J. G. O. e TSUTIYA, M. T., 1985). De acordo com os autores, o critério da tensão trativa é mais adequado para o dimensionamento de tubulações de esgoto.

Essas condições geralmente são críticas no início do sistema, quando as vazões de contribuição são menores.

Com o passar dos anos, o volume de água utilizado pelos aparelhos sanitários reduziu significativamente. Isso fez com que o projeto do sistema predial de esgoto sanitário fosse analisado de maneira diferenciada, buscando adequar o dimensionamento das tubulações aos novos valores descarregados de vazão e volume (OLIVEIRA Jr., 2002).

As características que influenciam diretamente o escoamento, nas tubulações de esgoto, são declividade, diâmetro, rugosidade, a quantidade de aparelhos sanitários conectados no sistema e o perfil da descarga são determinantes para a caracterização do escoamento. Portanto, a redução do volume utilizado pelos aparelhos sanitários interfere diretamente no desempenho do sistema de esgoto sanitário, principalmente na capacidade de transporte de sólidos ao longo da tubulação.

Como o escoamento nas tubulações do sistema predial de esgoto sanitário segue a formulação de Saint Venant, é possível a simulação e análise numérica com a aplicação de diferenças finitas, em conjunto com a solução pelo método das características, para as equações citadas. Com o auxílio da computação, a solução destas equações fica facilitada e confiável. (OLIVEIRA Jr., 2002)

Um dos programas computacionais capaz de realizar simulações do funcionamento do sistema de esgoto sanitário é o chamado Drainer. É possível simular o uso simultâneo de diversos aparelhos sanitários, em edifícios de diversos andares. Com as características da tubulação (diâmetro e rugosidade) e de projeto (traçado e declividade), apresenta, como resultado, a altura da lâmina d'água e a velocidade do fluido nas seções determinadas pelo projetista (OLIVEIRA Jr., 2002). Para o resultado mais preciso, é necessário o levantamento das vazões reais descarregadas pelos aparelhos sanitários, incluindo a bacia sanitária. Esses dados, muitas vezes, não são divulgados pelos fabricantes, o que dificulta a simulação.

Com todos estes parâmetros devidamente levantados e inseridos no programa, conseguem-se características necessárias ao devido dimensionamento e projeto das tubulações do sistema predial de esgoto sanitário, como capacidade de transporte de sólidos, altura da lâmina d'água, velocidade do fluido, perfil de vazão ideal das bacias sanitárias, entre outros. (OLIVEIRA Jr., 2002)

Cheng et al. (2016), em seu trabalho desenvolvido de 2012 a 2016, fizeram uma simulação de acordo com o método numérico *Moving Particle Semi-implicit* (MPS), método desenvolvido por Koshizuka e Oka em 1996. É considerado um método que modela os fluidos na escala macroscópica, pois resolve as equações governantes de meios contínuos, ou seja, conservação de massa e quantidade de movimento. Neste trabalho, um sólido é transportado ao longo de um tubo horizontal (Figura 25) de 2,5 m de comprimento, após uma descarga de uma bacia sanitária.

Figura 25 - Configuração do ramal horizontal da bacia sanitária

Fonte: CHENG et al.(2016)

Por simplicidade, o sólido a ser transportado é modelado como um corpo cilíndrico maciço, homogêneo e rígido. O corpo cilíndrico tem 0,030 m de diâmetro e 0,082 m de comprimento e está apoiado horizontalmente com seu eixo paralelo ao eixo do tubo. Como condição inicial das simulações, o interior do tubo está seco e o corpo está posicionado com sua face montante a 0,5m do início do ramal de descarga. A densidade do fluido é 1000kg/m^3 , a densidade do corpo cilíndrico é 1010kg/m^3 e o coeficiente de atrito dinâmico do corpo cilíndrico é de 0,26. (CHENG et al., 2016)

Foram simuladas 4 situações diferentes, variando o diâmetro da tubulação (100 e 78 mm) e a declividade (1 e 2%). A Figura 26 apresenta a comparação da visão experimental e simulada do transporte de sólidos. A coluna da esquerda mostra imagens obtidas no experimento físico e a coluna da direita, computadas numericamente.

Os resultados mostraram que, na primeira fase do escoamento, onde o sólido parte do repouso para o movimento acelerado, até adquirir velocidade constante, a redução do diâmetro é vantajosa, pois aumenta a velocidade média do escoamento. Já, após essa fase, em que o sólido já adquiriu movimento constante, o sólido atinge

velocidade maior nos casos com diâmetro maior. Os efeitos da inclinação também são mais visíveis na segunda fase. Assim, não é possível afirmar que a redução do diâmetro melhora o transporte de sólidos no ramal de esgoto.

A Figura 27 apresenta o resultado da modelagem em dois casos: a coluna da esquerda mostra o resultado da simulação para o caso da tubulação com 78 mm de diâmetro e 1% de declividade e a coluna da direita, o resultado da simulação para o caso da tubulação com 100 mm de diâmetro e 1% de declividade.

Akiyama, Otsuka e Shigefuji (2013) propuseram um método de simulação computacional para adquirir as características da descarga dos dois tipos de bacias sanitárias do Japão (6,0 e 4,8 L), quando instaladas no sistema de esgoto. Este método também foi baseado nas equações de conservação de massa e conservação da quantidade de movimento.

Foram simuladas diferentes posições da tubulação de esgoto: sem curvas, com uma curva de 90° e com várias curvas de 90° espaçadas igualmente, conforme detalha a Figura 28.

Os resultados mostraram que os valores medidos e estimados foram equivalentes em todos os casos; assim, os valores de vazão de descarga e a média de aparelhos sanitários conectados na tubulação podem ser utilizados para calcular o diâmetro da tubulação.

Figura 28 - Bancadas de ensaio utilizadas - diferentes instalações da tubulação que simula o esgoto sanitário

Fonte: Akiyama, Otsuka e Shigefuji (2013)

Figura 29 - Exemplo do resultado do estudo para a tubulação sem curvas

Fonte: Akiyama, Otsuka e Shigefuji (2013)

O estudo apresentado nesta dissertação é experimental e contempla etapas de laboratório e de campo para avaliação da redução efetiva do consumo de água e

comportamento dos sistemas predial e público de esgoto sanitário quando bacias sanitárias de 4,8L/descarga estiverem instaladas, mas pode apoiar pesquisas futuras que utilizem modelagem matemática.

3.2. Redução do volume de água consumido por descarga das bacias sanitárias

Mesmo com a evolução dos sistemas de descarga sanitária (no conjunto aparelho de descarga e bacia sanitária), eles ainda são responsáveis por grande parte do consumo de água de edifícios residenciais (TOLEDO, 2013).

Entretanto, a redução do volume de água consumido por descarga requer um entendimento das características da descarga, para verificação do efeito no desempenho do sistema de esgoto sanitário. A maioria dos países utiliza as bacias sanitárias de 6 L/descarga, mas o volume de descarga, por motivos já citados, segue uma tendência de redução para 4,8 L/descarga.

De acordo com Akiyama, Otsuka e Shigefuji (2013), vários países possuem regulamentações que limitam o volume utilizado por descarga. Alguns estados da América do Norte introduziram normas que limitam o volume de descarga em 4,8 L e o conceito desse novo limite tem se tornado tendência mundial.

No Japão, desde 2011, são utilizadas bacias sanitárias com volume de descarga de 4 litros (KOBAYASHI, N. e OTSUKA, M., 2012). De acordo com os autores, hoje já estão disponíveis bacias sanitárias que utilizam ainda menos água, com volume de 3,8 L/descarga. Entretanto, os autores destacam que a diminuição do volume pode acarretar em problemas no transporte das mídias.

De acordo com Akiyama, Otsuka e Shigefuji (2013), as bacias sanitárias no Japão são divididas em 2 tipo: tipo I e tipo II, dependendo do volume de descarga (4,8L e 6,0L). Em Taiwan, bacias sanitárias economizadoras chegam a utilizar menos de 3L/descarga.

Na Austrália, na metade da década de 80, os estudos realizados pelo *Water Efficient Appliances and Plumbing Group* (WEAP), responsável pela redução do consumo de água em ambientes sanitários (especificamente de aparelhos utilizados em banheiros), destacaram que a bacia sanitária era responsável por, em média, 32% do consumo total de uma residência e que, portanto, oferecia o maior potencial de redução no uso da água, sendo este fato ratificado pela utilização de bacias com 6 litros de descarga em outros países (CUMMINGS; BONOLLO, 1999).

Assim, em 1986, a empresa Caroma, produtora de louças sanitárias, desenvolveu cinco tipos de bacias sanitárias com sistemas de duplo acionamento, que foram instaladas em campo, numa iniciativa do WEAP e do Conselho da Cidade de Brisbane denominada "*investigation of reduced flushing volumes in sewer systems*". As taxas de redução de consumo, em relação a uma bacia de 11 litros de descarga, são apresentadas na Tabela 3 (OLIVEIRA Jr., 2002).

Tabela 3 - Volume de água utilizado na descarga das bacias sanitárias com duplo acionamento

Volumes de descarga (litros)	Redução de consumo em relação a uma bacia sanitária de 11 L/descarga(%)
11,0/5,5	26,09
9,0/4,5	39,56
7,5/3,0	53,22
6,0/3,0	59,71
5,0/2,5	66,39

Fonte: adaptado de CUMMINGS; BONOLLO (1999)

Em paralelo, verificou-se a capacidade de transporte dos sólidos em um coletor público de 40 metros de comprimento e 100 mm de diâmetro, transparente, disposto com declividades de 2,50% e 1,65%. Por meio de inspeções periódicas, não foram notados problemas de entupimentos neste coletor. Notou-se ainda que, quando eram utilizados volumes de 11 L e 9 L/descarga, estes removiam, para fora do coletor, os sólidos e papéis descarregados a cada descarga. Quando se utilizavam volumes de 6 L e 5 L, ocorria a deposição regular de sólidos; porém, o coletor ficava completamente limpo após as subseqüentes descargas de 3 L ou 2,5 L. A partir deste estudo de campo, outros foram realizados. O Comitê responsável pela possível implementação das bacias sanitárias com duplo acionamento escolheu a descarga de 6 L e 3 L como a melhor opção a ser implementada nas novas instalações, a partir de janeiro de 1993, desde que cada cidade verificasse o que ocorreria em seus sistemas de coleta de esgoto (OLIVEIRA Jr., 2002).

A avaliação do transporte de sólidos na rede predial de esgoto sanitário depende da interação dos fatores água e sólido (CHENG, C.L. et al., 2011). O desempenho adequado do sistema predial de esgoto sanitário é essencial nos projetos e, com a maior utilização de equipamentos economizadores de água, tem-se reduzido o volume de água no limite, afetando o transporte de sólidos e ocasionando entupimentos da rede.

Uma bacia sanitária pode precisar de até o dobro de descargas para remover as mídias do ramal de esgoto, quando as declividades variam de 2% para 1%, como visto na Figura 30.

Figura 30 - Diferença entre declividade do ramal de esgoto para tubulação de Ø 3"

Fonte: adaptado de Gauley e Koeller (2005)

McDougall e Wakelin (2007) avaliaram o impacto da redução do volume de água consumido por descarga no transporte de sólidos e também relacionou essa informação à alteração da seção transversal da tubulação de esgoto.

Por meio de ensaios laboratoriais e desenvolvimento de fórmulas empíricas, o autor concluiu que, para o volume de 6 litros por descarga e declividade de 1,7%, a tubulação de 75 mm de diâmetro proporcionava melhor desempenho para o sistema. Um esquema das seções transversais estudadas encontra-se na Figura 31. Concluiu, também, que seções transversais parabólicas com maior lâmina d'água têm melhor desempenho; entretanto, necessitam de mais estudos.

Diversos países realizaram ações com o objetivo de reduzir o consumo de água das bacias sanitárias para valores inferiores a 6 L/descarga, mas problemas devidos à redução do volume foram reportados nos Estados Unidos, em países da Europa e na Austrália.

Comparativo da seção transversal para formatos de Ø100mm, Ø75mm e seções parabólicas. Seção transversal do sólido deformável, 20 mm x 60 mm. Profundidade dos sólidos deformáveis de 21, 24 e 40 mm, respectivamente

Figura 31 - Seções transversais avaliadas

Fonte: adaptado de McDougall e Wakelin (2007)

Motivada por essas questões, a *Plumbing Efficiency Research Coalition* (PERC), entidade dos EUA formada em 2009 por associações (*Alliance for Water Efficiency, the International Association of Plumbing and Mechanical Officials, the International Code Council, the Plumbing-Heating-Cooling Contractors—National Association, the Plumbing Manufacturers International* e *The American Society of Plumbing Engineers*) criou uma rede de pesquisa sobre a redução do consumo de água nos aparelhos sanitários e suas implicações no desempenho da rede de esgoto sanitário.

Desde sua criação, a PERC tem conduzido pesquisas na área do transporte de sólidos em sistemas prediais de esgoto sanitário, detalhados no subitem a seguir.

3.2.1. Estudos da Plumbing Efficiency Research Coalition (PERC)

Em 2012, a *Plumbing Efficiency Research Coalition* (PERC) publicou a primeira fase do estudo denominado “*The Drainline Transport of Solid Waste in Buildings*” (DEMARCO e al., 2013). Nesse estudo, a PERC verificou os efeitos da adoção de diferentes variáveis, dentre elas, a declividade da tubulação de esgoto

predial de 1% e 2% e volumes de 3 L; 4,8 L e 6 L. Neste estudo, cuja tubulação possuía 41 metros de comprimento, problemas de entupimentos com descargas de 3,0 litros foram relatados e apontou-se que o desempenho das bacias de 6,0 litros pode ser melhor do que as de 4,8 litros para a limpeza total do ramal de descarga. O transporte de sólidos, nesse estudo, foi avaliado laboratorialmente por meio de um tubo de acrílico que simula o ramal de descarga de 41 metros (Figura 32), mídias de pasta de soja (Figura 33) e mídias de papel higiênico (Figura 34).

Neste mesmo estudo também foi possível verificar que uma bacia sanitária que utiliza um volume de descarga de três litros necessita de, pelo menos, quatro vezes mais descargas do que uma bacia sanitária de 6 L/descarga, para remover todas as mídias da tubulação. Isso indica que uma nova bacia sanitária com volume reduzido pode não ser econômica, uma vez que necessita de mais descargas para ter o mesmo desempenho da atual. A Figura 35 apresenta essas informações detalhadamente. Nesta figura, as barras com preenchimento em preto representam as descargas de 6 litros; as barras em cinza escuro, as descargas de 4,8 litros e as barras em cinza claro, as descargas de 3,0 litros.

Figura 32 - Simulação do ramal de esgoto (41 metros)

Figura 33 - Mídias de pasta de soja utilizadas no ensaio

Figura 34 - Mídias de papel higiênico utilizadas no ensaio

Fonte: PERC (2012)

Analisando os resultados dos três primeiros ensaios apresentados na Figura 35 (três primeiras barras do gráfico), como exemplo, tem-se que todas as variáveis são as mesmas, com exceção do volume que é 6 L, 3 L e 4,8 L, respectivamente. Nota-se que, para o volume de três litros, foram necessárias 26 descargas para remover as mídias – enquanto que, para os volumes de 6,0 litros e 4,8 litros foram necessárias, em média, 8 e 12 descargas, respectivamente. Portanto, para a bacia sanitária de 3 L/descarga, foram utilizados 78 litros para limpeza da tubulação e, para as bacias de 6 L e 4,8 L/descarga foram utilizados 48 e 57,6 litros, respectivamente.

Outra diferença indicada neste estudo é o impacto da declividade do ramal de esgoto. Uma bacia sanitária pode precisar de até o dobro de descargas para remover as mídias do ramal de esgoto quando as declividades variam de 2 para 1%, como visto na Figura 36 (PERC, 2012). Para o mesmo volume de descarga (6 litros na Figura 36), nota-se uma redução média de três descargas para a limpeza total do tubo quando aumenta-se a declividade da tubulação de 1 para 2%.

Figura 35 - Gráfico que indica a média de descargas necessárias para remover todas as mídias do tubo de esgoto para diferentes condições de ensaio

Fonte: adaptado de PERC (2012)

Figura 36 - Média de descargas necessárias para limpeza da tubulação de ensaio para diferentes condições de declividade desta tubulação - diferença entre declividade de 1% e 2% do ramal de esgoto
Fonte: adaptado de PERC (2012)

A fase 2 do estudo “*The Drainline Transport of Solid Waste in Buildings*” (PERC, 2015) analisa os efeitos de duas variáveis:

- Volume de descarga de 3,8 litros;
- Seção transversal da tubulação de esgoto com diâmetro de 75 mm.

Os resultados mostraram que a redução do volume de descarga de 4,8 litros para 3,8 litros faz com que o desempenho do sistema decaia consideravelmente para a declividade de 1% da tubulação. A PERC não recomenda a utilização de bacias sanitárias de 3,8L/descarga para edifícios comerciais que possuem poucas contribuições extras de água e longos ramais de esgoto. Com relação à seção transversal da tubulação, a diminuição do diâmetro de 100 mm para 75 mm não indicou melhoria no desempenho do sistema (Figura 37).

Figura 37 - Médias de descarga para limpeza da tubulação

Fonte: adaptado de PERC (2015)

3.2.2. Redução do consumo de água das bacias sanitárias no Brasil

As bacias sanitárias no Brasil, hoje, utilizam o volume de 6,8 L/descarga, mas esse volume chegava ao dobro no passado.

Em 1997, com a finalidade de reduzir o consumo de água nas instalações sanitárias, o Ministério das Cidades fomentou a realização de estudos por meio do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H) para que se estabelecesse, em norma, o limite máximo de utilização nas descargas das bacias sanitárias.

O estudo para avaliar a possibilidade de reduzir o volume de água por descarga para 6,8 litros, realizado ao longo do ano 2000, no Brasil, mostrou que esse volume de descarga, num primeiro momento, seria mais eficiente, pois evitaria as descargas duplas e, portanto, economizaria maior volume de água (OLIVEIRA, 2002). Afinal, a economia de água apenas é obtida quando o funcionamento da bacia sanitária atende a requisitos mínimos de desempenho, estabelecidos a partir do conhecimento das reais necessidades e condições de operação. Foi estabelecido que o volume de descarga de 6,8 litros deveria ser adotado, gradativamente, pelos fabricantes, até 2002 (OLIVEIRA, 2002). Assim, o consumo passou de 12 litros

(admitido até 2002) para 6,8 litros (após 2002), volume este ainda estabelecido na norma atual do produto (ABNT, 2011).

Este estudo, desenvolvido em 2000, foi dividido em 2 etapas: laboratorial e de campo. A etapa laboratorial foi desenvolvida na Escola Politécnica da USP, com o auxílio do *Stevens Institute of Technology* (New Jersey/EUA) e avaliou o desempenho das bacias sanitárias em diferentes condições. A etapa de campo foi realizada em um conjunto habitacional da CDHU (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano do Estado de São Paulo), em Pindamonhangaba/SP, e avaliou o comportamento das bacias sanitárias em condições reais de utilização (ILHA; GONÇALVES; OLIVEIRA JÚNIOR, 2002).

A etapa laboratorial consistiu na realização de ensaios de remoção e transporte de sólidos com duas mídias distintas, e na verificação dimensional (altura do fecho hídrico e diâmetro do sifão). As figuras a seguir apresentam um esquema da bancada de ensaios (Figura 38) e fotos do ramal utilizado nos ensaios de transporte de sólidos (Figura 39).

Figura 38 - Esquema da bancada de ensaios - CTCC/EP-USP

Fonte: ILHA, Gonçalves e OLIVEIRA Jr (2002)

Figura 39 - Ramal para o teste de transporte de sólidos - CTCC/EP-USP

Fonte: ILHA, GONÇALVES e OLIVEIRA Jr (2002)

Na etapa de campo, instalou-se um sistema de telemedição para monitoramento do consumo de água das residências e bacias sanitárias em um conjunto habitacional localizado no distrito de Moreira César, em Pindamonhangaba/SP. As figuras a seguir mostram o conjunto habitacional estudado (Figura 40) e a foto do hidrômetro utilizado para medição do consumo de água total de cada residência (Figura 41).

Figura 40 - Vista externa das residências estudadas

Fonte: ILHA, GONÇALVES e OLIVEIRA Jr. (2002)

Figura 41 - Detalhe da instalação do hidrômetro eletrônico para medição do consumo geral da residência

Fonte: ILHA, GONÇALVES e OLIVEIRA Jr. (2002)

A redução do volume de descarga necessário para promover o funcionamento das bacias sanitárias continua sendo objeto de investigação, tendo em vista a necessidade premente de conservação de água potável, como podemos ver nos artigos citados nas referências: TOLEDO, 2013; KITAMURA, 2012; KOBAYASHI e OTSUKA, 2012; DEMARCO, 2013.

Questiona-se se o volume de água despejado na rede de esgoto sanitário já não está próximo do limite, para as características atuais do sistema predial de

esgoto sanitário no Brasil ($\phi 100$ mm e declividade 1%) e se a diminuição do volume consumido por descarga afetará, de forma negativa, o funcionamento do sistema, ocasionando depósito de sólidos e entupimento da tubulação (DEMARCO, 2013).

Nesse sentido, o estudo apresentado nesta dissertação foi realizado visando avaliar, experimentalmente, se a substituição de bacias sanitárias de 6,8 L/descarga por bacias sanitárias de 4,8 L/descarga resultará em efetiva redução do consumo de água para os usuários, sem ocasionar entupimento e depósito de sólidos na tubulação do sistema predial e público de esgoto sanitário.

4. ESTUDO LABORATORIAL

A etapa laboratorial do estudo desenvolvido nesta dissertação visa estudar o desempenho das bacias sanitárias projetadas para funcionarem com o volume de 4,8 L/descarga, por meio da realização de ensaios laboratoriais. Os ensaios que avaliam o desempenho das bacias sanitárias são desenvolvidos para verificar se o produto atende as funções desejadas pelos usuários e pelo sistema predial.

Para se definir quais ensaios seriam realizados nas bacias sanitárias de 4,8L/descarga na etapa laboratorial, foi realizado um levantamento dos ensaios já comumente realizados em diversos países.

A norma brasileira NBR 15097 (ABNT, 2011) que apresenta os requisitos de desempenho a serem atendidos pelas bacias sanitárias possui os ensaios:

- Volume de água consumido por descarga;
- Volume de água consumido na descarga parcial (aplicável apenas para bacias sanitárias com duplo acionamento);
- Remoção de mídia composta (papel kraft e esponja);
- Remoção de esferas (esferas de polipropileno);
- Lavagem de parede;
- Remoção de grânulos (grânulos de polietileno de alta densidade e esferas de nylon);
- Respingos de água;
- Reposição do fecho hídrico;
- Transporte de sólidos;
- Troca de água (aplicável apenas para bacias sanitárias com duplo acionamento).

A Tabela 4, apresentada no item 4.1 (página 56), contém uma breve descrição de todos os ensaios laboratoriais realizados. Os métodos de ensaio detalhados encontram-se no Apêndice B.

Os ensaios de remoção das diversas mídias (esferas, grânulos e mídia composta) são realizados para verificar a capacidade de remoção os dejetos da própria bacia sanitária. Caso o produto não atenda a algum destes requisitos é possível que, em campo, a bacia sanitária apresente entupimentos.

Com o ensaio de transporte de sólidos verifica-se se a descarga da bacia sanitária tem energia suficiente para transportar os dejetos ao longo do condutor horizontal, para evitar possíveis entupimentos na rede de esgoto.

No ensaio de lavagem de parede verifica-se se o escoamento da descarga faz a limpeza adequada do interior da bacia sanitária, pois a falta de limpeza da bacia sanitária pode ocasionar risco à saúde do usuário (pela contaminação) e mau cheiro.

No ensaio de reposição do fecho hídrico verifica-se a autossifonagem da bacia sanitária a fim de evitar o retorno de gases do sistema de esgoto ao ambiente sanitário.

Com o ensaio de respingos de água verifica-se se a água do poço da bacia sanitária respinga para fora da bacia durante o funcionamento da descarga. O problema do não atendimento neste requisito é a possibilidade de risco à saúde do usuário ocasionado pelo contato com a água com dejetos.

Há também os ensaios de verificação do desempenho da caixa de descarga, que complementam os ensaios de desempenho da bacia sanitária com caixa acoplada (ABNT, 2010). Estes estão ligados ao consumo de água e à segurança e conforto do usuário. São eles:

- Resistência ao uso (15 mil ciclos de uso);
- Resistência à carga estática (esforço de compressão de 100 N, aplicado na região frontal e central do corpo da caixa);
- Tempo de enchimento;
- Capacidade do extravasor;
- Estanqueidade da torneira de boia;
- Estanqueidade da caixa de descarga;
- Esforço de acionamento;
- Resistência do mecanismo de acionamento;
- Estanqueidade da boia.

Estes ensaios também estão descritos na Tabela 4 e os métodos de ensaio, no Apêndice B.

Os ensaios de estanqueidade da torneira de boia e estanqueidade da caixa de descarga são realizados para verificar se o produto não apresenta vazamentos.

Os ensaios de tempo de enchimento e esforço de acionamento são requisitos ligados ao conforto do usuário, pois uma caixa de descarga com um tempo de enchimento alto ou que necessite de um grande esforço para acionamento da descarga incomoda o usuário.

O requisito de capacidade do extravasor está relacionado ao consumo de água, pois verifica-se se, em caso de avarias nos mecanismos internos da caixa de descarga, ou seja, se o nível de água da caixa de descarga não parar de subir automaticamente, a água terá espaço suficiente para não transbordar para fora da caixa de descarga.

Os ensaios de resistência ao uso, estanqueidade da boia e resistência do mecanismo de acionamento são realizados para avaliar a durabilidade da caixa de descarga, ou seja, a capacidade do produto resistir ao uso.

O ensaio de resistência à carga estática está relacionado à segurança do usuário e é realizado para verificar se a caixa de descarga não apresentará trincas ou outra avaria ao ser pressionada, simulando um usuário apoiado na caixa de descarga.

Os ensaios de verificação do desempenho das bacias sanitárias da norma brasileira NBR 15097 (ABNT, 2011) foram baseados na norma americana ASME A112.19.2, publicada em 2003.

Em 2013, a norma ASME A112.19.2 foi revisada para abranger bacias sanitárias de 4,8 L/descarga, além das bacias sanitárias de 6,8 L/descarga. Nesta revisão, foi acrescentado o ensaio *Waste extraction test* (ensaio de remoção de pasta de soja) para caracterizar as bacias sanitárias de 4,8 L/descarga. Antes disso, era um ensaio previsto pelo sistema de certificação *Water Sense* da *Environmental Protection Agency* – EPA para certificar bacias sanitárias.

Nesse estudo, optou-se pela realização de todos os ensaios de desempenho previstos nas normas brasileiras, acrescentados pelo ensaio de remoção de pasta de soja. Além destes ensaios já normatizados, será realizado também o ensaio de transporte de pasta de soja. As fases do estudo laboratorial desenvolvido nesta dissertação estão descritas no item 4.1 a seguir.

4.1. Fases do estudo laboratorial

O estudo laboratorial foi dividido em duas fases, denominadas “fase 1” e “fase 2”. A fase 1 teve, como objetivo, verificar quais das bacias sanitárias tinham

condições potenciais de apresentar desempenho adequado em campo, sem causar transtornos aos usuários. Já a fase 2 consiste de uma avaliação prospectiva, que teve como objetivo classificar as bacias sanitárias com relação à capacidade de transportar sólidos ao longo da tubulação do sistema predial de esgoto sanitário. Na fase 2 também foi realizado o ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada, a fim de comparar os resultados obtidos com os resultados do ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada.

Primeiramente, para situar o leitor, segue uma breve descrição do ensaio de remoção e transporte de pasta de soja, tanto encapsulada quanto não encapsulada:

- O ensaio de remoção de pasta de soja consiste da avaliação da remoção das mídias da própria bacia sanitária. São utilizadas como mídias, 350g de pasta de soja e 4 bolas de papel higiênico. Há 2 tipos aqui citados: encapsulada e não encapsulada. A diferença está na mídia de pasta de soja. No caso da encapsulada, a pasta de soja é inserida em uma camisinha plástica. Já na não encapsulada, a pasta de soja é utilizada sem invólucro.
- Com relação ao ensaio de transporte de pasta de soja, o que é analisado é o transporte das mídias ao longo da tubulação. Então, a análise não é sobre a remoção da própria bacia sanitária, mas sim, da remoção das mídias da tubulação de esgoto sanitário.

Os ensaios de laboratório foram feitos conforme uma sequência, de forma que as bacias sanitárias reprovadas em um ensaio não fossem submetidas aos ensaios seguintes (ver Figura 42).

Inicialmente, realizou-se a caracterização das bacias sanitárias conforme as normalizações brasileira e americana:

- Primeiramente, foram realizados todos os ensaios de funcionamento que constam da norma brasileira para bacias sanitárias (ABNT, 2011);
- Em seguida, as bacias sanitárias aprovadas em todos os ensaios foram submetidas ao ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada, conforme ASME (2013).

As bacias sanitárias aprovadas em todos os ensaios anteriores foram submetidos à verificação de desempenho da caixa de descarga, conforme a norma brasileira de referência (ABNT, 2010).

As bacias sanitárias aprovadas na verificação de desempenho da bacia sanitária e caixa de descarga foram submetidas aos ensaios da fase 2 (avaliação prospectiva):

- Remoção de pasta de soja encapsulada, conforme ASME (2013);
- Transporte de pasta de soja conforme PERC (2012), tanto com as mídias de pasta de soja encapsuladas quanto não encapsuladas.

Figura 42 - Fluxograma de realização dos ensaios

A Tabela 4 apresenta o detalhamento dos ensaios previstos nas normas brasileiras que foram realizados nesta etapa do estudo e os limites especificados, nestes documentos, para avaliação de bacias sanitárias. Apresenta, também, as especificações adotadas para o ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada. Os ensaios de transporte de pasta de soja e remoção de pasta de soja encapsulada foram realizados apenas de maneira prospectiva, para futura comparação com os resultados obtidos em campo; portanto, não foram considerados requisitos de aprovação/reprovação das bacias sanitárias.

O ensaio de volume consumido por descarga foi realizado para confirmar que as bacias sanitárias utilizavam 4,8 L/descarga e os demais ensaios foram realizados com o método de ensaio dos documentos de referência; porém, considerando que as bacias sanitárias utilizavam $4,8 \pm 0,4$ L/descarga e, não, 6,8 L/descarga. Os métodos de ensaio estão detalhados no Apêndice B.

Tabela 4 - Requisitos avaliados

NORMA DE REFERÊNCIA	REQUISITOS	MÉTODOS DE ENSAIO E VALORES ESPECIFICADOS
NBR 15097 - Parte I - 2011: Aparelhos sanitários de material cerâmico - Requisitos e métodos de ensaio	Volume de água consumido por descarga ⁴	As bacias sanitárias com caixa acoplada devem apresentar volume de água consumido por descarga, em alta e baixa pressão (400 e 30kPa, respectivamente), igual a 4,8 litros, com variação de $\pm 0,4$.
	Remoção de mídia composta	Após acionar o aparelho de descarga com 20 esponjas de poliuretano e 8 folhas de papel kraft no poço da bacia, o número de mídias removidas na primeira descarga deve ser no mínimo 22. As mídias que não forem removidas na primeira descarga devem ser totalmente removidas na segunda descarga.
	Remoção de esferas	Após acionar o aparelho de descarga com 100 esferas de polipropileno no poço da bacia sanitária, a média do número de esferas removidas da bacia depois das descargas deve ser no mínimo 80.
	Lavagem de parede	Traçar uma linha ao longo de todo o perímetro da bacia sanitária a 25mm abaixo dos pontos de saída de água. Após a descarga: – a média da soma dos comprimentos dos segmentos de linha de tinta remanescentes deve ser de, no máximo, 50mm; – nenhum segmento remanescente deve ser maior que 13mm.
	Remoção de grânulos	Adicionando-se 100cm ³ de polietileno de alta densidade e 100 esferas de nylon, na bacia, a média dos grânulos visíveis no poço da bacia após a descarga deve ser de, no máximo, 125. E a média de esferas de nylon visíveis no poço não deve ser superior a 5.
	Respingos de água	Após as descargas, a média do número de respingos com diâmetro (ou outra dimensão preponderante) igual ou maior que 5mm acima do plano de transbordamento da bacia deve ser de, no máximo, 8 respingos.
	Reposição do fecho hídrico	Após cada descarga, a bacia sanitária deve apresentar reposição do fecho hídrico feito pelo dispositivo provedor de água, de modo que sua altura seja sempre maior ou igual a 50mm (ensaio realizado apenas na condição de 400kPa).
	Transporte de sólidos	A distância média percorrida por esfera, ao longo do ramal de descarga, deve ser igual ou maior que 10,0m.
NBR 15491 - 2010: Caixa de descarga para limpeza de bacias sanitárias - Requisitos e métodos de ensaio	Resistência ao uso	A caixa de descarga, após ser submetida a 15.000 ciclos de funcionamento, não deve apresentar quebra ou dano.
	Resistência à carga estática	A caixa de descarga deve resistir a um esforço de compressão de 100 N, aplicado durante 300 s, através de um disco de 150mm de diâmetro, na região frontal e central do corpo da caixa, sem que ocorram fraturas ou deteriorações que impeçam seu funcionamento normal ou alterem o seu aspecto exterior.
	Tempo de enchimento	O tempo necessário para abastecer a caixa de descarga até o volume útil menos 200 mL de água deve ser de, no máximo, 240 segundos.
	Capacidade do extravasor	A distância entre o nível da água no interior da caixa de descarga e o nível de afogamento do dispositivo antirretorno da torneira de boia (ou da extremidade da saída de água dessa torneira) deve ser de, no mínimo, 5mm.

continua

⁴ Por se tratar de um estudo para avaliar a possibilidade de reduzir o volume de descarga, foi adotado o limite de $4,8 \pm 0,4$ litros. O limite atual da norma para bacias sanitárias com caixa acoplada é de 5,8 L a 7,1 L.

Continuação - Tabela 4 - Requisitos avaliados

NORMA DE REFERÊNCIA	REQUISITOS	MÉTODOS DE ENSAIO E VALORES ESPECIFICADOS
NBR 15491 - 2010: Caixa de descarga para limpeza de bacias sanitárias - Requisitos e métodos de ensaio	Estanqueidade da torneira de boia	A torneira de boia deve ser estanque quando submetida à pressão hidrostática de 24 kPa e 600 kPa para caixas de descarga acopladas e/ou integradas.
	Estanqueidade da caixa de descarga	A caixa de descarga não deve apresentar vazamento pelo obturador do mecanismo de descarga, não deve vazar por qualquer parte do corpo ou, no caso de material que absorva água, permitir a formação de gotas por exsudação.
	Esforço de acionamento	O esforço de acionamento necessário para acionar a caixa e iniciar a descarga deve ser de, no máximo, 30 N ou 1 N.m.
	Resistência do mecanismo de acionamento	O mecanismo de acionamento deve resistir a um esforço cinco vezes maior do que o esforço necessário para acionar a caixa.
	Estanqueidade da boia	A boia oca não deve permitir a penetração de água em seu interior. Esse requisito não se aplica a outros tipos de boia.
ASME A112.19.2: <i>Ceramic Plumbing Fixtures</i> . 2013	Remoção de pasta de soja não encapsulada	Após acionar o aparelho de descarga com 07 mídias de pasta de soja não encapsuladas (de 50 g cada) e 4 bolas de papel (formadas por 6 pedaços de papel cada) no poço da bacia sanitária, todas as mídias devem ser removidas e o fecho hídrico deve ser repostado em 4 das cinco repetições realizadas.
	Remoção de pasta de soja encapsulada	Acionar o aparelho de descarga com 07 mídias de pasta de soja (de 50 g cada) e 4 bolas de papel (formadas por 6 pedaços de papel cada) no poço da bacia sanitária. Destaca-se que este ensaio com as mídias encapsuladas não foi considerado para aprovação/reprovação das bacias sanitárias.
<i>The Drainline Transport of Solid Waste in Buildings - Plumbing Efficiency Research Coalition - November 2012</i>	Transporte de sólidos deformáveis	Acionar o aparelho de descarga com 07 mídias de pasta de soja (de 50 g cada) e 4 bolas de papel (formadas por 6 pedaços de papel cada) no poço da bacia sanitária e verificar a distância percorrida pelas mídias em cada descarga sucessiva.
		Este ensaio foi realizado com as mídias encapsuladas e não encapsuladas, para fins de comparação. Por se tratar de uma avaliação prospectiva, não foi considerado para a aprovação ou reprovação das bacias sanitárias.

conclusão

Para a realização dos ensaios laboratoriais, foi utilizada uma bancada que representa as condições reais de instalação de uma bacia sanitária (Figura 43). Esta bancada possui medidores de vazão, manômetros, bomba hidráulica, balança, termômetro, reservatório de água etc, e foi construída de acordo com a NBR 15097 (ABNT, 2011). A bancada de ensaios possui também um tubo de 18,0 metros de comprimento, declividade de 1% e diâmetro de 100mm, que simula o ramal de esgoto predial. Esses valores simulam a situação mais crítica possível de instalação da tubulação do sistema predial de esgoto sanitário, pois 18,0 metros é a maior distância permitida entre os aparelhos de descarga e o sistema público de esgoto

sanitário, 1% é a declividade mínima permitida e 100mm o diâmetro máximo. O detalhamento está apresentado na Figura 43.

Figura 43 - Esquema da bancada de ensaios

A bancada de ensaios possui um local para a bacia sanitária que simula um local real de instalação (Figura 44), com um ponto de saída de água que fornece água com pressões entre 30 ± 3 a 400 ± 40 kPa (Figura 45) e um ponto para coleta do esgoto, que pode ser de duas formas:

- recipiente para coleta da água e mídias despejadas no ensaio (Figura 44);
- tubo que simula o ramal predial (Figura 46). Ao final do tubo de 18 m há um recipiente para coleta da água e das mídias de ensaio. Há dois tubos; sendo um, de acrílico e, outro, de PVC. Para a realização dos ensaios, ambos os tubos foram utilizados. Por meio de ensaios preliminares foi verificado que os resultados dos ensaios realizados tanto no tubo de acrílico quanto de PVC são equivalentes.

O reservatório de água que abastece a bancada está localizado a 3 m de altura do ponto de abastecimento da caixa de descarga; assim, a pressão estática mínima de 30 kPa é obtida sem a utilização de bomba. Para pressões maiores que 30 kPa, a bomba instalada ao lado do reservatório é ligada.

Os manômetros instalados próximo ao flexível que abastece a caixa de descarga medem a pressão de abastecimento. Um deles possui a faixa de leitura de 0 kPa a 60 kPa, com resolução mínima de 0,5 kPa, o outro possui faixa de leitura de 0 kPa a 1000 kPa, com resolução mínima de 20 kPa.

Os medidores de vazão são do tipo roda de água; um com faixa leitura de 0 L/s a 30,0 L/s e resolução mínima de 0,01 L/s e, o outro, com faixa de leitura de 0 L/s a 3,0 L/s e resolução mínima de 0,001 L/s.

A balança possui capacidade de 60 kg e resolução mínima de 10 g.

Figura 44 - Foto do local para instalação da bacia sanitária na bancada de ensaios

Figura 45 - Foto do ponto de saída de água da bancada de ensaios que abastece a caixa de descarga

Figura 46 - Detalhe da tubulação com 18 metros de comprimento, que simula o ramal predial

Para a realização dos ensaios laboratoriais são utilizadas diversas mídias, conforme mencionado anteriormente e detalhado a seguir.

Nos ensaios de remoção de esferas e transporte de sólidos são utilizadas esferas de $19,0 \pm 0,3$ mm de diâmetro, fabricadas em polipropileno ou outro material plástico que não absorva ou reaja com água. A massa específica média das esferas deve estar entre 0,85 e 0,90 g/cm³. Em cada descarga dada no ensaio são usadas 100 esferas que, no total, devem apresentar massa entre 0,29 kg e 0,34 kg (Figura 47).

Figura 47 - Foto da esfera de polipropileno utilizada nos ensaios de remoção de esferas e transporte de sólidos

No ensaio de lavagem de parede é utilizada caneta de ponta porosa grossa, solúvel em água (hidrográfica/lavável), de cor contrastante com a superfície cerâmica em que será aplicada (Figura 48).

Figura 48 - Foto da caneta utilizada no ensaio de lavagem de parede

No ensaio de remoção de grânulos são utilizados dois tipos de mídias (Figura 49):

- 100 cm³ de grânulos de polietileno (aproximadamente 2500 unidades, medidas em proveta de 100 cm³), com diâmetro de $4,32 \pm 0,25$ mm e densidade entre 0,94 e 0,97 g/cm³. Os grânulos devem ser previamente imersos em água por, no mínimo, 60 horas.
- 100 esferas de nylon, com densidade de 1,15 e 1,19 kg/m³ e diâmetro de $6,00 \pm 0,25$ mm. A massa das esferas de nylon deve estar entre 15 e 16 g.

Figura 49 - Foto dos grânulos e esferas de nylon utilizados no ensaio de remoção de grânulos

No ensaio de remoção de mídia composta são utilizadas 2 tipos de mídias (Figura 50):

- Oito folhas de papel Kraft “anti-tarnish”, com dimensões aproximadas de 19x15 cm.
- 20 esponjas sintéticas de poliuretano com $(20 \pm 1)\text{mm} \times (20 \pm 1)\text{mm} \times (28,5 \pm 3)\text{mm}$ e densidade de $(17 \pm 1,7)\text{kg/m}^3$ quando novas.

Figura 50 - Foto do papel kraft e esponja utilizados no ensaio de remoção de mídia composta

Nos ensaios de remoção e transporte de pasta de soja são utilizadas (Figura 51):

- Sete mídias de pasta de soja, em cada uma das repetições. Cada mídia deve apresentar as seguintes especificações: massa $(50 \pm 4)\text{g}$; comprimento $(100 \pm 3)\text{mm}$; diâmetro: $(25 \pm 6)\text{mm}$; densidade: $(1,15 \pm 0,10)\text{g/ml}$. Para obter esta densidade deve-se utilizar 35,5% de água, 33,8% de soja, 18,5% de arroz e 12,2% de sal.
- Quatro bolas de papel higiênico contendo seis pedaços de papel higiênico de folha simples cada.

Figura 51 - Foto das mídias de ensaio utilizadas nos ensaios de remoção e transporte de pasta de soja encapsulada e não encapsulada

4.2. Resultados do estudo laboratorial

No total, foram ensaiados vinte modelos de bacias sanitárias, com caixa acoplada e acionamento simples de 4,8 L/descarga, de fabricantes diferentes. A Tabela 5 apresenta a codificação das bacias sanitárias por fabricante. Nota-se que alguns fabricantes possuem mais de uma bacia sanitária ensaiada, mas cada codificação é um modelo de bacia sanitária diferente.

Dentre os modelos de bacia sanitária ensaiados, havia bacias sanitárias projetadas para funcionar com 4,8 L/descarga e bacias sanitárias de 6,8 L/descarga reguladas para 4,8 L/descarga, atualmente vendidas no mercado. Nestas últimas, foi feita uma regulação da caixa de descarga para que ela fornecesse o volume de 4,8L/descarga.

Tabela 5 - Codificação das bacias sanitárias

CODIFICAÇÃO	EMPRESA	CODIFICAÇÃO	EMPRESA
1	Fabricante 1	7*	Fabricante 5
9		8	
16		10	Fabricante 6
17		12	
18		6*	
2	Fabricante 2	19	
3	Fabricante 3	20	Fabricante 7
4	Fabricante 4	13	
5		14	
11		15	

* Bacias sanitárias atualmente vendidas no mercado (bacias sanitárias de 6,8 L/descarga, reguladas para 4,8 L/descarga)

4.2.1. Resultados da Fase 1 - ensaios para seleção das bacias sanitárias a serem instaladas em campo

A avaliação eliminatória de desempenho da bacia sanitária foi realizada em duas fases, conforme a Tabela 6. Os itens 4.2.1.1 e 4.2.1.2 apresentam os resultados detalhados.

Tabela 6 - Ensaios de caracterização da bacia sanitária

DOCUMENTO DE REFERÊNCIA	ENSAIOS REALIZADOS
NBR 15097 - Parte I - 2011: aparelhos sanitários de material cerâmico - requisitos e métodos de ensaio	Volume de água consumido por descarga; Respingos de água; Reposição do fecho hídrico; Lavagem de parede; Remoção de grânulos; Remoção de mídia composta; Remoção de esferas; Transporte de sólidos.
ASME A112.19.2 - 2013 - Ceramic Plumbing Fixtures. 2013.	Remoção de pasta de soja não encapsulada

4.2.1.1. Resultados dos ensaios realizados conforme ABNT NBR 15097

Este item apresenta um resumo dos resultados obtidos nos ensaios realizados conforme a NBR 15097 (ABNT, 2011). A Tabela 7 apresenta um resumo dos resultados das bacias sanitárias codificadas de n.º 01 a 10, e a Tabela 8, das bacias sanitárias de n.º 11 a 20. Os resultados apresentados em fonte vermelha são resultados de reprovação. A Figura 53 ilustra a realização de alguns ensaios.

O ensaio de volume de água consumido por descarga foi realizado para conferir se as bacias sanitárias utilizam $4,8 \pm 0,4$ L/descarga. Os resultados apresentados nas tabelas seguintes estão divididos pela pressão de abastecimento da água. Este ensaio foi realizado nas condições mais críticas, ou seja, quando a pressão de abastecimento é 30 kPa e 400 kPa. O resultado apresentado é a média aritmética de três descargas.

O resultado do ensaio de remoção de esferas é apresentado na forma de número médio de esferas removidas da bacia sanitária (média aritmética de três descargas).

O ensaio de remoção de mídia composta possui dois requisitos que precisam ser atendidos: remoção de, no mínimo, 22 mídias na primeira descarga e remoção de todas as mídias remanescentes na segunda descarga. Assim, o resultado deste ensaio está dividido em duas linhas. A primeira linha apresenta a média aritmética das mídias removidas na primeira descarga e, a segunda, apresenta o resultado se as mídias remanescentes foram totalmente removidas na segunda descarga. Como o número total de mídias por descarga é 28, aquelas bacias sanitárias que removeram 28 mídias na primeira descarga não precisaram da segunda.

O ensaio de lavagem de parede também possui dois requisitos a serem atendidos: média aritmética dos segmentos e maior segmento remanescente. Por isso, o resultado deste ensaio está dividido em duas linhas.

No ensaio de remoção de grânulos, a bacia sanitária precisa ser capaz de remover os grânulos e as esferas de nylon. Os resultados apresentados nas tabelas seguintes mostram o número de grânulos e esferas de nylon que não saiu na descarga da bacia sanitária, ou seja, que ficaram visíveis no poço da bacia sanitária após a descarga. O resultado é a média aritmética de três descargas.

O ensaio de reposição do fecho hídrico apresenta o resultado da altura (em milímetros) do fecho hídrico inicial da bacia sanitária e o final, obtidos após a descarga. O valor que considera o fecho hídrico final foi o menor valor obtido em três

descargas. A figura a seguir apresenta um esquema da altura do fecho hídrico considerada.

Figura 52 - Esquema da altura do fecho hídrico

Fonte: Autora (2017)

O ensaio de respingos de água apresenta o resultado do número de respingos encontrados após a descarga da bacia sanitária.

O ensaio de transporte de sólidos, realizado com esferas de polipropileno, apresenta o resultado da média ponderada da distância percorrida pelas esferas após a descarga da bacia sanitária. O resultado final considerado foi a média aritmética de três repetições.

Reposição do fecho hídrico

Remoção de esferas

Figura 53 - Fotos da realização do ensaio de reposição do fecho hídrico e remoção de esferas constantes na norma brasileira ABNT NBR 15097

Fonte: Autora (2017)

Tabela 7 - Resumo dos resultados de todas as bacias sanitárias ensaiadas de acordo com a NBR 15.097 - bacias sanitárias de nº1 a 10

RESUMO DOS RESULTADOS DA 1ª ETAPA DO ESTUDO - BACIAS SANITÁRIAS 1 A 10											
ENSAIOS REALIZADOS		BACIAS SANITÁRIAS									
		1	2	3	4	5	6*	7*	8	9	10
Volume consumido por descarga (L)	30 kPa	4,8	4,9	4,7	4,9	4,7	4,8	5,1	4,8	4,8	5,0
	400 kPa	5,1	4,7	4,8	4,9	4,7	4,7	4,8	4,8	5,1	4,9
Remoção de esferas	Média aritmética do número de esferas removidas***	87	100	100	94	96	91	90	100	79**	97
Remoção de mídia composta	Média aritmética do número de mídias removidas***	24	28	28	27	28	28	28	28	26	27
	Remoção total na 2ª descarga***	Não	-	-	Sim	-	-	-	-	Sim	Sim
Lavagem de parede (mm)	Média aritmética do número total de segmentos***	23	8	0	0	0	0	0	0	18	0
	Maior seguimento remanescente***	10	10	0	0	0	0	0	0	10	0
Remoção de grânulos	Média aritmética do número de grânulos visíveis no poço***	105	0	5	26	7	10	43	3	112	16
	Média aritmética do número de esferas visíveis no poço***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Reposição do fecho hídrico (mm)	Altura inicial	57	62	58	65	60	69	54	55	52	63
	Altura final	57	62	58	65	60	62	38	55	52	63
Respingos de água	Média aritmética do número de respingos visíveis***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transporte de sólidos (m)	Média aritmética da distância transportada***	15,4	17,6	15,1	9,9**	17,2	6,4	11,1	14,8	14,2	6,5
RESULTADO DA 1ª AVALIAÇÃO ELIMINATÓRIA		R	A	A	A	A	R	R	A	A	R

A – Aprovada R – Reprovada

* Bacias sanitárias atualmente vendidas no mercado (bacias sanitárias de 6,8 L/descarga, reguladas para 4,8 L/descarga)

** Considerada aprovada próximo ao limite normativo

*** Média aritmética de três repetições de ensaio

Tabela 8 - Resumo dos resultados dos ensaios realizados de acordo com a NBR 15.097 - bacias sanitárias de nº 11 a 20

RESUMO DOS RESULTADOS DA 1ª ETAPA DO ESTUDO – BACIAS SANITÁRIAS 11 A 20											
ENSAIOS REALIZADOS		BACIAS SANITÁRIAS									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Volume consumido por descarga (L)	30 kPa	5,0	4,7	4,5	5,1	4,7	5,1	4,8	5,1	4,7	5,0
	400 kPa	5,0	5,0	4,5	4,8	4,8	4,8	4,9	5,0	4,5	5,0
Remoção de esferas	Média aritmética do número de esferas removidas***	98	98	89	96	86	100	84	95	97	100
Remoção de mídia composta	Média aritmética do número de mídias removidas***	28	28	28	27	28	26	26	26	28	28
	Remoção total na 2ª descarga***	-	-	-	Sim	-	Sim	Sim	Sim	-	-
Lavagem de parede (mm)	Média aritmética do número total de segmentos***	10	47	1	30	0	10	0	68	0	2
	Maior seguimento remanescente***	10	11	3	11	0	10	0	30	0	5
Remoção de grânulos	Média aritmética do número de grânulos visíveis no poço***	9	1	19	31	0	17	83	0	4	5
	Média aritmética do número de esferas visíveis no poço***	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Reposição do fecho hídrico (mm)	Altura inicial	60	54	51	61	63	68	51	50	66	62
	Altura final	60	54	51	60	63	68	51	50	55	57
Respingos de água	Média aritmética do número de respingos visíveis***	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transporte de sólidos (m)	Média aritmética da distância transportada***	16,4	12,4	15,1	8,6	14,7	15,1	17,1	17,1	9,1	14,4
RESULTADO DA 1ª AVALIAÇÃO ELIMINATÓRIA		A	A	A	R	A	A	A	R	R	A

A – Aprovada R – Reprovada

*** Média aritmética de três repetições de ensaio

Com o resultado do ensaio de volume consumido por descarga, foi possível verificar que todos os modelos de bacia sanitária avaliados utilizavam $4,8 \pm 0,4$ L/descarga.

Com relação aos ensaios que verificam a remoção dos dejetos da própria bacia sanitária (remoção de esferas, remoção de mídia composta e remoção de grânulos), dezenove bacias sanitárias (95% do total) foram aprovadas. Somente uma bacia sanitária foi reprovada no ensaio de remoção de mídia composta, por não remover as mídias remanescentes na segunda descarga. Uma bacia sanitária apresentou resultado de remoção de esferas igual a 79 esferas removidas e estaria reprovada conforme a norma, pois o mínimo exigido são 80 esferas removidas, mas, para fins de estudo, essa bacia sanitária foi aprovada.

Uma bacia sanitária (5% do total) não fez a reposição do fecho hídrico, apresentando valor da altura do fecho hídrico após a descarga até 24% menor do que o mínimo necessário para que não haja o retorno de odores para dentro da residência. Assim, foi considerada reprovada neste requisito.

Uma bacia sanitária (5% do total) não fez a lavagem de parede e foi reprovada neste ensaio.

Quatro bacias sanitárias (20% do total) foram reprovadas no ensaio de transporte de sólidos, por não transportarem as esferas de polipropileno ao longo de 10,0 metros da tubulação. Uma bacia sanitária apresentou resultado de 0,1 m abaixo do limite normativo (10,0 m) e estaria reprovada, mas, para fins de estudo, considerou-se essa bacia sanitária aprovada. Os resultados desse requisito foram de até 36% abaixo do limite mínimo normativo.

Das vinte bacias sanitárias avaliadas, treze (65% do total) foram aprovadas nos ensaios apresentados neste item. Os ensaios seguintes foram realizados apenas nas bacias sanitárias aprovadas em todos os requisitos da NBR 15.097 (bacias sanitárias 2, 3, 4, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16, 17 e 20).

4.2.1.2. Resultados do ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada

O ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada é realizado para avaliar a remoção das mídias da própria bacia sanitária. No caso deste ensaio, as mídias colocadas na bacia sanitária são sete corpos de prova de pasta de soja de 50g cada e quatro bolas de papel higiênico, sendo cada bola formada por seis pedaços de papel.

Para que a bacia sanitária seja considerada aprovada, neste ensaio, dois requisitos devem ser atendidos:

Todas as onze mídias (sete mídias de pasta de soja e quatro bolas de papel higiênico), apresentadas na Figura 54, devem ser removidas em, pelo menos, quatro das cinco repetições realizadas;

O fecho hídrico deve ser, no mínimo, 50 mm após a descarga com as mídias.

Figura 54 - Mídias utilizadas nos ensaios de remoção e transporte de pasta de soja (papel e pasta de soja não encapsulada)

Fonte: Autora (2017)

A Tabela 9 apresenta os resultados do ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada. Os resultados hachurados em vermelho são resultados de reprovação.

Este requisito, que está presente na normalização americana para bacias sanitárias de 4,8 L/descarga, avalia a remoção da própria bacia sanitária com mídias que se aproximam da realidade (pasta de soja e papel higiênico). Apenas cinco, das treze bacias sanitárias (38% do total) avaliadas neste requisito, foram aprovadas.

Os ensaios seguintes foram realizados apenas nas bacias sanitárias consideradas aprovadas no ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada. Optou-se por realizar os próximos ensaios nas bacias sanitárias que apresentaram resultados próximos ao limite normativo para fins de estudo. Assim, a fase seguinte foi realizada nas bacias sanitárias 2, 5, 8, 11, 13, 15, 17 e 20.

Tabela 9 - Resultado do ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada

MODELO	REPETIÇÕES	MÍDIAS DE PASTA DE SOJA		MÍDIAS DE PAPEL		FECHO INICIAL	FECHO FINAL	RESULTADO
		REMOVIDA	POÇO	REMOVIDA	POÇO			
2	1	7	0	4	0	60	60	APTA
	2	7	0	4	0	60	60	
	3	7	0	4	0	60	60	
	4	7	0	4	0	60	60	
	5	7	0	4	0	60	60	
3	1	1	6	0	4	58	45	NÃO APTA
	2	0	7	0	4	58	45	
	3	0	7	0	4	58	47	
	4	0	7	0	4	58	40	
	5	0	7	0	4	58	44	
4	1	0	7	0	4	65	58	NÃO APTA
	2	7	0	3	0	65	35	
	3	0	7	0	4	65	60	
	4	7	0	3	0	65	45	
	5	0	7	0	4	65	65	
5	1	7	0	3	0	60	60	NÃO APTA
	2	7	0	3	1	60	60	
	3	7	0	3	1	60	60	
	4	7	0	4	0	60	60	
	5	7	0	4	0	60	60	
8	1	7	0	4	0	56	40	NÃO APTA
	2	7	0	4	0	56	46	
	3	7	0	4	0	56	44	
	4	7	0	4	0	56	46	
	5	7	0	4	0	56	44	
9	1	7	0	3	1	52	52	NÃO APTA
	2	7	0	1	3	52	52	
	3	7	0	3	1	52	52	
	4	6	1	2	2	52	52	
	5	7	0	3	1	52	52	
11	1	7	0	4	0	60	54	APTA
	2	7	0	4	0	60	58	
	3	7	0	4	0	60	55	
	4	7	0	4	0	60	59	
	5	7	0	4	0	60	59	
12	1	7	0	4	0	54	54	NÃO APTA
	2	7	0	3	1	54	43	
	3	0	7	0	4	54	54	
	4	0	7	0	4	54	54	
	5	0	7	0	4	54	54	
13	1	7	0	4	0	51	51	APTA
	2	7	0	4	0	51	51	
	3	7	0	4	0	51	51	
	4	7	0	4	0	51	51	
	5	7	0	4	0	51	51	
15	1	7	0	4	0	63	61	APTA
	2	7	0	4	0	63	61	
	3	7	0	4	0	63	62	
	4	7	0	4	0	63	62	
	5	7	0	4	0	63	61	
16	1	5	2	1	3	68	68	NÃO APTA
	2	0	7	0	4	68	68	
	3	7	0	1	3	68	68	
	4	6	1	1	3	68	68	
	5	6	1	2	2	68	68	
17	1	7	0	2	2	51	51	NÃO APTA
	2	7	0	2	2	51	50	
	3	7	0	2	2	51	51	
	4	7	0	3	1	51	51	
	5	7	0	4	0	51	51	
20	1	7	0	4	0	62	58	APTA
	2	7	0	4	0	62	57	
	3	7	0	4	0	62	57	
	4	7	0	4	0	62	56	
	5	7	0	4	0	62	57	

4.2.1.3. Ensaios de caracterização da caixa de descarga

Foram realizados os ensaios de caracterização da caixa de descarga, a fim de verificar o desempenho destas. Os ensaios são referentes à caixa de descarga, mas a maioria deles (com exceção do ensaio de estanqueidade da caixa de descarga e resistência à carga estática) é realizada no conjunto bacia sanitária e caixa de descarga.

O resumo dos resultados obtidos está apresentado na Tabela 10. Os resultados apresentados em fonte vermelha são resultados de reprovação.

O resultado do ensaio de tempo de enchimento (em segundos) representa o tempo que a caixa de descarga leva para encher completamente após a descarga.

O resultado do ensaio de verificação da capacidade do extravasor é uma medida (em milímetros) utilizada por segurança e retrata a distância entre o nível de água alcançado em caso de falha da boia e o nível de afogamento (nível que não pode ser alcançado pela água sob risco de danos ao mecanismo).

Os resultados dos ensaios de estanqueidade da torneira de boia e da caixa de descarga são apresentados com “sim” ou “não” em caso de vazamentos ou não, respectivamente.

O resultado do ensaio de esforço de acionamento representa a força necessária (em Newton) para acionar a descarga.

Nos ensaios de resistência do mecanismo de acionamento, resistência ao uso e resistência à carga estática verifica-se a existência de quebra, fratura ou qualquer outro dano que interfira no uso da caixa de descarga.

Figura 55 - Fotos da realização dos ensaios de esforço de acionamento, estanqueidade da caixa de descarga e tempo de enchimento conforme ABNT NBR 15491:2010

Fonte: Autora (2017)

Tabela 10 - Resumo dos resultados dos ensaios realizados em caixa de descarga

ENSAIOS		BACIAS SANITÁRIAS							
		2	5	8	11	13	15	17	20
Tempo de enchimento (s)		208	164	79	110	96	28	91	84
Capacidade do extravasor (mm)		48	83	104	53	90	87	35	108
Estanqueidade da torneira de boia	Apresentou vazamento?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Estanqueidade da caixa de descarga		Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Não
Esforço de acionamento (N)		- ⁵	18,6	22,5	17,1	15,8	16,8	3,2	5,9
Resistência do mecanismo de acionamento	Apresentou avarias?	-	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Resistência ao uso	Apresentou danos?	-	Não	-	Não	Não	Não	Não	Não
Resistência à carga estática	Houve fratura?	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não	Não
RESULTADO FINAL		A	A	R	A	A	A	A	A

A – Aprovada R – Reprovada

Das bacias sanitárias avaliadas, apenas uma (12,5%) foi reprovada por não apresentar estanqueidade da caixa de descarga. O não atendimento deste requisito pode acarretar para os usuários a utilização de um volume de água desnecessário. Nestes casos, a água da caixa de descarga pode escorrer para dentro da bacia sanitária, sendo, muitas vezes, imperceptível para o usuário.

4.2.2. Resultados da Fase 2 - ensaios para avaliação prospectiva

Os itens 4.2.2.1 e 4.2.2.2 detalham os resultados obtidos na avaliação laboratorial prospectiva. Os resultados desta etapa não foram usados para a definição das bacias sanitárias que seriam instaladas em campo. Essa avaliação teve como objetivo classificar as bacias sanitárias com relação ao transporte de sólidos ao longo do ramal do sistema predial, e comparar os resultados do ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada com o ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada.

4.2.2.1. Avaliação da capacidade de remoção de pasta de soja encapsulada

Esse item apresenta os resultados do ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada. Esse ensaio foi realizado em todas as bacias sanitárias em que foi realizado o ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada (resultado

⁵ Ensaio não realizado, pois o valor era baixo e não foi possível detectar pelo dinamômetro. Os ensaios de resistência do mecanismo de acionamento e resistência ao uso são dependentes do ensaio de esforço de acionamento. Por isso, não foram realizados.

detalhado no item 4.2.1.2), para fins de comparação. Esse ensaio consiste da remoção de onze mídias (ver Figura 60), sendo sete mídias de pasta de soja encapsuladas (totalizando 350 g) e quatro bolas de papel higiênico, previsto na norma americana ASME A112.19.2 - 2013. Esse ensaio foi realizado para classificar as bacias sanitárias quanto à remoção dessas mídias e verificar diferenças no resultado de ensaio realizado com a mídia de pasta de soja encapsulada e não encapsulada.

Figura 56 - Onze mídias do ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada

Fonte: Autora (2017)

A Figura 57, a seguir, apresenta o resumo dos resultados.

Figura 57 - Resultados do ensaio de remoção de pasta de soja encapsuladas

Fonte: Autora (2017)

Os resultados apresentados no gráfico da Figura 57 mostram que bacias sanitárias consideradas aprovadas em relação à NBR 15097 apresentam resultados distintos quanto à remoção de mídias de pasta de soja, variando entre remoção de

todas as mídias (bacias sanitárias 2, 8, 11, 13, 15 e 20) até bacias sanitárias que apresentaram entupimento e não removeram as mídias (bacias sanitárias 3, 4 e 12).

Nesse ensaio também verificou-se o fecho hídrico inicial e a sua reposição, ao final. Os resultados estão apresentados na Figura 58. As bacias sanitárias 3, 8 e 9, que fizeram a reposição do fecho hídrico conforme a ABNT NBR 15097, não fizeram a reposição do fecho hídrico quando as mídias de pasta de soja e papel higiênico foram adicionadas na descarga. Ou seja, essas bacias sanitárias fazem a reposição do fecho hídrico quando há somente líquidos na bacia sanitária. Uma dessas bacias sanitárias (bacia sanitária de nº 8), estava aprovada em relação à norma ABNT NBR 15097, fez a remoção completa das mídias de pasta de soja e papel higiênico, mas, ao final, não houve reposição do fecho hídrico.

Figura 58 - Resultados do ensaio de reposição do fecho hídrico, realizado durante o ensaio de remoção de pasta de soja com mídias encapsuladas

Fonte: Autora (2017)

A Tabela 11 apresenta o resultado do ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada por bacia sanitária ensaiada. Os resultados hachurados em vermelho representam resultados de reprovação.

Tabela 11 - Resultado do ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada

MODELO	REPETIÇÕES	MÍDIAS DE PASTA DE SOJA		MÍDIAS DE PAPEL		FECHO INICIAL	FECHO FINAL
		REMOVIDA	POÇO	REMOVIDA	POÇO		
2	1	7	0	7	0	60	60
	2	7	0	7	0	60	60
	3	7	0	7	0	60	60
	4	7	0	7	0	60	60
	5	7	0	7	0	60	60
3	1	0	7	0	4	58	47
	2	0	7	0	4	58	45
	3	0	7	0	4	58	46
	4	0	7	0	4	58	45
	5	0	7	0	4	58	45
4	1	0	7	0	4	65	54
	2	0	7	0	4	65	57
	3	0	7	0	4	65	55
	4	0	7	0	4	65	53
	5	0	7	0	4	65	53
5	1	7	0	3	1	60	60
	2	7	0	4	0	60	60
	3	7	0	2	2	60	60
	4	7	0	3	1	60	60
	5	7	0	4	0	60	60
8	1	7	0	4	0	56	45
	2	7	0	4	0	56	46
	3	7	0	4	0	56	44
	4	7	0	4	0	56	50
	5	7	0	4	0	56	47
9	1	0	7	0	4	52	30
	2	0	7	0	4	52	30
	3	0	7	0	4	52	36
	4	0	7	0	4	52	30
	5	7	0	4	0	52	52
11	1	7	0	4	0	60	60
	2	7	0	4	0	60	58
	3	7	0	4	0	60	59
	4	7	0	4	0	60	60
	5	7	0	4	0	60	60
12	1	0	7	0	4	54	54
	2	0	7	0	4	54	54
	3	0	7	0	4	54	54
	4	0	7	0	4	54	54
	5	0	7	0	4	54	54
13	1	7	0	4	0	51	51
	2	7	0	4	0	51	51
	3	7	0	4	0	51	51
	4	7	0	4	0	51	51
	5	7	0	4	0	51	51

continua

Tabela 11 - continuação - Resultado do ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada

MODELO	REPETIÇÕES	MÍDIAS DE PASTA DE SOJA		MÍDIAS DE PAPEL		FECHO HÍDRICO INICIAL	FECHO HÍDRICO FINAL
		REMOVIDA	POÇO	REMOVIDA	POÇO		
15	1	7	0	4	0	63	58
	2	7	0	4	0	63	63
	3	7	0	4	0	63	60
	4	7	0	4	0	63	62
	5	7	0	4	0	63	61
16	1	1	6	0	4	68	68
	2	4	3	1	3	68	68
	3	5	2	1	3	68	68
	4	5	2	3	1	68	68
	5	1	6	0	4	68	68
17	1	1	0	0	3	51	51
	2	7	0	3	1	51	51
	3	7	0	3	1	51	51
	4	7	0	2	2	51	51
	5	0	1	0	2	51	50
20	1	7	0	4	0	62	58
	2	7	0	4	0	62	56
	3	7	0	4	0	62	55
	4	7	0	4	0	62	56
	5	7	0	4	0	62	60

conclusão

4.2.2.2. Avaliação da capacidade de transportar sólidos deformáveis

O ensaio de transporte de pasta de soja tem, como objetivo, analisar a capacidade de transporte de sólidos deformáveis, verificando o número de descargas necessárias para transportar onze mídias - sete mídias de pasta de soja (350g) e quatro bolas de papel higiênico – ao longo de dezoito metros de tubulação, que simula o ramal de esgoto sanitário, com declividade de 1% e diâmetro de 100mm (ver Figura 59).

Este ensaio foi realizado nas bacias sanitárias consideradas aptas nos ensaios eliminatórios anteriores. Optou-se por realizá-lo, também, nas bacias sanitárias que apresentaram resultados próximos ao limite normativo, para fins de estudo. Assim, o ensaio de transporte de pasta de soja foi realizado nas bacias sanitárias 2, 5, 11, 13, 15, 17 e 20. O ensaio foi realizado em duas condições distintas: com as mídias de pasta de soja encapsuladas e não encapsuladas. Entretanto, a análise com as mídias não encapsuladas não se mostrou adequada, já que as mesmas se desfazem durante as descargas, não sendo possível verificar com precisão o momento da eliminação das mídias.

Figura 59 - Detalhe da bancada de ensaios

Fonte: Autora (2017)

O gráfico da Figura 60 apresenta o número de descargas necessárias para o transporte, na condição das mídias encapsuladas.

Figura 60 - Número de descargas necessárias para remover todas as mídias do tubo de transporte - bacias sanitárias de 4,8 litros por descarga

Analisando a Figura 60 nota-se grande diferença entre as bacias sanitárias avaliadas, com resultados que variam de duas até seis descargas para a remoção completa das mídias da tubulação. O detalhamento dos resultados encontra-se no Apêndice A.

4.2.3. Resumo dos resultados laboratoriais da Fase 1

A Tabela 12, a seguir, apresenta um resumo dos resultados de todos os ensaios que foram considerados para a aprovação para a etapa de campo. Portanto, nesta tabela, não estão apresentados os resultados dos ensaios de remoção de pasta de soja encapsulada e transporte de pasta de soja.

Ao final da etapa de laboratório, as cinco bacias sanitárias aprovadas na etapa eliminatória, ou seja, as bacias sanitárias que atenderam aos requisitos das normas brasileiras NBR 15097 (ABNT, 2011), NBR 15491 (ABNT, 2010) e ensaio de remoção de pasta de soja (ASME, 2013) foram consideradas aptas a serem instaladas em campo (bacias sanitárias 2, 11, 13, 15 e 20).

Tabela 12 - Resultado final de todas as bacias sanitárias ensaiadas

RESUMO DOS RESULTADOS DAS ETAPAS LABORATORIAIS ELIMINATÓRIAS																				
ENSAIOS REALIZADOS	BACIAS SANITÁRIAS																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Volume consumido por descarga	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Remoção de esferas	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Remoção de mídia composta	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Lavagem de parede	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	R	A	A
Remoção de grânulos	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Reposição do fecho hídrico	A	A	A	A	A	A	R	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Respingos de água	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Transporte de sólidos	A	A	A	A	A	R	A	A	A	R	A	A	A	R	A	A	A	A	R	A
Remoção de pasta de soja não encapsulada	-	A	R	R	R	-	-	R	R	-	A	R	A	-	A	R	R	-	-	A
Tempo de enchimento	-	A	-	-	A	-	-	A	-	-	A	-	A	-	A	-	A	-	-	A
Capacidade do extravasor	-	A	-	-	A	-	-	A	-	-	A	-	A	-	A	-	A	-	-	A
Estanqueidade da torneira de boia	-	A	-	-	A	-	-	A	-	-	A	-	A	-	A	-	A	-	-	A
Estanqueidade da caixa de descarga	-	A	-	-	A	-	-	R	-	-	A	-	A	-	A	-	A	-	-	A
Esforço de acionamento	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	A	-	A	-	A	-	A	-	-	A
Resistência do mecanismo de acionamento	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	A	-	A	-	A	-	A	-	-	A
Resistência ao uso	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	-	A	-	A	-	A	-	-	A
Resistência à carga estática	-	A	-	-	A	-	-	A	-	-	A	-	A	-	A	-	A	-	-	A
RESULTADO FINAL	R	A	R	R	R	R	R	R	R	R	A	R	A	R	A	R	R	R	R	A

A – Aprovada R – Reprovada

5. ESTUDO DE CAMPO

Esta etapa do trabalho teve, como objetivos:

- Verificar como as bacias sanitárias aprovadas na etapa de laboratório se comportam em campo, ou seja, se promovem redução do consumo de água, atrelada ao adequado funcionamento do produto;
- Verificar a relação dos resultados obtidos em campo com os resultados dos ensaios laboratoriais;
- Analisar se houve redução efetiva do consumo de água e, havendo, se essa redução implica em impactos nas redes de esgoto, predial ou pública.

Em busca destes objetivos foi feito um monitoramento do consumo de água das bacias sanitárias instaladas em um conjunto habitacional localizado em Osasco/SP e foram realizadas filmagens na rede pública de esgoto; permitindo, assim, um diagnóstico qualitativo do comportamento em uso.

Primeiramente, foi realizada a seleção das unidades habitacionais onde seria realizado o monitoramento. O conjunto habitacional escolhido é composto por doze casas sobrepostas (seis casas no térreo e seis, no primeiro andar), conforme Figura 61, que apresenta um esquema frontal das unidades. Apesar do conjunto habitacional possuir doze casas, os moradores das casas 9 e 23 não permitiram o monitoramento. Portanto, a etapa de campo foi realizada em dez casas.

Figura 61 - Esquema frontal do conjunto habitacional

Fonte: Autora (2017)

As unidades habitacionais monitoradas estão localizadas em um conjunto habitacional amplo, chamado Conjunto Habitacional Vitória (Osasco-SP), apresentado na Figura 62.

Figura 62 - Vista superior do conjunto habitacional

Fonte: Google Maps (2017)

Este conjunto habitacional foi selecionado devido às características críticas que apresenta: início de rede pública de esgoto e trecho final com baixa declividade, e sem nenhuma contribuição extra. Essas características podem ser visualizadas no esquema da Figura 63.

Figura 63 - Detalhamento da rede pública de esgoto do conjunto habitacional monitorado

Fonte: Autora (2017)

Após a definição das unidades habitacionais a serem monitoradas, foi aplicado um questionário para a caracterização dos usuários e das unidades habitacionais.

O questionário para a caracterização dos usuários tem a função de identificar o número de moradores, idade e hábitos. Esse questionário é importante para análise futura dos dados de consumo.

O questionário de caracterização das unidades habitacionais foi realizado para ajudar no planejamento da troca das bacias sanitárias, a fim de definir o modelo mais adequado para cada unidade habitacional.

Em cada unidade habitacional há 1 banheiro com 1 bacia sanitária com caixa acoplada instalada. Em cada bacia sanitária foi instalado um hidrômetro (entre a saída de água da parede e o flexível que abastece a caixa de descarga). O monitoramento do consumo de água das bacias sanitárias foi realizado por meio da aquisição remota de dados.

Para o monitoramento do consumo de água das bacias sanitárias foram avaliados diferentes equipamentos. Nesta fase, alguns equipamentos para medição e aquisição remota de dados foram selecionados, instalados e testados em laboratório para verificar precisão, confiabilidade, qualidade dos dados, interface e tamanho do equipamento – já que os banheiros em questão eram de pequenas dimensões.

Ao final, foram selecionados os equipamentos apresentados na Figura 64 e na Figura 65, em função das seguintes características:

- Número de leituras por intervalo de tempo compatível com as medidas a serem feitas. A leitura deste equipamento é feita por minuto, ou seja, a cada minuto, o volume acumulado é medido e o dado é armazenado. Como a verificação de descargas duplas é importante para o estudo, foi necessário escolher um equipamento que possibilitasse essa verificação. Assim, se o intervalo de tempo entre as medidas fosse maior do que o tempo de enchimento da caixa de descarga, não seria possível identificar as descargas sucessivas ou verificar se o volume por descarga estava acima dos 4,8 L preestabelecidos;
- Possibilidade de leitura remota dos dados, o que reduzia a interferência na rotina dos moradores. Por se tratar de um estudo invasivo para os moradores que aceitaram colaborar, optou-se por um equipamento que necessitasse do

mínimo possível de visitas, nas residências. Assim, um equipamento que envia os dados via internet, evita visitas diárias para coleta destes dados.

Figura 64 - Vistas superior e lateral do hidrômetro instalado em cada unidade habitacional

Fonte: Autora (2017)

Figura 65 - Equipamento utilizado para captar e enviar os dados coletados pelo hidrômetro

Fonte: Autora (2017)

O recebimento dos dados é feito pela internet. O site fornece os dados de volume acumulado e vazão, a cada minuto do período selecionado. A Figura 66 mostra uma cópia do site de recebimento dos dados. Os dados são, então, copiados e armazenados em uma planilha Excel, para futura análise e tratamento.

38736 - Casa 25

Gráfico de volume acumulado ao longo do tempo

Tabela com valores de volume acumulado por minuto

Figura 66 - Exemplo do fornecimento dos dados de consumo de água das bacias sanitárias, pela internet

Fonte: Autora (2017)

Depois de selecionados, os equipamentos foram instalados, em cada uma das residências, no flexível que abastece a caixa de descarga, conforme Figura 67.

Figura 67 - Instalação do conjunto para coleta de dados nos banheiros

Fonte: Autora (2017)

O consumo de água da bacia sanitária que estava instalada antes do início do estudo foi acompanhado por um mês. Em seguida, foi realizada a troca da bacia sanitária de 6,8 L/descarga por um modelo de 4,8 L/descarga aprovado na etapa laboratorial.

Feita a troca, continuou-se o monitoramento do consumo de água das bacias sanitárias.

Durante o monitoramento, foram aplicados questionários sobre a satisfação dos moradores com o produto, a fim de verificar a necessidade de segunda descarga, a ocorrência frequente de entupimentos ou demais problemas no uso.

O consumo de água total foi considerado a partir das contas mensais de água, fornecidas pela SABESP, para cada residência. Assim, foi possível calcular a porcentagem do consumo referente à bacia sanitária, e se o consumo total de água (de cada unidade) diminuiu, com a troca das bacias sanitárias.

Durante a etapa de campo, do estudo, foram realizadas filmagens da rede pública de esgoto, a fim de verificar problemas. O sistema de filmagem foi utilizado para verificar possíveis danos iniciais na rede de esgoto e para verificar se, após a

instalação de bacias sanitárias de volume reduzido, ocorre algum dano ou entupimento na rede.

O equipamento utilizado (Figura 68 e Figura 69) exibe a imagem e a distância percorrida pela câmera, sendo possível identificar o local exato de um problema.

Figura 68 - Câmera utilizada para filmagem da rede de esgoto

Fonte: Autora (2017)

Figura 69 - Detalhamento do sistema utilizado para filmagem da rede de esgoto

Fonte: Autora (2017)

Também são registrados, pelo equipamento, a data e horário da filmagem e a localização (vide Figura 70).

Figura 70 - Cópia de um instante da 1ª filmagem da rede de esgoto

Fonte: Autora (2017)

5.1. Resultados da etapa de campo

A descrição dos resultados da etapa de campo está dividida da seguinte maneira:

- Aplicação do questionário de caracterização das unidades habitacionais e definição das bacias sanitárias a serem instaladas em cada unidade habitacional;
- Monitoramento do consumo de água
- Aplicação dos questionários de satisfação dos moradores;
- Monitoramento da rede de esgoto.

5.1.1. Aplicação do questionário de caracterização das unidades habitacionais e definição das bacias sanitárias a serem instaladas em cada unidade habitacional

Como citado anteriormente, as cinco bacias sanitárias consideradas aprovadas, na etapa laboratorial, foram instaladas em campo. Como os moradores de dez casas aceitaram participar do estudo, cada modelo foi instalado em duas unidades habitacionais; sendo que, na medida do possível, o mesmo modelo foi instalado na unidade térrea e no andar acima dela, conforme ilustra a Figura 71, em que cada cor de casa representa um modelo de bacia sanitária.

Figura 71 - Distribuição dos modelos de bacias sanitárias nas unidades habitacionais (cada uma das cores representa um modelo)

Fonte: Autora (2017)

As bacias sanitárias avaliadas no estudo (aquelas de 4,8 L/descarga) possuíam dimensões superiores às das bacias sanitárias já instaladas nas unidades habitacionais. Assim, foi necessário um levantamento detalhado das condições de cada banheiro, levando em conta armários existentes, posição da porta e do Box, para definir qual modelo de bacia sanitária poderia ser instalado em cada unidade.

Com os levantamentos realizados *in loco*, montou-se um banco de dados com a planta de cada um dos banheiros e espaço disponível, verificando qual modelo poderia ser instalado em cada unidade. Depois desse levantamento, foi feito um gabarito com as dimensões em planta de cada modelo. Cada uma das casas foi visitada, comprovando, por meio do gabarito, se o modelo selecionado para cada residência poderia, de fato, ser instalado.

Todos esses cuidados foram necessários para que a troca das bacias sanitárias fosse feita no menor tempo possível, sem causar transtornos aos moradores, já que as casas possuíam um único banheiro, que não poderia ficar interditado por muito tempo.

A Figura 72 apresenta, como exemplo, um esquema da planta baixa do banheiro da unidade habitacional nº 17. Essa casa, exemplificada na Figura 72, possui box de vidro e o lavatório era externo ao banheiro. Três modelos de bacia sanitária não puderam ser instalados naquela residência, pois o tamanho era incompatível e não permitiria abertura da porta.

Figura 72 - Definição dos modelos a serem instalados em cada unidade - exemplo da casa 17
 Fonte: Autora (2017)

5.1.2. Monitoramento do consumo de água

Com o equipamento instalado, iniciou-se, em 14/08/15, o monitoramento do consumo de água das bacias sanitárias que estavam nas residências (todas elas de volume de descarga de 6,8 litros). Esse monitoramento anterior à troca das bacias sanitárias, durou cerca de 30 dias. Foi possível observar que o volume total por descarga era próximo de 6,8L e não foram verificados acionamentos sucessivos (quando as descargas ocorrem até 60 segundos após a última medida de vazão registrada).

A substituição das bacias sanitárias existentes, pelos modelos de

4,8L/descarga, ocorreu entre os dias 15 e 17 de setembro de 2015. O Apêndice D apresenta fotos das bacias sanitárias de 6,8 L/descarga e 4,8 L/descarga.

O monitoramento das bacias sanitárias de 4,8 L/descarga teve dois objetivos: avaliar o desempenho do produto – verificado por meio de questionários e pela presença ou ausência de descargas sucessivas – e avaliar se houve redução do consumo de água.

O monitoramento do consumo de água das bacias sanitárias de 4,8 L/descarga ocorreu entre setembro/15 e abril/16. Durante o monitoramento, verificou-se que o volume total por descarga foi próximo de 4,8 L, indicando que não houve alteração, em campo, no volume de descarga obtido em laboratório.

Verificaram-se acionamentos sucessivos nas casas 11, 13, 15, 17 e 19.

As figuras 73 e 74, a seguir, mostram a diferença de uma descarga com um único acionamento e aquela considerada como dois acionamentos sucessivos. As figuras mostram cópias da tabela em excel utilizada para o armazenamento de dados. Na primeira coluna estão apresentados o dia e horário da medição. Na segunda coluna, o tempo entre a medição atual e a anterior, que é de um minuto para todos os casos, devido ao modelo do equipamento escolhido. A terceira coluna mostra o volume consumido pela bacia sanitária no período entre a medição anterior e a atual (ou seja, o volume apresentado na linha X é o volume consumido entre o período da linha X e X-1).

Os questionários para caracterização dos hábitos dos moradores foi realizado durante todo o período do estudo de campo. Nesses questionários, procurou-se obter dados de cada casa, tais como: número de moradores, horários em que comumente os moradores não ficam em casa, horários de pico de uso do banheiro etc. Esses questionários foram aplicados ao longo de todo o estudo de campo, para verificar se houve alterações (principalmente, do número de moradores). A seguir, apresenta-se um resumo dos dados obtidos com os questionários e o detalhamento do consumo de água de cada casa, dividido pelo modelo de bacia sanitária instalada.

CASA 11		
Data e hora	Tempo entre m€	Volume de descarga (L)
21/09/2015 03:33:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:34:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:35:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:36:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:37:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:38:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:39:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:40:00	00:01:00	2
21/09/2015 03:41:00	00:01:00	3
21/09/2015 03:42:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:43:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:44:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:45:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:46:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:47:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:48:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:49:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:50:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:51:00	00:01:00	0
21/09/2015 03:52:00	00:01:00	0

Figura 73 - Exemplo da verificação de um acionamento simples

Fonte: Autora (2017)

CASA 11		
Data e hora	Tempo entre m€	Volume de descarga (L)
04/12/2015 13:16:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:17:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:18:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:19:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:20:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:21:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:22:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:23:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:24:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:25:00	00:01:00	2
04/12/2015 13:26:00	00:01:00	4
04/12/2015 13:27:00	00:01:00	2
04/12/2015 13:28:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:29:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:30:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:31:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:32:00	00:01:00	0
04/12/2015 13:33:00	00:01:00	0

Figura 74 - Exemplo da verificação de dois acionamentos sucessivos

Fonte: Autora (2017)

Na Casa 3, a média do consumo diário da bacia sanitária antes da troca foi de 35L/dia. Considerando dois habitantes, tem-se o consumo de água médio da bacia sanitária de 17,5 L/dia/habitante, logo, aproximadamente, 2,6 descargas/habitante/dia.

Por meio das contas de água, foi possível realizar o levantamento do consumo total da residência, quando estava instalada a bacia sanitária antiga. A Tabela 34 apresenta o consumo de água mensal, total, da Casa 3, em m³:

Ano	2014					2015							
Mês	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
Consumo de água mensal por casa (m³/mês/casa)	1	3	0	5	0	0	0	2	9	2	5	5	4
Média (m³)	2,8												

Assim, o consumo diário médio de água total da Casa 3 foi de 92,3 L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária antiga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 3 representa 37,90% do consumo total de água.

Após a troca das bacias sanitárias, a média do consumo diário da bacia sanitária foi de 22,7 L/dia, ou seja, como não houve alteração no número de moradores, a média do consumo diário da bacia sanitária por habitante foi de 11,4 L, ou seja, 2,4 descargas/habitante/dia. O levantamento do consumo total da residência está apresentado na Tabela 14.

Tabela 11 - Consumo de água total da casa e, após a festa das festas semanais											
Ano	2015				2016						
Mês	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
Consumo de água mensal por casa (m³/mês/casa)	3	0	2	1	0	0	0	1	6	5	3
Média (m³)	1,8										

O consumo diário médio de água total da Casa 3 foi de 60 L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária de 4,8 L/descarga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 3 representa 37,8% do consumo total de água.

A média do consumo diário da bacia sanitária por habitante reduziu de 17,5L/dia/habitante para 11,4 L/dia/habitante. Não houve alteração no número de moradores da casa e, por isso, a média de consumo por habitante foi baseada no uso de duas pessoas, tanto antes quanto depois da troca das bacias sanitárias.

Figura 75 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 3

Fonte: Autora (2017)

Na Casa 5 mora um casal de adultos (uma mulher de 22 anos e um homem de 26 anos). Entretanto, o número de moradores foi alterado ao longo do estudo. Logo no início da instalação da bacia sanitária de 4,8 L/descarga (setembro/15), a casa passou a ter três moradores. Os moradores informaram que a terceira moradora deixou a residência em novembro/15. Assim, a terceira pessoa na casa foi contabilizada por três meses (setembro, outubro e novembro/15). As análises de consumo desta casa foram realizadas levando em consideração a existência de três moradores nestes três meses e apenas dois moradores, no restante do período de monitoramento.

Nos dias úteis, o casal costuma sair de casa às 8h e voltar às 20h, o que implica em um maior uso da bacia sanitária antes e depois deste período. Aos finais de semana, não costumam ficar em casa.

Na Casa 5, a média do consumo diário da bacia sanitária antiga foi de 23,9L/dia. Considerando que houve alteração do número de moradores de 2 para 3, ao longo do estudo, a média do consumo diário da bacia sanitária antiga, por habitante, foi de 12 L, logo, 1,8 descargas/habitante/dia.

Com as contas de água, foi possível realizar o levantamento do consumo total da residência. A Tabela 15 apresenta o consumo de água total mensal da Casa 5, em m³:

Tabela 15 - Consumo de água total da Casa 5, antes da troca das bacias sanitárias

Ano	2014					2015							
Mês	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
Consumo de água mensal por casa (m ³ /mês/casa)	5	5	4	5	5	4	3	3	5	3	3	4	6
Média (m ³)	4,2												

O consumo diário médio de água total da Casa 5 foi de 141 L/dia quando estava instalada a bacia sanitária antiga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 5 representa 17% do consumo total de água.

Após a troca das bacias sanitárias, a média do consumo diário da bacia sanitária passou a ser 21,1 L/dia. Assim, a média do consumo diário da bacia sanitária por habitante foi de 10,6 L, logo, 2,2 descargas/habitante/dia. A Tabela 16 apresenta o consumo de água total mensal da Casa 5, em m³:

Tabela 16 - Consumo de água total da Casa 5, após a troca das bacias sanitárias

Ano	2015				2016						
Mês	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
Consumo de água mensal por casa (m ³ /mês/casa)	5	5	5	3	4	4	4	5	4	4	4
Média (m ³)	4,2										

O consumo diário médio de água total da Casa 5 foi de 140 L/dia quando estava instalada a bacia sanitária de 4,8 L/descarga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 5 representa 14,8% do consumo total de água.

A partir da análise do consumo de água dessa residência, pode-se constatar a redução do consumo médio diário de água da bacia sanitária, por pessoa, de 12L/dia para 10,6 L/dia, conforme a Figura 76.

Figura 76 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 5

Fonte: Autora (2017)

Consumo de água das Casas 7 e 25, onde estavam instaladas bacias sanitárias do modelo nº 2

Na Casa 7 moram dois adultos (ambos de 35 anos) e uma criança (7 anos). O número de moradores da residência não se alterou durante o período de monitoramento do estudo.

A criança frequenta a escola em período integral, das 7h às 19h, sua mãe possui este mesmo horário de trabalho, enquanto o pai trabalha das 12h às 24h. A família costuma ficar em casa aos finais de semana, o que justifica o consumo maior nestes dias.

Na Casa 7, a média do consumo diário da bacia sanitária foi de 37,9 L/dia. Assim, a média do consumo diário da bacia sanitária por habitante foi de 12,6 L, logo, 1,9 descargas/habitante/dia.

A partir da análise do consumo diário da bacia sanitária instalada na casa, antes da troca pelo modelo de 4,8 L/descarga, foi verificada a necessidade de descarga dupla em alguns momentos do dia.

Por meio das contas de água, foi possível realizar o levantamento do consumo total da residência. A Tabela 17 apresenta o consumo de água total mensal da Casa 7, em m³:

Tabela 17 - Consumo de água total da Casa 7, antes da troca das bacias sanitárias

Ano	2014					2015							
Mês	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
Consumo de água mensal por casa (m ³ /mês/casa)	7	9	9	8	6	9	3	5	6	5	6	7	6
Média (m ³)	6,6												

O consumo diário médio de água total da Casa 7 foi 220,5 L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária antiga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 7 representa 17,2% do consumo total de água.

Após a troca das bacias sanitárias, a média do consumo diário da bacia sanitária foi de 25,4 L/dia. Considerando três moradores, a média do consumo diário da bacia sanitária por habitante foi de 8,5 L, logo, 1,8 descargas/habitante/dia.

Foram verificados picos de maior consumo de água da bacia sanitária aos finais de semana e no período de dezembro/15 e janeiro/16. O morador relatou que a família passa um tempo maior em casa, aos finais de semana, e que o período dezembro/janeiro corresponde às férias escolares. A Tabela 18 apresenta o

consumo de água total mensal da Casa 7, em m³:

Tabela 18 - Consumo de água total da Casa 7, após a troca das bacias sanitárias

Ano	2015				2016						
Mês	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
Consumo de água mensal por casa (m ³ /mês/casa)	6	5	6	5	7	8	8	10	10	7	13
Média (m ³)	7,9										

O consumo diário médio de água total da Casa 7 foi 263,3 L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária de 4,8 L/descarga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 7 representa 9,6% do consumo total de água.

A partir da análise do consumo diário da bacia sanitária instalada na casa, antes da troca pelo modelo de 4,8 L (Figura 77), foi verificada a necessidade de descarga dupla em alguns momentos do dia. Após a troca da bacia sanitária, verificou-se a redução do consumo de água diário por habitante de 12,6L/dia para 8,5L/dia.

Figura 77 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 7

Fonte: Autora (2017)

Na Casa 25 moram três pessoas já aposentadas. O número de moradores não se alterou durante o período de análise e monitoramento do estudo.

Todas as refeições são realizadas na residência e os três moradores passam praticamente o dia todo em casa.

Na Casa 25, a média do consumo diário da bacia sanitária foi de 81,1 L/dia. Considerando três moradores, a média do consumo diário da bacia sanitária por habitante foi de 27 L, logo, 3,9 descargas/habitante/dia.

Foi verificado que o volume de água consumido por descarga, antes da troca das bacias, era de 6 L.

Por meio das contas de água, foi possível realizar o levantamento do consumo total da residência. A Tabela 19 apresenta o consumo de água total, mensal, da Casa 25, em m³:

O consumo diário médio de água total da Casa 25 foi 425,6 L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária antiga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 25 representa 19,10% do consumo total de água.

Tabela 19 - Consumo de água total da Casa 25, antes da troca das bacias sanitárias

Ano	2014					2015							
Mês	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
Consumo de água mensal por casa (m ³ /mês/casa)	10	14	14	14	21	15	13	13	12	8	11	10	11
Média (m ³)	12,8												

Após a troca das bacias sanitárias, a média do consumo diário da bacia sanitária foi de 78,3 L/dia. Considerando três moradores, a média do consumo diário da bacia sanitária por habitante foi de 26,1 L, logo, 5,4 descargas/habitante/dia. A Tabela 20 apresenta o consumo de água total mensal da Casa 25, em m³:

Tabela 20 - Consumo de água total da Casa 25, após a troca das bacias sanitárias

Ano	2015				2016						
Mês	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
Consumo de água mensal por casa (m ³ /mês/casa)	13	10	10	16	17	14	18	16	11	11	9
Média (m ³)	13,2										

O consumo diário médio de água total da Casa 25 foi de 440 L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária de 4,8 L/descarga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 25 representa 17,8% do consumo total de água.

Conforme é apresentado na Figura 78, ao final das análises constatou-se a redução do consumo médio de água na bacia sanitária por pessoa, de 27L/dia para 26,1 L/dia. O consumo se manteve constante, de uma forma geral, durante todo o monitoramento, exceto por alguns picos aos finais de semana. Foi verificado que o

volume de água consumido por descarga, antes da troca das bacias, era de 6 L. Após a troca, o volume passou a ser de, aproximadamente, 5 L.

Figura 78 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 25

Fonte: Autora (2017)

Consumo de água das Casas 11 e 13, onde estavam instaladas bacias sanitárias do modelo nº 13

O número de moradores na Casa 11 é de três pessoas, sendo dois adultos e uma criança. Durante as visitas realizadas ao longo do monitoramento, verificou-se grande variação no número de pessoas da casa. Por estimativa da moradora, foi considerado o número inicial de pessoas na residência até a primeira quinzena de dezembro/15 e cinco moradores até o final do período de análise do estudo.

A criança frequenta a escola das 8h às 18h e sua mãe trabalha das 7h às 13h. Assim, provavelmente, o maior uso da bacia sanitária será observado nos períodos da tarde e da noite, quando todos estão em casa.

Na Casa 11, a média do consumo diário da bacia sanitária foi de 56,8 L/dia. Considerando que houve alteração do número de moradores de dois para três, a média do consumo diário da bacia sanitária por habitante foi de 15,9 L, logo, 2,3 descargas/habitante/dia.

Devido à perda de dados do equipamento, no período inicial do estudo, poucos dias puderam ser contabilizados para cálculo da média.

Por meio das contas de água, foi possível realizar o levantamento do consumo total da residência. A Tabela 21 apresenta o consumo de água total mensal da Casa 11, em m³:

Tabela 21 - Consumo de água total da Casa 11, antes da troca das bacias sanitárias

Ano	2014					2015							
Mês	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
Consumo de água mensal por casa (m ³ /mês/casa)	28	26	22	27	37	29	27	43	31	27	33	32	25
Média (m ³)	29,8												

O consumo diário médio de água total da Casa 11 foi de 992,3 L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária antiga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 11 representa 5,7% do consumo total de água. Entretanto, durante as visitas realizadas, constataram-se vazamentos no sistema hidráulico da casa (mas, não, na bacia sanitária).

Após a troca das bacias sanitárias, a média do consumo diário da bacia sanitária foi de 127,9 L/dia. Considerando cinco habitantes, a média do consumo diário da bacia sanitária por habitante foi de 25,6 L, logo, 5,3 descargas/habitante/dia.

O consumo maior de água, na bacia sanitária, em alguns dias de dezembro/15, justificou-se por visitas esporádicas de parentes, neste período.

A Tabela 22 apresenta o consumo de água total mensal da Casa 11, em m³.

Tabela 22 - Consumo de água total da Casa 11 após a troca das bacias sanitárias

Ano	2015				2016						
Mês	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
Consumo de água mensal por casa (m ³ /mês/casa)	18	19	12	20	20	20	18	17	21	22	24
Média (m ³)	19,3										

Assim, o consumo diário médio de água total da Casa 11 foi de 643,3 L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária de 4,8 L/descarga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 11 representa 19,9% do consumo total de água.

Na análise do consumo da Casa 11, apresentada na Figura 79, foi verificado o aumento do consumo médio de água na bacia sanitária por pessoa de 15,9L/dia para 25,6L/dia. Contudo, devido à perda de dados do equipamento, no período inicial do estudo, poucos dias puderam ser contabilizados para cálculo da média.

Figura 79 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 11

Fonte: Autora (2017)

Na Casa 13, o número de moradores é de duas pessoas (uma senhora – idade não informada – e sua neta de 25 anos). O número de moradores não se alterou durante todo o período de monitoramento do estudo.

Quando questionada sobre a rotina da casa, a senhora informou que sua neta trabalha todos os dias, exceto às segundas-feiras, das 8h às 18h. Esporadicamente,

O consumo diário médio de água total da Casa 13 foi de 130L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária de 4,8 L/descarga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 13 representa 28,4% do consumo total de água.

Na análise do consumo da bacia sanitária anterior à troca, verificaram-se enchimento lento da caixa de descarga e volume aproximado de 5 L/descarga. Ao final das análises, foi verificado o aumento do consumo médio de água na bacia sanitária por pessoa de 12,5L/dia para 18,5L/dia, conforme Figura 80.

Figura 80 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 13

Fonte: Autora (2017)

[illegible]

O consumo diário médio de água total da Casa 15 foi de 596,7 L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária de 4,8 L/descarga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 15 representa 31,7% do consumo total de água.

Ao final das análises, foi constatado o aumento do consumo médio de água na bacia sanitária, por pessoa, de 20,8 L/dia para 22,8 L/dia (Figura 81). O consumo se manteve constante, de uma forma geral, durante o estudo.

Figura 81 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 15

Fonte: Autora (2017)

Na Casa 17 mora uma adulta, uma adolescente (16 anos) e uma criança (7 anos). O número de moradores da residência não se alterou durante o período de monitoramento do estudo.

A criança frequenta a escola no período vespertino, das 13h às 19h, as outras duas moradoras trabalham das 7h às 16h.

Nesta casa, a média do consumo diário da bacia sanitária foi de 44 L/dia. Assim, considerando três moradores, a média do consumo diário da bacia sanitária por habitante foi de 14,7 L, logo, 3,3 descargas/habitante/dia. Verificou-se que o volume de água consumido por descarga da bacia sanitária, que estava instalada antes da troca pelos modelos de 4,8 L/descarga, era de 4,5 L.

Por meio das contas de água, foi possível realizar o levantamento do consumo total da residência. A Tabela 27 apresenta o consumo de água total mensal da Casa 17, em m³:

Tabela 27 - Consumo de água total da Casa 17, antes da troca das bacias sanitárias

Ano	2014					2015							
Mês	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
Consumo de água mensal por casa (m³/mês/casa)	11	13	12	13	16	17	15	15	13	10	11	9	13
Média (m³)	12,9												

O consumo diário médio de água total da Casa 17 foi de 430,8 L/dia quando estava instalada a bacia sanitária antiga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 17 representa 7,9% do consumo total de água.

Após a troca das bacias sanitárias, a média do consumo diário da bacia sanitária foi de 58,5 L/dia. Considerando três moradores, a média do consumo diário da bacia sanitária por habitante foi de 19,5 L, logo, 4,1 descargas/habitante/dia. Foram verificados picos de consumo em dias alternados da semana, provavelmente os dias em que havia mais pessoas em casa.

Por meio das contas de água, foi possível realizar o levantamento do consumo total da residência. A Tabela 28 apresenta o consumo de água total mensal da Casa 17, em m³:

Tabela 28 - Consumo de água total da Casa 17, após a troca das bacias sanitárias

Ano	2015				2016						
Mês	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
Consumo de água mensal por casa (m³/mês/casa)	11	14	11	10	8	12	12	11	12	9	9
Média (m³)	10,8										

O consumo diário médio de água total da Casa 17 foi de 360L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária de 4,8 L/descarga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 17 representa 9,8% do consumo total de água.

A partir da análise do consumo diário da bacia sanitária instalada na casa, antes da troca pelo modelo de 4,8 L, verificou-se que o volume de água por descarga já era bastante reduzido (4,5 litros). Após a troca, o volume médio por descarga foi de 4,8 L. Conforme é apresentado na Figura 82, a bacia apresentou aumento do consumo de água por habitante de 14,7L/dia para 19,5L/dia.

Figura 82 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 17

Fonte: Autora (2017)

Consumo de água das Casas 19 e 21, onde estavam instaladas bacias sanitárias do modelo nº 20

Na casa 19 moram quatro adultos e dois bebês. O número de moradores da residência não se alterou durante o período de monitoramento do estudo.

Os moradores passam grande parte do dia em casa, exceto um adulto que trabalha das 4h às 14h.

A média do consumo diário da bacia sanitária foi de 45,9 L/dia. Considerando quatro moradores, a média do consumo diário da bacia sanitária por habitante foi de 11,5 L, logo, 1,7 descargas/habitante/dia. Para o cálculo do consumo de água por habitante, foram contabilizados apenas os quatro adultos, já que os bebês da residência têm menos de 1 ano.

A partir da análise dos dados de consumo, verificou-se que a bacia sanitária anterior à troca utilizava, em média, 7 L/descarga.

Por meio das contas de água, foi possível realizar o levantamento do consumo total da residência. A Tabela 29 apresenta o consumo de água total mensal da Casa 19, em m³:

Tabela 29 - Consumo de água total da Casa 19, antes da troca das bacias sanitárias

Ano	2014					2015							
Mês	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago
Consumo de água mensal por casa (m ³ /mês/casa)	17	16	14	14	12	11	17	11	10	12	13	12	13
Média (m ³)	13,2												

O consumo diário médio de água total da Casa 19 foi de 441 L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária antiga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 19 representa 10,40% do consumo total de água.

Após a troca das bacias sanitárias, a média do consumo diário da bacia sanitária foi de 63,5 L/dia. A média do consumo diário da bacia sanitária por habitante foi de 15,9 L, logo, 3,3 descargas/habitante/dia (Por existir um bebê de 1 ano e um recém-nascido, na residência, foram contabilizados apenas os quatro adultos para obtenção desta média).

Por meio das contas de água, foi possível realizar o levantamento do consumo total da residência. A Tabela 30 apresenta o consumo de água total mensal da Casa 19, em m³:

Tabela 30 - Consumo de água total da Casa 19, após a troca das bacias sanitárias

Ano	2015				2016						
Mês	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
Consumo de água mensal por casa (m³/mês/casa)	9	9	7	10	14	7	10	12	12	8	10
Média (m³)	9,9										

O consumo diário médio de água total da Casa 19 foi de 330L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária de 4,8 L/descarga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 19 representa 19,2% do consumo total de água.

Na análise do consumo na bacia sanitária, observado ao final do monitoramento, pode-se constatar o aumento do consumo de água médio por pessoa de 11,5L/dia para 15,9L/dia, conforme a Figura 83. A partir da análise dos dados de consumo, verificou-se que a bacia sanitária anterior à troca gastava, em média, 7L/descarga. Após a troca, o volume gasto por descarga passou a ser de, aproximadamente, 4,5 L.

Figura 83 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 19

Fonte: Autora (2017)

Na casa 21 moram duas pessoas, uma adulta (50 anos) e uma criança (7 anos). O número de moradores não se alterou durante o período de análise e monitoramento do estudo.

A moradora possui um salão de beleza próximo à sua residência, onde passa praticamente o dia todo. Sua neta frequenta a escola das 7h às 14h, onde almoça. A moradora tirou férias na segunda quinzena de janeiro/15, quando o consumo de água foi zero e, portanto, desconsiderado na média de consumo da residência. Em uma das visitas em campo, a moradora informou que recebe visitas de seu sobrinho,

que costuma ficar em sua casa por alguns dias, mas não soube informar ao certo essa periodicidade.

Nesta casa, a média do consumo diário da bacia sanitária foi de 42,8 L/dia. Considerando duas moradoras, a média do consumo diário da bacia sanitária por habitante foi de 21,4 L, logo, 3,1 descargas/habitante/dia.

Verificou-se, por meio dos dados de consumo, o enchimento mais lento da caixa de descarga, com a utilização de, em média, 6L/descarga.

Por meio das contas de água, foi possível realizar o levantamento do consumo total da residência. A Tabela 31 apresenta o consumo de água total mensal da Casa 21, em m³:

Tabela 31 - Consumo de água total da Casa 21, antes da troca das bacias sanitárias

[illegible]

O consumo diário médio de água total da Casa 21 foi de 192,3 L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária antiga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 21 representa 21,3% do consumo total de água.

Após a troca das bacias sanitárias, a média do consumo diário da bacia sanitária foi de 33,2 L/dia. Considerando duas moradoras, a média do consumo diário da bacia sanitária por habitante foi de 16,6 L, logo, 3,5 descargas/habitante/dia.

O pico de consumo observado durante o mês de dezembro/15 pode ser justificado pelo fato de ser um período de férias escolares e, conseqüentemente, as moradoras passaram mais tempo em casa.

Por meio das contas de água, foi possível realizar o levantamento do consumo total da residência. A Tabela 32 apresenta o consumo de água total mensal da Casa 21, em m³:

Tabela 32 - Consumo de água total da Casa 21, após a troca das bacias sanitárias

Tabela 02 - Consumo de água total da Casa 21, após a troca das latias sanitando											
Ano	2015				2016						
Mês	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul
Consumo de água mensal por casa (m³/mês/casa)	2	4	4	12	2	2	4	4	2	3	2
Média (m³)	3,9										

O consumo diário médio de água total da Casa 21 foi de 130L/dia, quando estava instalada a bacia sanitária de 4,8 L/descarga. Comparando esse consumo total com o consumo médio da bacia sanitária, tem-se que o volume de água consumido pela bacia sanitária da Casa 21 representa 25,5% do consumo total de água.

Na análise do consumo médio, observado ao final do monitoramento, pode-se constatar a redução do consumo de água médio, por pessoa, na bacia sanitária, de 21,4L/dia para 16,6L/dia, conforme a Figura 84. Antes da troca das bacias sanitárias, verificou-se o enchimento mais lento da caixa de descarga, que gastava em média 6L/descarga. Após a troca, o volume gasto por descarga passou a ser de, aproximadamente, 5L.

O pico de consumo observado durante o mês de dezembro pode ser justificado pelo fato de ser um período de férias escolares e, conseqüentemente, as moradoras passarem mais tempo em casa.

Figura 84 - Consumo diário de água da bacia sanitária da Casa 21

Fonte: Autora (2017)

Consumo de água médio de todas as casas monitoradas antes e depois da troca das bacias sanitárias

Com a realização dos questionários, foi possível obter o número de moradores de cada casa, apresentado resumidamente na Tabela 33, para facilitar a visualização dos dados.

Tabela 33 - Resumo dos dados obtidos na aplicação do questionário de caracterização dos usuários

Nº da casa	Nº de moradores
03	2 adultos
05	2 adultos até set/15 3 adultos a partir de out/15
07	2 adultos e uma criança
11	2 adultos e uma criança até set/15 3 adultos e uma criança a partir de out/15
13	2 adultos
15	4 adultos e uma criança
17	2 adultos e uma criança
19	4 adultos e 2 bebês
21	1 adulto e uma criança
25	3 adultos (aposentados)

Confrontados os dados de número de habitantes por residência, obtidos nos questionários, com o consumo diário das bacias sanitárias, verifica-se, nessa fase inicial (antes da troca das bacias sanitárias), que a média geral do consumo de água da bacia sanitária de todas as unidades habitacionais monitoradas foi de 16,6 litros por habitante por dia, conforme gráfico a seguir:

Figura 85 - Gráfico da média diária de consumo da bacia sanitária por habitante - quando estavam instaladas bacias sanitárias de 6,8 L/descarga

Fonte: Autora (2017)

A Tabela 34, a seguir, apresenta os dados detalhados de consumo da bacia sanitária e consumo total, de cada residência, quando estavam instaladas bacias sanitárias de 6,8 L/descarga.

Tabela 34 - Consumo de água das bacias sanitárias por casa monitorada, quando estavam instaladas bacias sanitárias de 6,8 L

Casa	Consumo médio diário da <u>bacia</u> antes da troca (L)	Consumo médio diário da <u>residência</u> nos últimos 12 meses (L)	Relação entre consumo da bacia e consumo da residência	Consumo médio diário das bacias por habitante (L/habitante x dia)	Número de pessoas que passa o dia na residência	Número considerado de moradores
3	35,0	92,3	37,90%	17,5	0	2
5	23,9	141,0	17,00%	12,0	0	2
7	37,9	220,5	17,20%	12,6	0	3
11	56,8	992,3 ^(*)	5,70% ^(*)	15,2	1	3,5
13	25,0	138,5	18,10%	12,5	1	2
15	103,9	430,8	24,10%	20,8	2	5
17	44,0	553,8	7,90%	14,7	0	3
19	45,9	441,0	10,40%	11,5	3	4
21	42,8	192,3	22,30%	21,4	1	2
25	81,1	425,6 ^(*)	19,10% ^(*)	27,0	3	3
Média	49,5 L	276,3 L	19,4%	16,6	-	-

^(*) verificado vazamento no sistema hidráulico (mas, não, na bacia sanitária). O vazamento não foi completamente solucionado até o final do estudo. Assim, esses valores não foram considerados no cálculo da média.

Depois da troca das bacias sanitárias, a média geral do consumo de água da bacia sanitária de todas as unidades habitacionais monitoradas foi de 17,6 litros/habitante/dia, conforme gráfico a seguir:

Figura 86 - Gráfico da média diária de consumo da bacia sanitária por habitante - depois da troca das bacias sanitárias por aquelas de 4,8 L

Fonte: Autora (2017)

A Tabela 35 apresenta os dados detalhados de consumo da bacia sanitária e consumo total, de cada residência, quando estavam instaladas bacias sanitárias de 4,8 L/descarga.

Tabela 35 - Consumo de água das bacias sanitárias por casa monitorada, quando estavam instaladas as bacias sanitárias de 4,8 L

Casa	Consumo médio diário da bacia depois da troca (L)	Consumo médio diário da residência após a troca (L)	Relação entre consumo da bacia e consumo da residência	Consumo médio diário das bacias por habitante (L/habitante x dia)	Número de pessoas que passa o dia na residência	Número total de moradores
3	22,7	60,0	37,8%	11,4	0	2
5	21,1	140,0	14,8%	10,6	0	2
7	25,4	263,3	9,6%	8,5	0	3
11	127,9	643,3 ^(*)	19,9% ^(*)	25,6	3	5 ^(**)
13	36,9	130,0	28,4%	18,5	1	2
15	114,1	360,0	31,7%	22,8	2	5
17	58,5	596,7	9,8%	19,5	0	3
19	63,5	330,0	19,2%	15,9	3	4
21	33,2	130,0	25,5%	16,6	0	2 ^(**)
25	78,3	440,0 ^(*)	17,8% ^(*)	26,1	3	3
Média	58,2	251,6	22,1%	17,6	-	-

^(*) verificado vazamento no sistema hidráulico (mas, não, na bacia sanitária). O vazamento não foi solucionado até o final do estudo. Assim, esses valores não foram considerados no cálculo da média.

^(**) houve aumento do número de moradores durante o monitoramento.

^(***) recebe, com frequência, um visitante, que permanece por longos períodos.

5.1.3. Aplicação do questionário de satisfação dos usuários

Ao longo de toda a etapa de campo do estudo foram realizados questionários, para verificar a satisfação dos usuários com relação ao desempenho da bacia sanitária. Os modelos dos questionários realizados durante a etapa de campo, do estudo, estão apresentados no Apêndice C.

Foram realizadas outras visitas ao local, a cada 20 dias, durante as quais os moradores podiam reportar eventuais problemas.

No primeiro questionário realizado depois da troca das bacias sanitárias (final de setembro/15), nenhum usuário relatou problemas de funcionamento nas bacias sanitárias, tais como entupimentos, odores na residência (verificados quando a bacia sanitária não faz a adequada reposição do fecho hídrico) ou necessidade de utilização de escova para limpeza da bacia sanitária. Dois moradores de duas casas distintas relataram que raramente era necessário acionar uma segunda descarga, para remoção completa dos dejetos.

O segundo questionário foi realizado em 20/01/16. Nesta visita, foram constatados os seguintes problemas:

- Os moradores da Casa 5 relataram baixo volume de água na descarga, volume este necessário para a lavagem de parede e remoção dos dejetos. Durante a visita foi constatado que o botão de acionamento da descarga estava mal regulado, portanto, os usuários não conseguiam acionar a descarga completa. O ajuste foi realizado e a satisfação do morador foi verificada na visita seguinte. Os dados referentes a este período foram descartados.
- Os moradores da Casa 25 relataram que o consumo total da residência aumentou significativamente (de, em média, 10m³ para 16m³ ao mês), no mês de dezembro/15. Verificou-se, no hidrômetro que monitorava a descarga, que o problema não advinha da bacia sanitária, mas foi constatado que, mesmo sem o uso de nenhum aparelho sanitário, o hidrômetro de entrada da casa continuava mostrando o aumento do volume de água consumido na residência, o que indica um possível vazamento. Em função deste problema, os dados de consumo total da residência foram desconsiderados nos cálculos das médias.

Ao final do monitoramento (abril/16), foi realizado o último questionário de satisfação e nenhum dos moradores relatou problemas relacionados à nova bacia sanitária.

5.1.4. Monitoramento da rede de esgoto

O monitoramento da rede de esgoto foi feito por meio de filmagens, cujo detalhamento está apresentado a seguir:

Foram realizadas cinco filmagens da rede pública de esgoto durante todo o estudo de campo. O monitoramento de campo começou em 14/08/15 e a troca das bacias sanitárias que estavam instaladas nas residências (por bacias sanitárias de 4,8 L/descarga) foi realizada entre os dias 15 e 17/09/15. As cinco filmagens foram realizadas nos dias 28/08/15, 19/11/15, 28/01/16, 03/03/16 e 11/04/16. Assim, a primeira filmagem foi realizada antes da troca das bacias sanitárias e, as filmagens seguintes, após a instalação das bacias sanitárias de 4,8 L/descarga.

No dia 28/08/15, foi realizada a limpeza da tubulação, evitando que a sujeira acumulada na rede até aquele momento interferisse nos resultados do estudo.

A linha do tempo da realização das filmagens está detalhada na Figura 87.

Figura 87 - Linha do tempo da realização das filmagens

Fonte: Autora (2017)

Os itens de 5.1.4.1 a 5.1.4.6 apresentam o relato das principais constatações das filmagens executadas, ao longo do estudo.

Na Figura 88 estão indicados os trechos nº 1 e nº 2, que foram filmados. Para verificar quaisquer danos ou ocorrências, a câmera seguiu do PV 2 ao PV 1, do PV 1 ao PV 2, do PV 2 ao PV 3 e do PV 3 ao PV 2.

Figura 88 - Detalhamento dos trechos de filmagem da rede pública de esgoto

Fonte: Autora (2017)

5.1.4.1. Filmagem inicial da rede pública de esgoto

Durante esta filmagem, realizada dia 28/08/15, não foram constatados danos na tubulação que pudessem interferir no estudo. Foi encontrado um galho atravessado na tubulação, na saída do ramal predial da Casa 25 (Figura 89). Apesar

disso, constatou-se que não havia acúmulo de resíduos próximo a ele. Portanto, não estava impedindo o escoamento.

Figura 89 - Detalhamento do galho verificado na filmagem do dia 28/08/15

Fonte: Autora (2017)

Nenhum outro dano foi verificado na filmagem realizada em 28/08/15.

5.1.4.2. Segunda filmagem da rede de esgoto

Na segunda filmagem (19/11/15), foram identificadas as seguintes ocorrências:

- No trecho de filmagem nº 1, a 3 metros do PV 2, a tubulação estava afogada, ou seja, com acúmulo de sólido e líquido próximo ao PV 2, conforme a Figura 90.

Figura 90 - Detalhamento da obstrução verificada na filmagem de 19/11/15, próxima ao PV 2

Fonte: Autora (2017)

- No trecho de filmagem nº 1, a 9 metros do PV2, havia um galho atravessado no ramal, conforme a Figura 91.

Figura 91 - Detalhamento do galho encontrado na filmagem de 19/11/15

Fonte: Autora (2017)

- No trecho de filmagem nº 1, a 14 m do PV 1, a tubulação começa a ficar escura, o que indica que esta tubulação esteve cheia recentemente.

Figura 92 - Detalhamento da tubulação escura verificada na filmagem de 19/11/15

Fonte: Autora (2017)

- No trecho de filmagem nº 2, a 15 metros do PV 2, foi constatada uma obstrução.

Figura 93 - Detalhamento da obstrução verificada na filmagem de 19/11/15

Fonte: Autora (2017)

5.1.4.3. Terceira filmagem da rede de esgoto

Na terceira filmagem, realizada em 28/01/16, apenas o trecho nº 1 foi filmado e foram constatadas as seguintes ocorrências:

- No trecho de filmagem nº 1, a tubulação estava afogada, ou seja, com acúmulo de sólido e líquido próximo ao PV 2, conforme ilustra a Figura 94 e a Figura 95.

Figura 94 - Esquema do acúmulo de sólidos, verificado na terceira filmagem da rede de esgoto, próximo ao PV 2

Fonte: Autora (2017)

Figura 95 - Acúmulo de sólidos verificado na terceira filmagem da rede de esgoto, próximo ao PV 2

Fonte: Autora (2017)

- No trecho de filmagem nº 1, a 9 metros do PV 2, havia um galho atravessado no ramal, conforme a Figura 96.

Figura 96 - Galho, com possível acúmulo de papel higiênico, verificado na filmagem do dia 28/01/16

Fonte: Autora (2017)

- No trecho de filmagem nº 1, a 21 metros do PV 2, a tubulação começa a ficar escura, o que indica que esta tubulação esteve cheia recentemente.

Figura 97 - Detalhamento da tubulação escura, verificada na filmagem de 28/01/16

Fonte: Autora (2017)

5.1.4.4. Quarta filmagem da rede de esgoto

Na quarta filmagem, realizada em 03/03/16, foram constatadas as seguintes ocorrências:

- O PV 2 esteve cheio de água e resíduos recentemente, conforme Figura 98.

Figura 98 - Detalhamento do PV 2, na filmagem de 03/03/16

Fonte: Autora (2017)

- No trecho de filmagem nº 1, a tubulação estava afogada, ou seja, com acúmulo de sólido e líquido próximo ao PV 2, conforme ilustra a Figura 99.

Figura 99 - Acúmulo de sólidos, verificado na filmagem da rede de esgoto de 03/03/16, próximo ao PV 2

Fonte: Autora (2017)

- No trecho de filmagem nº 1, a 32 metros do PV 1 (ou seja, a 9 metros do PV 2), havia um galho atravessado no ramal, conforme a Figura 99.

Figura 100 - Galho, com possível acúmulo de papel higiênico, verificado na filmagem do dia 03/03/16

Fonte: Autora (2017)

- No trecho de filmagem nº 1, a 20 metros do PV 2, a tubulação começa a ficar escura, o que indica que esta tubulação esteve cheia recentemente.

Figura 101 - Detalhamento da tubulação escura verificada na filmagem de 03/03/16

Fonte: Autora (2017)

- No trecho de filmagem nº 2 foi constatado um acúmulo de sólidos, a 15 metros do PV 2, possivelmente ocasionado pelo deslocamento de junta, conforme a Figura 102.

Figura 102 - Detalhamento do acúmulo de sólidos, verificado no trecho nº 2, na filmagem de 03/03/16

Fonte: Autora (2017)

- No trecho de filmagem nº 2, a tubulação estava afogada, ou seja, com acúmulo de sólido e líquido, próximo ao PV 3, conforme ilustra a Figura 103.

Figura 103 - Acúmulo de sólidos, verificado na filmagem da rede de esgoto de 03/03/16, próximo ao PV 3
Fonte: Autora (2017)

5.1.4.5. Quinta filmagem da rede de esgoto

Na última filmagem, realizada em 12/04/16, o acúmulo de sólidos continuou sendo verificado. Foi constatada tubulação afogada próxima ao PV 2, no trecho de filmagem nº 1, e tubo com sedimentos acumulados, no trecho de filmagem nº 2 (próximo ao PV 3).

- No trecho de filmagem nº 1, a tubulação estava afogada, ou seja, com acúmulo de sólido e líquido, próximo ao PV 2, conforme ilustra a Figura 104.

Figura 104 - Acúmulo de sólidos, verificado na filmagem da rede de esgoto de 12/04/16, próximo ao PV 2
Fonte: Autora (2017)

- No trecho de filmagem nº 1, a 32 metros do PV 1 (ou seja, a 9 metros do PV 2), havia um galho atravessado no ramal, conforme Figura 105.

Figura 105 - Galho verificado na filmagem do dia 12/04/16

Fonte: Autora (2017)

- No trecho de filmagem nº 1, a 20 metros do PV 2, a tubulação começa a ficar escura, o que indica que esta tubulação esteve cheia recentemente.

Figura 106 - Detalhamento da tubulação escura verificada na filmagem de 12/04/16

Fonte: Autora (2017)

- No trecho de filmagem nº 2 foi constatado um acúmulo de sólidos, a 15 metros do PV 2, possivelmente ocasionado pelo deslocamento de junta, conforme Figura 107.

Figura 107 - Detalhamento do acúmulo de sólidos, verificado no trecho nº 2, na filmagem de 12/04/16

Fonte: Autora (2017)

- No trecho de filmagem nº 2, a tubulação estava afogada, ou seja, com acúmulo de sólido e líquido, próximo ao PV 3, conforme ilustra a Figura 108.

Figura 108 - Acúmulo de sólidos, verificado na filmagem da rede de esgoto de 12/04/16, próximo ao PV 3
Fonte: Autora (2017)

5.1.4.6. Resumo dos resultados das filmagens da rede de esgoto

Ao longo dos oito meses de monitoramento de campo, verificou-se o acúmulo progressivo de sólidos na tubulação da rede pública de esgoto. A Figura 109 apresenta um resumo das constatações verificadas nestas filmagens.

Desde a primeira filmagem realizada após a instalação das bacias sanitárias de 4,8 L/descarga (filmagem de 19/11/15), já foi possível identificar dois pontos da rede pública de esgoto com obstruções. Nas filmagens seguintes, esses pontos mantiveram-se com obstruções e foram observados novos pontos com problemas, a partir de março/16.

Outra constatação observada durante as filmagens foi a tubulação escura a partir de certos pontos da rede de esgoto, o que indica que a tubulação esteve cheia pouco tempo antes da filmagem. Isso já pôde ser observado na filmagem de 19/11/15, logo no início do trecho nº 1, que é início da rede pública de esgoto – e possui alta declividade (8,9%).

Figura 109 - Resumo das constatações verificadas nas filmagens da rede de esgoto

Fonte: Autora (2017)

Devido ao grande número de obstruções e assoreamento, verificados durante as filmagens da rede pública de esgoto, decidiu-se averiguar se a declividade da rede estava adequada.

A fim de testar se a declividade da tubulação pública de esgoto seria maior do que a mínima necessária, utilizou-se o método de tensão trativa. Os dados investigados, em campo e em planta, estão indicados na Figura 110.

Figura 110 - Detalhamento da rede pública de esgoto do conjunto habitacional monitorado

Fonte: Autora (2017)

Tem-se que a tensão trativa (σ) é igual a $\gamma R_H l$, em que:

$$\gamma = 10^4 \text{ N/m}^3$$

R_H para diâmetro de 150 mm e lâmina d'água igual a 75% do diâmetro = 0,0446 m

$$\sigma \geq 1,0 \text{ Pa}$$

Assim, a declividade (l) deve ser maior ou igual a 0,0022 m/m, condição atendida para ambos os trechos analisados.

Outra situação que deve ser atendida é a da velocidade máxima.

Tem-se que a velocidade na tubulação é igual a $6\sqrt{(g R_H)}$. Assim, para:

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$R_H = 0,0446 \text{ m}$$

A velocidade é 3,96 m/s, que é menor do que a velocidade crítica (5 m/s).

Ambos os trechos atendem ao critério de tensão trativa e possuem declividade maior do que a mínima necessária, de acordo com este método.

Entretanto, foram verificados pontos de acúmulo de sólidos em ambos os trechos, indicando que a declividade não é suficiente para essa situação.

Como o trecho analisado do sistema de esgoto é o trecho inicial da rede, a verificação da declividade mínima pelo critério de tensão trativa não é aplicável, pois esse método considera que o regime de escoamento é permanente, o que não ocorre neste trecho. Como há contribuição de apenas 12 casas pequenas (com um banheiro cada), nestes trechos, ou seja, pouca contribuição, não é adequado aplicar esse critério. Por aproximação, esse critério poderia ser aplicado nos trechos à jusante da rede, onde há contribuição de mais casas deste conjunto habitacional.

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A substituição de bacias sanitárias de 6,8 L/descarga por bacias sanitárias de 4,8 L/descarga, teoricamente, reduz o consumo de água em 2 L a cada descarga. Entretanto, a redução do volume de descarga deve estar aliada ao desempenho da bacia sanitária para que a redução do consumo total de água ocorra, pois, caso a bacia sanitária não apresente desempenho satisfatório para o usuário, o mesmo dará duas ou mais descargas – e a redução não ocorrerá.

O estudo apresentado nesta dissertação focou na avaliação, laboratorial e de campo, do impacto que a substituição de bacias sanitárias de 6,8 L/descarga por aquelas de 4,8 L/descarga resulta, a fim de verificar se há efetiva redução do consumo de água para os usuários, sem ocasionar entupimento e depósito de sólidos na tubulação do sistema predial e público de esgoto sanitário.

A seguir, nos itens 6.1 e 6.2, estão detalhadas as análises dos resultados do estudo laboratorial e de campo, respectivamente.

6.1. Análise dos resultados do estudo laboratorial

Os ensaios laboratoriais foram realizados em vinte bacias sanitárias, com caixa acoplada e acionamento simples de 4,8 L/descarga, de sete fabricantes distintos. A Figura 111 mostra o volume consumido por descarga de cada bacia sanitária ensaiada, tanto na condição de baixa pressão (30kPa) quanto na condição de alta pressão (400kPa). Como pode ser visto, todas utilizavam $4,8 \pm 0,4$ L/descarga.

Figura 111 - Resultado do ensaio de volume consumido por descarga

Fonte: Autora (2017)

Os resultados dos demais ensaios laboratoriais mostraram que 95% das bacias sanitárias avaliadas na fase 1 (detalhamento item 4.2.1.1) foram capazes de remover as mídias de ensaio da própria bacia sanitária (considerando os ensaios de remoção de esferas – apresentado na Figura 112 –, remoção de mídia composta e remoção de grânulos), mas 20% das bacias sanitárias foram reprovadas no ensaio de transporte de sólidos (apresentado na Figura 113), ou seja, não forneceram vazão suficiente na descarga para que as mídias de ensaio fossem transportadas ao longo da tubulação, que simula o condutor horizontal, pela distância mínima de 10 metros. O que indica que o maior problema encontrado na redução do volume de descarga pode estar na remoção dos sólidos da rede de esgoto.

Figura 112 - Resultado do ensaio de remoção de esferas

Fonte: Autora (2017)

Figura 113 - Resultado do ensaio de transporte de sólidos

Fonte: Autora (2017)

Além disso, 5% das bacias sanitárias ensaiadas foram reprovadas no ensaio de lavagem de parede e 5%, no ensaio de reposição do fecho hídrico (Figura 114). Nessas bacias sanitárias, os ensaios foram paralisados nesta etapa.

Figura 114 - Resultado do ensaio de reposição do fecho hídrico

Fonte: Autora (2017)

O não atendimento na norma brasileira atual, em 35% das bacias sanitárias avaliadas, reflete a necessidade de evolução dos produtos.

Foram ensaiadas tanto bacias sanitárias projetadas para funcionar com 4,8 L/descarga quanto bacias sanitárias projetadas para funcionar com 6,8 L/descarga, mas reguladas para 4,8 L/descarga (modelos nº 6 e nº 7, indicados na Figura 111, Figura 112, Figura 113 e Figura 114). Dessas últimas, nenhuma foi aprovada nos ensaios laboratoriais. A bacia sanitária 6 foi reprovada no ensaio de transporte de sólidos e a bacia sanitária 7 foi reprovada no ensaio de reposição do fecho hídrico. Ambas, quando ensaiadas com o volume de 6,8 L/descarga, foram aprovadas. O que comprova que a simples redução do nível de água na caixa de descarga não é uma solução viável para reduzir o volume de água consumido pelas bacias sanitárias.

Na etapa seguinte, foi realizado o ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada (detalhamento no item 4.2.1.2). Foram ensaiadas treze das vinte bacias sanitárias iniciais (apenas as aprovadas anteriormente). Destas, cinco foram consideradas aprovadas (38%) e oito foram reprovadas (62%).

Após a realização destes ensaios, restaram cinco bacias sanitárias aprovadas, mas optou-se por realizar os ensaios de desempenho da caixa de descarga nos produtos que apresentaram resultados próximos ao limite normativo, para fins de estudo. Uma bacia sanitária (12,5%) foi reprovada no requisito de estanqueidade da caixa de descarga (detalhamento no item 4.2.1.3).

Assim, ao final do estudo laboratorial da fase 1, cinco bacias sanitárias foram consideradas aprovadas em todos os ensaios das normas brasileiras ABNT NBR 15097 e ABNT NBR 15491 e no ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada, o que representa 25% das bacias sanitárias avaliadas. Nota-se a dificuldade dos produtos em atender aos requisitos normativos vigentes.

Após a realização dos ensaios da fase 1, a fim de caracterizar as bacias sanitárias e encontrar uma relação com o desempenho em campo, foram realizados dois ensaios prospectivos (detalhamento no item 4.2.2): remoção de pasta de soja encapsulada e transporte de pasta de soja.

A avaliação da capacidade de remoção de pasta de soja encapsulada mostrou-se mais crítica do que o mesmo ensaio realizado com a pasta de soja não encapsulada:

- No ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada, a bacia sanitária 4 removeu todas as mídias em duas, das cinco repetições realizadas. Já no ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada, a bacia sanitária 4 não removeu nenhuma mídia nas cinco repetições, ou seja, apresentou entupimento em todas as repetições;
- No ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada, a bacia sanitária 9 removeu toda a pasta de soja em quatro das cinco repetições realizadas. No ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada apresentou entupimento em quatro das cinco repetições;
- No ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada, a bacia sanitária 12 removeu toda a pasta de soja em duas das cinco repetições realizadas. Já, no ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada, apresentou entupimento em todas as repetições;
- As demais bacias sanitárias avaliadas apresentaram resultado equivalente em ambos os ensaios. As bacias sanitárias que fizeram a remoção de todas as mídias e a reposição do fecho hídrico em todas as cinco repetições, no ensaio

de remoção de pasta de soja não encapsulada, também o fizeram no ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada.

Para aprofundar o estudo do comportamento dos dejetos, ao longo do condutor horizontal, após a descarga, realizou-se o ensaio de transporte de pasta de soja. No ensaio de transporte de pasta de soja (item 4.2.2.2) é medida a quantidade de descargas necessárias para remover todas as mídias da tubulação de 18 metros de comprimento.

Este ensaio foi realizado tanto com as mídias de pasta de soja encapsulada, como não encapsulada. Entretanto, as mídias de pasta de soja não encapsulada se desfazem durante o ensaio, impossibilitando a contagem do número de descargas necessárias para remover as mídias de pasta de soja da tubulação.

As bacias sanitárias avaliadas precisaram de duas a seis descargas para remover as mídias da tubulação de 18 metros. A bacia sanitária 17, que apresentou o pior resultado neste ensaio (precisou de seis descargas para remover as mídias da tubulação), também foi a bacia sanitária com o pior desempenho no ensaio de remoção de pasta de soja encapsulada.

A comparação dos resultados obtidos laboratorialmente com os de campo estão apresentados no item 6.2, após a análise dos resultados do estudo de campo.

6.2. Análise dos resultados do estudo de campo

Na etapa de campo foram instaladas dez bacias sanitárias de cinco modelos diferentes (previamente avaliados em laboratório), em um conjunto habitacional localizado em Osasco/SP. Neste item, será analisado se a troca das bacias sanitárias de 6,8 L/descarga pelas bacias sanitárias de 4,8 L/descarga promoveu a redução do consumo de água para os usuários, sem causar acúmulo de sólidos na tubulação ou entupimentos – e os resultados obtidos em laboratório comparados com os resultados obtidos em campo.

Considerando todas as casas monitoradas, verificou-se que não houve redução do consumo de água médio das bacias sanitárias, o que indica que os usuários precisaram dar descargas sucessivas quando as bacias sanitárias de 4,8 L/descarga estavam instaladas. Houve redução do consumo de água das bacias sanitárias em apenas cinco das dez casas monitoradas.

Embora haja apenas dois relatos da necessidade de acionar duas vezes a descarga, nos questionários realizados durante o estudo, a análise dos dados de

monitoramento coletados nos hidrômetros indica a presença de acionamentos sucessivos, após a instalação das bacias sanitárias de 4,8 L/descarga (sendo considerados acionamentos sucessivos as descargas que ocorreram até 60 segundos após a última medida registrada).

A Tabela 36 e a Figura 115 apresentam uma comparação do consumo de água diário das bacias sanitárias, por habitante, de cada casa participante do estudo. Na Tabela 36, os valores em fonte verde (valores positivos) representam redução do consumo de água e, em fonte vermelha (valores negativos), o aumento do consumo de água.

As casas 3, 5, 7 e 21 apresentaram redução significativa do consumo de água das bacias sanitárias (vide Tabela 36).

A Casa 25 reduziu 3% do consumo, o que pode ser considerado constante. Entretanto, na Casa 7, em que estava instalado o mesmo modelo de bacia sanitária que na Casa 25, verificou-se uma redução de 33% do consumo de água da bacia sanitária.

As casas 11, 13, 15, 17 e 19 apresentaram aumento do consumo de água da bacia sanitária.

Tabela 36 - Consumo de água das bacias sanitárias por casa monitorada, antes e depois da troca das bacias sanitárias pelas de 4,8 L

Casas	Consumo de água das bacias sanitárias (L/habitante x dia)		Diferença de consumo de água	
	Bacias sanitárias de 6,8 L/descarga	Bacias sanitárias de 4,8 L/descarga	(L/habitante x dia)	(%)
3	17,5	11,4	6,1	35%
5	12,0	10,6	1,4	12%
7	12,6	8,5	4,1	33%
11	15,9	25,6	-9,7	-61%
13	12,5	18,5	-6	-48%
15	20,8	22,8	-2	-10%
17	14,7	19,5	-4,8	-33%
19	11,5	15,9	-4,4	-38%
21	21,4	16,6	4,8	22%
25	27,0	26,1	0,9	3%
MÉDIA	16,6	17,6	-1,0	-8%

Obs.: o número das casas estão com preenchimento conforme modelo de bacia sanitária de 4,8 L/descarga instalado (vide Figura 71), ou seja, cada cor representa um modelo de bacia sanitária de 4,8 L/descarga (nas casas com a mesma cor foi instalado o mesmo modelo de bacia sanitária de 4,8 L/descarga).

É possível verificar que nas casas onde foram registrados acionamentos sucessivos da descarga (casas 11, 13, 15, 17 e 19) houve aumento do consumo de água, por habitante, observado na bacia sanitária, ou seja, nas casas em que foi

verificado aumento do consumo de água na bacia sanitária, também foi verificado aumento significativo no número de descargas por habitante, conforme indicado na tabela a seguir. Isso porque a redução do consumo de água é apenas obtida caso o usuário necessite de uma única descarga, caso a bacia sanitária apresente obstrução ou falta de limpeza interior adequada, o usuário dará mais de uma descarga e o consumo de água aumentará. Na casa 3 foi verificado o aumento do número de descargas por habitante, mas isso não acarretou no aumento do consumo de água diário da bacia sanitária. Possivelmente, este foi o motivo do consumo de água ter se mantido constante.

Tabela 37 – Resumo do número de descargas por habitante por dia

Casas	Quantidade de descargas por habitante por dia	
	Bacias sanitárias de 6,8 L/descarga	Bacias sanitárias de 4,8 L/descarga
3	2,6	2,4
5	1,8	2,2
7	1,9	1,8
11	2,3	5,3 ↑
13	1,8	3,9 ↑
15	3,1	4,8 ↑
17	3,3	4,1 ↑
19	1,7	3,3 ↑
21	3,1	3,5
25	3,9	5,4 ↑
MÉDIA	2,6	3,7

Figura 115 - Gráfico da média diária de consumo da bacia sanitária, por habitante, por casa - comparação entre antes e depois da troca das bacias sanitárias

Fonte: Autora (2017)

No período de monitoramento, não verificou-se uma relação direta entre o volume consumido pelas bacias sanitárias e o consumo total da residência. Esse fato pode ser explicado por diversos vazamentos verificados no sistema hidráulico predial, durante o estudo. Apesar do consumo médio das bacias sanitárias não ter sido reduzido, o consumo médio geral das residências reduziu 24,7 L/dia. A Tabela 38 apresenta uma comparação do consumo de água médio diário de cada casa participante do estudo.

As casas 3, 11, 13, 15, 19 e 21 apresentaram redução significativa do consumo de água total por habitante da residência. As casas 5 e 25 apresentaram aumento de 1 e 3% do consumo total por habitante da residência, ou seja, não houve alteração significativa do consumo. Nas demais casas verificou-se o aumento do consumo.

Nas casas 11 e 25 foi verificado vazamento no sistema hidráulico, tanto nos metais sanitários quanto nas tubulações. Os vazamentos não foram solucionados até o final do estudo. Assim, os valores de consumo de água total destas casas não foram considerados no cálculo da média.

Tabela 38 - Consumo de água das casas monitoradas

Casa	Consumo médio diário da residência quando instaladas bacias sanitárias de 6,8 L/descarga		Consumo médio diário da residência quando instaladas bacias sanitárias de 4,8 L/descarga		Diferença de consumo de água		Diferença de consumo de água total da residência por habitante (%)
	L/dia	L/hab.dia	L/dia	L/hab.dia	L/dia	L/hab.dia	
3	92,3	46,2	60,0	30,0	32,3	16,2	35%
5	141,0	70,5	142,9	71,5	-1,9	-1,0	-1%
7	220,5	73,5	263,3	87,8	-42,8	-14,3	-19%
11	993,3 ^(*)	283,8 ^(*)	643,3 ^(*)	128,7 ^(*)	350,0 ^(*)	154,6 ^(*)	55% ^(*)
13	138,5	69,3	130,0	65,0	8,5	4,3	6%
15	430,8	86,2	360,0	72,0	70,8	14,2	16%
17	553,8	184,6	596,7	198,9	-42,9	-14,3	-8%
19	441	110,3	330,0	82,5	111,0	27,8	25%
21	192,3	96,2	130,0	65,0	62,3	31,2	32%
25	425,6 ^(*)	141,9 ^(*)	440,0 ^(*)	146,7 ^(*)	-14,4 ^(*)	-4,8 ^(*)	-3% ^(*)
Média	276,3	92,1	251,6	84,1	24,7	8,0	11%

^(*) verificado vazamento no sistema hidráulico (mas, não, na bacia sanitária). O vazamento não foi solucionado até o final do estudo. Assim, esses valores não foram considerados no cálculo da média.

Obs.: Destaca-se que o número das casas estão com preenchimento conforme modelo de bacia sanitária de 4,8 L/descarga instalado (vide Figura 71), ou seja, cada cor representa um modelo de bacia sanitária de 4,8 L/descarga (nas casas com a mesma cor foi instalado o mesmo modelo de bacia sanitária de 4,8 L/descarga).

No caso da verificação do desempenho do sistema de esgoto, as filmagens mostraram depósito de sólidos ao longo do monitoramento. Ao todo, foram

realizadas cinco filmagens da rede pública de esgoto. A partir da segunda filmagem já foi possível detectar acúmulo de sólidos na tubulação, que pode ter ocorrido devido à redução do volume de água total despejado na rede, associado ao diâmetro de 150 mm da tubulação. É possível que o valor deste diâmetro esteja superdimensionado para aquele trecho, considerando as condições de contorno.

O depósito de sólidos continuou sendo verificado até o final do estudo, sendo que a cada filmagem houve a manutenção ou o aumento de pontos de acúmulo. Portanto, é possível afirmar que a substituição de bacias sanitárias de 6,8 L/descarga por bacias sanitárias de 4,8 L/descarga pode causar impacto no desempenho do sistema de esgoto sanitário. Logo, não pode ser realizada de forma irrestrita. A Figura 116 apresenta uma linha do tempo, com os resultados obtidos nas filmagens.

Figura 116 - Linha do tempo, com resultados das filmagens da rede de esgoto

Fonte: Autora (2017)

Verificou-se que, ao longo do tempo, os pontos de acúmulo aumentaram, tanto em relação a quantidade, quanto em relação a magnitude, mesmo com uma declividade alta, de 8,9% do coletor horizontal.

Na comparação dos resultados da etapa de campo, com a fase 1 da etapa laboratorial, verifica-se que os resultados dos ensaios previstos nas atuais normas foram semelhantes, entre as bacias sanitárias instaladas em campo, indicando que esses ensaios não são suficientes para determinar o desempenho das bacias sanitárias em campo.

Na comparação dos resultados da etapa de campo, com a fase 2 (avaliação prospectiva) da etapa laboratorial, verificou-se que aquelas bacias sanitárias que precisaram de três descargas, ou menos, para remover todas as mídias da tubulação de 18 metros, no ensaio de transporte de pasta de soja, apresentaram um bom desempenho em campo, ou seja, não apresentaram problemas aos usuários e levaram à redução do consumo de água da bacia sanitária.

As Figuras 116 e 117 apresentam uma comparação gráfica entre o desempenho das bacias sanitárias em campo e o ensaio de transporte de pasta de soja. Os gráficos apresentam os resultados por casa monitorada.

No caso da bacia sanitária de 4,8 L/descarga instalada na Casa 3 verificou-se redução do consumo de água utilizado na bacia sanitária de 35%, quando comparado com a bacia sanitária que estava instalada antes da troca. Essa bacia sanitária de 4,8 L, instalada na Casa 3, quando ensaiada em laboratório (transporte de pasta de soja), precisou de duas descargas para remover todas as mídias da tubulação. Portanto, é possível perceber que as bacias sanitárias que precisaram de três descargas, ou menos, para remover as mídias da tubulação, no ensaio de transporte de pasta de soja encapsulada, ocasionaram redução do consumo de água (com exceção da Casa 21 que, apesar de apresentar resultado de ensaio igual a quatro descargas, levou à redução do consumo de água da Casa 21).

Figura 117 - Resultado do ensaio de transporte de pasta de soja

Fonte: Autora (2017)

Figura 118 - Variação do consumo de água da bacia sanitária, por habitante

Fonte: Autora (2017)

Há necessidade de se ampliar o estudo para confirmar essa correlação, já que a amostragem de bacias sanitárias ensaiadas era pequena e uma das bacias sanitárias, mesmo apresentando resultado de quatro descargas neste ensaio de laboratório, apresentou redução do consumo de água (Casa 21). A Casa 25, mesmo com um bom resultado de laboratório, apresentou apenas 3% de redução do consumo de água na bacia sanitária.

7. CONCLUSÕES

Estudos atuais mostram que bacias sanitárias de 4,8 L/descarga possuem potencial para atender às exigências dos usuários e do sistema. Entretanto, as condições de instalação no Brasil são críticas: baixa declividade da tubulação do sistema predial de esgoto sanitário (1%) e diâmetro da tubulação de 100 mm, o que pode prejudicar ainda mais o desempenho do sistema de esgoto sanitário, quando se reduz o volume de água despejado na rede.

Com a realização dos ensaios laboratoriais foi possível verificar que a redução do volume consumido por descarga pode ser uma solução viável para reduzir o consumo de água potável das edificações.

Foram observadas bacias sanitárias que atendem o desempenho de remoção de dejetos da própria bacia sanitária. O que mostra que alguns produtos possuem tecnologia suficiente para trabalhar com o volume reduzido. Entretanto, 75% dos produtos avaliados não atenderam a requisitos mínimos das normas vigentes. Isso reflete a necessidade de evolução das bacias sanitárias.

Foram ensaiadas tanto bacias sanitárias projetadas para funcionar com 4,8 L/descarga quanto bacias sanitárias projetadas para funcionar com 6,8 L/descarga, mas reguladas para 4,8 L/descarga. Dessas últimas, todas foram reprovadas nos ensaios laboratoriais. O que comprova que a simples redução do nível de água, na caixa de descarga, não é uma solução viável para reduzir o volume de água consumido pelas bacias sanitárias.

O problema maior se dá com relação ao desempenho do sistema predial de esgoto sanitário. A redução do volume de descarga sem o estudo aprofundado do efeito gerado no sistema pode causar depósito de sólidos na tubulação, levando até a entupimentos. Na avaliação laboratorial, foi realizado o ensaio de transporte de sólidos em todas as bacias sanitárias. Apenas 80% das bacias sanitárias atenderam a este requisito (já previsto na normalização brasileira).

Na etapa de campo, verificou-se que diferentes modelos de bacias sanitárias de 4,8 L/descarga, todos com resultados de aprovação laboratorial em relação às normas brasileiras e ao ensaio de remoção de pasta de soja não encapsulada, apresentaram desempenho distintos quando instaladas em campo, variando de redução até aumento do consumo de água, em relação às bacias sanitárias de 6,8 L/descarga.

As bacias sanitárias com melhor desempenho no campo, ou seja, aquelas que ocasionaram redução do consumo de água e não apresentaram problemas aos usuários, foram aquelas com melhor desempenho no ensaio prospectivo de transporte de pasta de soja encapsulada (aquelas que necessitaram de três descargas, ou menos, para remover as mídias da tubulação). Há necessidade de se ampliar o estudo para confirmar essa correlação, já que a amostragem de bacias sanitárias ensaiadas era pequena e uma das bacias sanitárias, mesmo apresentando resultado de quatro descargas neste ensaio de laboratório, apresentou redução do consumo de água quando instalada em campo (Casa 21), mas é um indicativo de que o ensaio de transporte de pasta de soja é adequado para avaliar bacias sanitárias de 4,8 L/descarga.

Durante o estudo de campo verificou-se que, embora os usuários não relataram problemas no desempenho das bacias sanitárias, o monitoramento dos dados revelou a presença de acionamentos sucessivos periódicos em algumas residências, especificamente naquelas onde se verificou aumento do consumo de água após a troca das bacias sanitárias. Esta constatação ressalta a afirmação de que a redução do consumo de água não é obtida pela simples redução do volume de água por descarga, sendo essencial que a bacia sanitária atenda aos requisitos mínimos de funcionamento.

Não houve redução do consumo de água médio das bacias sanitárias (considerando a média de todas as casas monitoradas), o que indica, mais uma vez, que os usuários precisaram dar descargas sucessivas quando as bacias sanitárias de 4,8 L/descarga estavam instaladas. Houve redução do consumo de água das bacias sanitárias em apenas cinco das dez casas monitoradas.

Com as filmagens, verificou-se depósito de sólidos na tubulação do sistema público de esgoto, após a troca das bacias sanitárias, ao longo de todo o monitoramento, mesmo com a declividade de 8,9% do coletor horizontal – o que indica que essa redução não pode ser adotada de forma irrestrita.

Os resultados indicaram que a redução do consumo de água só é efetiva se as instalações forem planejadas em conjunto, ou seja, se as instalações prediais hidráulica e sanitária forem planejadas levando em consideração os aparelhos sanitários que estarão instalados nas residências, bem como o volume de água despejado por eles.

Verificou-se que o ensaio de transporte de pasta de soja pode indicar a

eficiência de uma bacia sanitária de 4,8 L/descarga. Entretanto, é importante que sejam realizados mais ensaios em diferentes modelos de bacia sanitária de 4,8 L/descarga para confirmar essa correlação.

Recomenda-se a inclusão do ensaio de remoção de pasta de soja na norma brasileira ABNT NBR 15097, assim como aquele previsto na ASME A112.19.2, no caso de ampliação de seu escopo para incorporar bacias sanitárias de 4,8 L/descarga.

O estudo apresentado nesta dissertação é um indicativo de que a redução do volume de água das bacias sanitárias de 6,8 L/descarga para 4,8 L/descarga pode ser realizada, mas ainda é necessária a evolução das bacias sanitárias de 4,8 L/descarga, pois a maioria dos modelos ensaiados não atendeu aos requisitos mínimos de desempenho. Também é necessário ampliar o número de avaliações em situações mais críticas de campo, tais como monitoramento em casas térreas, isoladas e com baixa declividade do coletor horizontal.

Outra possibilidade é a avaliação em edifícios altos, onde há maior contribuição de água nos condutores horizontais, implicando em menor risco de entupimentos e depósito de sólidos nas tubulações.

REFERÊNCIAS

AKIYAMA, K., OTSUKA, M., SHIGEFUJI, H. A study on a method of predicting the discharge characteristics of water saving toilets when installed to the fixture drain. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062 ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 39th, 2013, Nagano, Japão. **Water Supply and Drainage for Buildings**. Nagano: The International Council for Research and Innovation, Commission CIB W062, 2013. Pp.185-196.

ALVES, W. C. Redes coletoras de esgoto de baixa declividade dotadas de dispositivo gerador de descarga (DGD). **Téchne**, São Paulo, ed.46, maio 2000. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/46/artigo287196-1.aspx>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. **A112.19.2**: Ceramic plumbing fixtures. Nova Iorque: Asme, 2013. 86 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160**: Sistemas prediais de esgotos sanitários - Projeto e execução. São Paulo: ABNT, 1999. 74p.

_____. **NBR 9649**: Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário. São Paulo: ABNT, 1986. 7 p.

_____. **NBR 15097-1**: Aparelhos sanitários de material cerâmico Parte 1: Requisitos e métodos de ensaios. São Paulo: ABNT, 2011. 65 p.

_____. **NBR 15491**: Caixa de descarga para limpeza de bacias sanitárias - Requisitos e métodos de ensaio. São Paulo: ABNT, 2010. 40 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Programa Nacional Combate ao Desperdício Água (PNCDA)**. Brasília: MC, 2015. Disponível em <<http://www.pmss.gov.br/index.php/biblioteca-virtual/programa-nacional-combate-ao-desperdicio-agua-pncda>>. Acesso em: 10 jun. 2017.

CBCS. **Aspectos da construção sustentável no Brasil e promoção de políticas públicas - Subsídios para a promoção da construção sustentável**. Brasília: Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS, Ministério do Meio Ambiente e PNUMA, 2014.

CBIC. **Recursos Hídricos - Propostas para habitação de interesse social**. Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC, 2016.

CHENG, C.L. et al. Research of main system and solid transportation performance in existing buildings. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062 ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 36th, 2010, Sydney, Australia. **Water Supply and Drainage for Buildings**. Sydney: The International Council for Research and Innovation, Commission CIB W062, National Taiwan University of Science and Technology, Department of Architecture, 2010. Pp. 214-226.

CHENG, C.L. et al. Simulation of solid transportation and regulation for main drain system in Taiwan. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062 ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 37th, 2011, Aveiro, Portugal. **Water**

Supply and Drainage for Buildings. Aveiro: The International Council for Research and Innovation, Commission CIB W062, National Taiwan University of Science and Technology, Department of Architecture, 2011, Pp. 260-265.

CHENG, L. Y. et al. Simulação Computacional do Transporte de Sólidos em Sistemas Prediais de Esgoto Sanitário. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2016, São Paulo. **ENTAC**. São Paulo: Entac, 2016. Pp. 4436-4448.

CÔRREA, R. R. C. Aplicação da tensão trativa mínima ao transporte hidráulico de sólidos em tubulações. **Revista DAE**, São Paulo, v.42, pp.255-265, set. 1985.

CÔRTEZ, P. L. et al. Crise de abastecimento de água em São Paulo e falta de planejamento estratégico. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.29, n.84, pp. 7-26, ago. 2015. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142015000200007>. Acesso em: 17 jan. 2017.

CUMMINGS, S. ; BONOLLO, E. Experience with dual flush technology in Australian W.C. design. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIBW062 ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 25th, 1999, Edinburgo, Escócia. **Water Supply and Drainage for Buildings**. The International Council for Research and Innovation, Commission CIB W062, 1999, pp. D6-1-D6-8.

DAEE. **Macrometrópole - Sumário Executivo. Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista**. São Paulo: Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos ; Governo do Estado de São Paulo ; DAEE, 2013.

DEMARCO, P. et al. The drainline transport of solid waste in buildings. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIB W062 ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 39th, 2013, Nagano, Japão. **Water Supply and Drainage for Buildings**. Nagano: The International Council for Research and Innovation, Commission CIB W062, 2013. Pp. 93-104.

FRANCESCATO, J. A. G. Projeto de Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias. Campinas: Unicamp, 2005. 58 p. Disponível em:
<<http://www.ft.unicamp.br/~jassis/ST626/APOSTILA-ESGOTO-2005.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2017.

GAULEY, B.; KOELLER, J. **Evaluation of Low-Flush-Volume Toilet Technologies to Carry Waste in Drainlines**: A Canada Mortgage and Housing Corporation Project. Mississauga ; Yorba Linda: Gauley And Koeller, 2005. 39 p.

GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building And Environment**. Volume 41, Issue 11, pp. 1544-1550. nov. 2006.

GONÇALVES, O. M. et al. **Execução e manutenção de sistemas hidráulicos prediais**. São Paulo: Pini, 2000. 192 p.

GONÇALVES, R. F. **Uso racional da água em edificações**. Vitória: Abes, 2006. 352 p.

ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M. **Sistemas prediais de água fria**. São Paulo: Epusp, 1994. 106 p. (Texto técnico - Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil.TT/PCC/08). Disponível em: <http://www.pcc.poli.usp.br/files/text/publications/TT_00008.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2017.

ILHA, M. S. O.; GONÇALVES, O. M.; OLIVEIRA JÚNIOR, O. B. de. Avaliação do desempenho de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido quanto à remoção e transporte de sólidos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.2, n.4, pp.47-61, out-dez. 2002.

INSTITUTO NACIONAL DE CALIDAD. **333.028: Artefactos Sanitarios - Inodoros de cerâmica de consumo reducido de agua - Requisitos**. Lima: Inacal, 2016. 50 p.

KITAMURA, S.; OTSUKA, M.; HIRAI, K. A study on drainage transportability of dual flush 4-liter toilets. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIBW062 ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 38th, 2012, Edinburgh, Scotland, UK. **Water Supply and Drainage for Buildings**. Edinburgh: The International Council for Research and Innovation, Commission CIB W062, Heriot-Watt University, School of the Built Environment, 2012. Pp. 303-317.

KOBAYASHI, N. e OTSUKA, M. A study on evaluation of a super water-saving toilet in regard to the drainage performance thereof in the house drain section. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM CIBW062 ON WATER SUPPLY AND DRAINAGE FOR BUILDINGS, 38th, 2012, Edinburgh, Scotland, UK. **Water Supply and Drainage for Buildings**. Edinburgh: The International Council for Research and Innovation, Commission CIB W062, Department of Architecture College of Engineering, Kanto-Gakuin University, 2012. Pp. 277-277.

LANDI, F. R. **Evolução histórica das instalações hidráulicas**. São Paulo: Epusp, 1993. 64 p. (Boletim técnico - Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/100).

MACHADO NETO, J. G. O.; TSUTIYA, M. T. Tensão trativa: um critério econômico para o dimensionamento das tubulações de esgoto. **Revista DAE**, São Paulo, v.45, n.140, Pp.73-87, mar.1985.

MCDUGALL, J. A.; WAKELIN, R. H. M. The influence of flush volume and branch drain cross-section on deformable solid transport in attenuating flows. **Building Serv. Eng. Res. Technol.** Edinburgh, 28(1), pp.7-22. fev.2007.

OLIVEIRA JÚNIOR, O. B. de. **Avaliação do desempenho funcional de bacias sanitárias de volume de descarga reduzido com relação à remoção e transporte de sólidos**. 2002. 222 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

OLIVEIRA, L. H. de. As bacias sanitárias e as perdas de água nos edifícios. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.2, n.4, pp. 39-45, out-dez. 2002.

OLIVEIRA, L. H. et al. Performance evaluation of dual-flush WC cistern in a multifamily building in Brazil. **Building Serv. Eng. Res. Technol.** São Paulo, v.30, n.1, p. 27-36. 2009.

OLIVEIRA, L. H.; GONÇALVES, O. M. **Estudos do escoamento em condutos horizontais de sistemas de coleta de esgotos sanitários de edifícios residenciais**. São Paulo: Epusp, 1991. 19 p. (Boletim técnico - Escola Politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil. BT/PCC/42).

PATHAK, B. History of toilets: exploring history of sanitation & hygiene. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PUBLIC TOILETS, 1995, Hong Kong. Disponível em: <<http://www.sulabhtoiletmuseum.org/history-of-toilets>>. Acesso em: 04 out. 2016.

PERC. **The Drainline Transport of Solid Waste in Buildings**. Plumbing Efficiency Research Coalition (PERC), 2012. 62 p. Disponível em: <<http://www.plumbingefficiencyresearchcoalition.org/wp-content/uploads/2012/12/Drainline-Transport-Study-PhaseOne>>. Acesso em: 02 ago. 2014.

_____. **The Drainline Transport of Solid Waste in Buildings - phase 2.0**. Plumbing Efficiency Research Coalition (PERC), 2015. 72 p. Disponível em: <<http://www.plumbingefficiencyresearchcoalition.org/projects/drainline-transport-of-solid-waste-in-buildings/>>. Acesso em: 01 ago. 2016.

RODRIGUES, Luiz Carlos Sales. **Avaliação da eficiência de dispositivos economizadores de água em edifícios residenciais em Vitória-ES**. 2005. 195 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

SABESP. **Relatório de sustentabilidade 2015**. São Paulo: Sabesp, 2015. 109 p. Disponível em: <site.sabesp.com.br/site/interna/default.aspx?secaold=93>. Acesso em: 10 jan. 2017.

_____. **Relatório de sustentabilidade 2016**. São Paulo: Sabesp, 2016. 101 p. Disponível em: <site.sabesp.com.br/site/interna/default.aspx?secaold=93>. Acesso em: 10 jun. 2017.

SILVA, G. S. da. **Programas permanentes de uso racional da água em campi universitários: o Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo**. 2005. 482 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

TOLEDO, A. C. T. de. **Estudo de tratamento químico de urina para redução do consumo de água em descargas residenciais**. 2013. 124 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Materiais, Ipen Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

TSUTIYA, M. T.; SOBRINHO, P. A. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. Rio de Janeiro: Abes, 2011. 547 p.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (Estados Unidos) (Org.). **EPA**. 2017. Disponível em: <<https://www.epa.gov/watersense>>. Acesso em: 01 jun. 2017.

APÊNDICE A - Detalhamento dos resultados do ensaio de transporte de pasta de soja

Este Apêndice apresenta o detalhamento do ensaio de transporte de pasta de soja. Este ensaio foi realizado nas bacia sanitárias 2, 5, 11,13, 15, 17 e 20.

Tabela 1.A - Resultado do ensaio de transporte de sólidos deformáveis na bacia sanitária nº 2

PASTA DE SOJA ENCAPSULADA	
DESCARGAS	OBSERVAÇÕES
1ª descarga	- 02 papéis de 0 a 3 metros - 02 papéis e 04 pastas de soja de 3 a 6 metros - 3 pastas de soja na marcação de 6 metros
2ª descarga	Todas as mídias ficaram entre 9 e 12 metros
3ª descarga	Todas as mídias foram removidas do tubo

Tabela 2.A - Resultado do ensaio de transporte de sólidos deformáveis na bacia sanitária nº 5

PASTA DE SOJA ENCAPSULADA	
DESCARGAS	OBSERVAÇÕES
1ª descarga	01 papel de 3 a 6 metros 03 papéis e 07 pastas de 6 a 9 metros
2ª descarga	Todas as mídias ficaram entre 9 e 12 metros
3ª descarga	Todas as mídias ficaram entre 9 e 12 metros
4ª descarga	Todas as mídias foram removidas do tubo

Tabela 3.A - Resultado do ensaio de transporte de sólidos deformáveis na bacia sanitária nº 11

PASTA DE SOJA ENCAPSULADA	
DESCARGAS	OBSERVAÇÕES
1ª descarga	04 papéis entre 6 a 9 metros 06 pastas de soja entre 6 a 9 metros 01 pasta de soja entre 12 a 15 metros
2ª descarga	Todas as mídias foram removidas do tubo

Tabela 4.A - Resultado do ensaio de transporte de sólidos deformáveis na bacia sanitária nº 13

PASTA DE SOJA ENCAPSULADA	
DESCARGAS	OBSERVAÇÕES
1ª descarga	Todas as mídias entre 6 e 9 metros
2ª descarga	Todas as mídias entre 6 e 9 metros
3ª descarga	Todas as mídias entre 6 e 9 metros
4ª descarga	Todas as mídias foram removidas do tubo

Tabela 5.A - Resultado do ensaio de transporte de sólidos deformáveis na bacia sanitária nº 15

PASTA DE SOJA ENCAPSULADA	
DESCARGAS	OBSERVAÇÕES
1ª descarga	05 pastas de soja entre 3 e 6 metros 04 papeis entre 3 e 6 metros 02 pastas de soja entre 6 e 9 metros
2ª descarga	Todas as mídias entre 12 e 15 metros
3ª descarga	Todas as mídias entre 12 e 15 metros
4ª descarga	Todas as mídias entre 12 e 15 metros
5ª descarga	Todas as mídias foram removidas do tubo

Tabela 6.A - Resultado do ensaio de transporte de sólidos deformáveis na bacia sanitária nº 17

PASTA DE SOJA ENCAPSULADA	
DESCARGAS	OBSERVAÇÕES
1ª descarga	02 bolas de papel no poço 01 bola de papel de 0 a 3 metros 01 bola de papel e 03 pastas de soja de 3 a 6 metros 04 pastas de soja de 6 a 9 metros
2ª descarga	Todas as mídias entre 9 e 12 metros
3ª descarga	Todas as mídias entre 9 e 12 metros
4ª descarga	04 bolas de papel e 03 pastas de soja ficaram na marcação de 18 metros 04 pastas de soja foram removidas
5ª descarga	04 bolas de papel e 03 pastas de soja ficaram na marcação de 18 metros 04 pastas de soja foram removidas
6ª descarga	Todas as mídias foram removidas do tubo

Tabela 7.A - Resultado do ensaio de transporte de sólidos deformáveis na bacia sanitária nº 20

PASTA DE SOJA ENCAPSULADA	
DESCARGAS	OBSERVAÇÕES
1ª descarga	04 papéis e 04 pastas de 6 a 9 metros 03 pastas de 9 a 12 metros.
2ª descarga	Todas as mídias foram removidas do tubo

APÊNDICE B - Métodos de ensaio

Este Apêndice apresenta os métodos utilizados em todos os ensaios laboratoriais realizados durante o estudo na seguinte ordem:

1. Volume de água consumido por descarga;
2. Reposição do fecho hídrico;
3. Remoção de esferas;
4. Lavagem de parede;
5. Remoção de grânulos;
6. Respingos de água;
7. Remoção de mídia composta;
8. Transporte de sólidos;
9. Remoção de pasta de soja;
10. Transporte de sólidos deformáveis;
11. Tempo de enchimento;
12. Capacidade do extravasor;
13. Estanqueidade da torneira de boia;
14. Estanqueidade da caixa de descarga;
15. Estanqueidade da boia;
16. Esforço de acionamento;
17. Resistência ao mecanismo de acionamento;
18. Resistência à carga estática;
19. Resistência ao uso.

ENSAIO DE VOLUME DE ÁGUA CONSUMIDO POR DESCARGA

Referências

ABNT NBR 15097-1:2011 - Aparelhos sanitários de material cerâmico - Requisitos e métodos de ensaio.

Execução do ensaio

Pressão estática de 30 kPa

- Com a bacia sanitária devidamente instalada na bancada de ensaios, ajustar o nível de água da caixa acoplada para o nível marcado pelo fabricante, conforme instruções do produto, e acionar o aparelho de descarga. É imprescindível a leitura de todas as instruções do fabricante para uma correta regulagem do nível operacional e do mecanismo de reposição do fecho hídrico;
- Quando o escoamento principal e o do repositor de fecho hídrico estiverem completos, determinar a massa de água descarregada, anotar o volume de descarga.
- Realizar três repetições e calcular a média aritmética para o volume consumido por descarga nesta condição de pressão.

Pressão estática de 400 kPa

- Com a bacia sanitária devidamente instalada na bancada de ensaios, ajustar o nível de água da caixa acoplada para o nível marcado pelo fabricante, conforme instruções do produto, e acionar o aparelho de descarga.
- Quando o escoamento principal e o do repositor de fecho hídrico estiverem completos, determinar a massa de água descarregada, anotar o volume de descarga.
- Realizar três repetições e calcular a média aritmética para o volume consumido por descarga nesta condição de pressão.

Resultado

O resultado do ensaio deve apresentar o volume consumido por descarga de cada uma das três repetições, bem como a média aritmética destes valores.

ENSAIO DE REPOSIÇÃO DO FECHO HÍDRICO

Referência

ABNT NBR 15097-1:2011 - Aparelhos sanitários de material cerâmico - Requisitos e métodos de ensaio.

Execução do ensaio

Executar o ensaio com a bancada ajustada para a condição de pressão de (400 ± 40) kPa.

Com a bacia sanitária devidamente instalada na bancada de ensaios e o fecho hídrico completo e estabilizado, medir com aproximação de 1 mm a sua altura no ponto mais crítico, ou seja, ponto de menor altura (Figura 1.B);

Figura 1.B - Ilustração da medição do fecho hídrico

- Acionar o aparelho de descarga;
- Medir o volume de água descarregado;
- Após no máximo 5 minutos do acionamento da descarga ou até que o fecho hídrico se estabilize, medir novamente a altura do fecho hídrico com aproximação de 1 mm;
- Sem completar o fecho hídrico, realizar a próxima repetição do ensaio, repetindo os passos até obter três resultados.

Resultado

O resultado do ensaio deve conter o valor da altura em mm do fecho hídrico completo da bacia ensaiada, e a altura de cada uma das três repetições, destacando se em alguma delas o fecho hídrico resultante apresentou altura inferior a 50 mm.

ENSAIO DE REMOÇÃO DE ESFERAS

Referência

ABNT NBR 15097-1:2011 - Aparelhos sanitários de material cerâmico - Requisitos e métodos de ensaio.

Material utilizado no ensaio

Esferas de $(19,0 \pm 0,3)$ mm de diâmetro fabricadas em polipropileno ou outro material plástico que não absorva ou reaja com água. A massa específica média das esferas deve estar entre 0,85 e 0,90 g/cm³. Em cada carga de ensaio são usadas 100 esferas que no total devem apresentar massa entre 0,29 kg e 0,34 kg.

Execução do ensaio

O ensaio de remoção de esferas deve ser realizado no corpo de prova “A” da bacia sanitária.

Para bacias sanitárias com caixa acoplada, executar o ensaio com a bancada ajustada para a pressão de (30 ± 3) kPa.

- Com a bacia sanitária devidamente instalada na bancada de ensaios e o fecho hídrico completo e estabilizado (se necessário, deve-se lentamente recompor o fecho hídrico inicial);
- Colocar as 100 esferas de polipropileno no poço da bacia sanitária e desprezar o volume de água que escoar devido à adição das esferas;
- Acionar o aparelho de descarga;
- Medir o volume de água descarregado;
- Contar e anotar o número de esferas que foram removidas da bacia sanitária e quantas permaneceram dentro da bacia especificando se visíveis no poço ou dentro do sifão;
- Acionar o aparelho de descarga novamente para retirada de quaisquer esferas que possam ter ficado no interior da bacia;
- Repetir o procedimento até obter três resultados.

Resultado

O resultado do ensaio deve apresentar o número de esferas removidas em cada uma das repetições bem como a média aritmética desses valores.

ENSAIO DE LAVAGEM DE PAREDE

Referência

ABNT NBR 15097-1:2011 - Aparelhos sanitários de material cerâmico - Requisitos e métodos de ensaio.

Execução do ensaio

- Para uma boa aderência da tinta pode-se limpar a superfície a ser ensaiada com um pano úmido com água, em seguida secar com papel toalha;
- Com a bacia sanitária devidamente instalada na bancada de ensaios e o fecho hídrico completo e estabilizado (se necessário, deve-se lentamente recompor o fecho hídrico inicial), apoiar a caneta lavável no gabarito, e traçar ao longo de todo o perímetro da superfície da bacia sanitária uma linha a 25 mm de distância dos pontos de saída de água, conforme mostrado na figura 2.B.

Figura 2.B - Linha de tinta traçada a 25 mm dos pontos de saída de água

- Acionar o aparelho de descarga e medir o volume de água;
- Após no máximo cinco minutos do acionamento da descarga ou até que não saia qualquer filete de água, medir e anotar os comprimentos de cada segmento remanescente na superfície da bacia sanitária;
- Repetir o procedimento até obter três resultados.

O ensaio é executado com a bancada ajustada para a pressão de (30 ± 3) kPa.

Resultado

O resultado do ensaio deve apresentar o comprimento do maior segmento remanescente e a soma de todos os segmentos também remanescentes, durante as três medições, bem como as médias aritméticas desses valores.

ENSAIO DE REMOÇÃO DE GRÂNULOS

Referências

ABNT NBR 15097-1:2011 - Aparelhos sanitários de material cerâmico - Requisitos e métodos de ensaio.

Material utilizado no ensaio

Carga 1: 100 cm³ (aproximadamente 2500 unidades, medidos em proveta de 100 cm³) de grânulos de polietileno de alta densidade com diâmetro aproximado de $(4,32 \pm 0,25)$ mm e densidade entre 0,94 e 0,97 g/cm³. Os grânulos devem ser previamente imersos em água por no mínimo 60 horas.

Carga 2: 100 esferas de nylon, com densidade de 1,15 e 1,19 kg/m³ e diâmetro de $(6 \pm 0,25)$ mm. A massa das esferas de nylon deve estar entre 15 e 16 g.

Execução do ensaio

- Com a bacia sanitária devidamente instalada na bancada de ensaios e o fecho hídrico completo e estabilizado (se necessário, deve-se lentamente recompor o fecho hídrico inicial), colocar as duas cargas de grânulos referidas no item 3 no poço da bacia sanitária, desprezando o volume de água descarregado devido a adição dos grânulos.
- Acionar o aparelho de descarga;
- Medir o volume de água descarregado;
- Contar e anotar o número de grânulos e esferas que ficaram visíveis no poço da bacia sanitária;
- Acionar o aparelho de descarga novamente para a retirada de quaisquer grânulos ou esferas que porventura tenham ficado no interior da bacia sanitária;
- Repetir o procedimento até obter três resultados.

O ensaio é executado com a bancada ajustada para a pressão de (30 ± 3) kPa.

Resultado

O resultado do ensaio deve apresentar o número de grânulos e esferas visíveis no poço em cada uma das três medidas, bem como a média aritmética desses valores.

ENSAIO DE RESPINGOS DE ÁGUA

Referência

ABNT NBR 15097-1:2011 - Aparelhos sanitários de material cerâmico - Requisitos e métodos de ensaio.

Material utilizado no ensaio

- Calços com altura de 10 mm para apoiar a placa de acrílico;
- Placa em acrílico transparente com dimensões suficientes para cobrir totalmente a argola da bacia sanitária.

Execução do ensaio

- Com a bacia sanitária devidamente instalada na bancada de ensaios e o fecho hídrico completo e estabilizado (se necessário, deve-se lentamente recompor o fecho hídrico inicial), cobrir a bacia sanitária com a placa transparente apoiada sobre três calços de 10 mm de altura;

Figura 3.B - Posicionamento da placa de acrílico sobre a bacia

- Acionar o aparelho de descarga e medir o volume de água;
- Identificar os respingos de água formados sob a placa com dimensão preponderante igual ou maior a 5 mm;
- Contar e anotar o número de respingos identificados;
- Repetir o procedimento até obter três resultados.

O ensaio é executado com a bancada ajustada para a pressão de (400 ± 40) kPa.

Resultado

Apresentar o número de respingos identificados em cada uma das três medições, bem como a média aritmética.

ENSAIO DE REMOÇÃO DE MÍDIA COMPOSTA

Referências

ABNT NBR 15097-1:2011 - Aparelhos sanitários de material cerâmico - Requisitos e métodos de ensaio.

Material utilizado no ensaio

- Folhas de papel Kraft “anti-tarnish” com dimensões aproximadas de (19x15) cm.
- Esponjas sintéticas de poliuretano com (20 ± 1) mm x (20 ± 1) mm x $(28,5 \pm 3)$ mm e densidade de $(17 \pm 1,7)$ kg/m³ quando novas.

Execução do ensaio

O ensaio de remoção de mídia composta deve ser realizado no corpo de prova “A” da bacia sanitária.

- Colocar as esponjas em um recipiente com água pelo menos 10 minutos antes do ensaio, necessitando permanecer submersas, de forma a não possuírem ar incorporado (ao término dos ensaios, remover a esponja da água, espremer e deixar secar ao ar).
- Separar um número suficiente para que não sejam utilizadas as mesmas esponjas durante a execução das repetições.
- Colocar 20 esponjas no poço da bacia sanitária. Em seguida, deve-se apertá-las cuidadosamente sob a água para retirada de ar incorporado, aumentando a saturação da mídia.
- Verificar se o fecho hídrico está completo. Se necessário, deve-se lentamente recompor o fecho hídrico inicial.
- Utilizar 8 folhas de papel Kraft. Para cada folha de papel Kraft, separadamente, deve-se realizar o seguinte procedimento: colocar em um recipiente com água por 3 a 5 segundos (apenas para saturá-la) e, em seguida, amassá-la de modo a formar uma esfera com aproximadamente 3 cm de diâmetro, para então ser colocada e distribuída uniformemente dentro do poço da bacia sanitária. Desconsiderar o volume de água que escoar devido à adição das folhas de papel Kraft.
- Acionar o aparelho de descarga.
- Medir o volume de água descarregado.
- Contar o número de mídias (esponjas e folhas de papel Kraft) que foram removidas na primeira descarga, o número de mídias que permaneceram no poço da bacia sanitária (visíveis) ou no sifão, além do volume de descarga e a ocorrência ou não de obstruções.

- Acionar o aparelho de descarga novamente sem adição de mídias e anotar o número de mídias removidas nesta segunda descarga.
- Repetir os procedimentos até obter quatro resultados. No caso da bacia sanitária remover todas as mídias (20 esponjas e 8 folhas de papel), em cada uma das três primeiras repetições, não é necessário realizar a quarta repetição.

Para bacias sanitárias com caixa acoplada, executar o ensaio com a bancada ajustada para a pressão de (30 ± 3) kPa.

Resultado

O resultado do ensaio deve apresentar o número de mídias (esponjas e folhas de papel Kraft) que foram removidas da bacia sanitária em cada uma das quatro medições, destacando se em algum dos três melhores resultados houve remoção de menos de 22 mídias. Deve ser apresentada a quantidade de mídias removidas na segunda descarga, em cada uma das repetições.

ENSAIO DE TRANSPORTE DE SÓLIDOS

Referência

ABNT NBR 15097-1:2011 - Aparelhos sanitários de material cerâmico - Requisitos e métodos de ensaio.

Material utilizado no ensaio

Esferas de $(19,0 \pm 0,3)$ mm de diâmetro fabricadas em polipropileno ou outro material plástico que não absorva ou reaja com água. A massa específica média das esferas deve estar entre 0,85 e 0,90 g/cm³. Em cada carga de ensaio são usadas 100 esferas que no total devem apresentar massa entre 0,29 kg e 0,34 kg.

Ramal de descarga de tubulação de diâmetro nominal DN 100 com 18 m de comprimento e 1% de declividade, com marcação de 3 em 3 metros. A tubulação deve ser de tubos de PVC rígido provido de janela de inspeção na parte superior, unidos por juntas de anel elásticas, que deve ser conectado à bacia sanitária através de joelho de 90°.

Preparo do corpo de prova

Instalar o ramal de descarga referenciado em 3.2 na saída da bacia sanitária, garantindo a declividade de 1%. Colocar um recipiente volumétrico na extremidade do ramal (Figura 4.B).

Figura 4.B - Ramal de descarga

Execução do ensaio

- Verificar se o fecho hídrico está completo. Se necessário, deve-se lentamente recompor o fecho hídrico inicial;
- Colocar as esferas no poço da bacia;
- Acionar o aparelho de descarga;

-
- Recolher a água descarregada na saída do ramal, em um recipiente adequado para a medida do volume de descarga, medir o volume de água descarregado por funcionamento;
  - Anotar quantas esferas que ficaram em cada faixa de distância do ramal (3 em 3 metros), atribuindo valor zero as esferas que ficaram na bacia, e atribuir 18 metros às esferas que foram removidas do ramal;
  - Para as esferas que ficaram em cada faixa de distância atribuir o valor médio da faixa, ou seja, 1,5 m para a faixa de 0 a 3 m, 4,5 m para a faixa de 3 a 6 m, 7,5 m para a faixa de 6 a 9 m, 10,5 m para a faixa de 9 a 12 m, 13,5 m para a faixa de 12 a 15 m e 16,5 para a faixa de 15 a 18 m, conforme tabela 1;
  - Calcular a distância total ponderada que as esferas foram transportadas, somando os produtos da quantidade de esferas por faixa de distância e o valor médio transportado de cada faixa;
  - Calcular a distância média transportada por esfera, dividindo a distância total ponderada pelo número de esferas utilizadas no ensaio (100);
  - Repetir este procedimento até obter três resultados.

Para bacias sanitárias com caixa acoplada, executar o ensaio com a bancada ajustada para a pressão de (30 ± 3) kPa.

Resultado

O resultado do ensaio deve apresentar a distância média transportada por esfera em cada uma das três repetições, bem como a média aritmética desses valores.

ENSAIO DE REMOÇÃO DE PASTA DE SOJA

REFERÊNCIA

- EPA Water Efficiency Program - Draft High Efficiency Toilet Specification - Version 1.0 - 7 April 2006;
- EPA WaterSense - WaterSense Specification for Tank-Type Toilets - Version 1.1 - 20 May 2011.

MATERIAIS UTILIZADOS NO ENSAIO

Mídias de pasta de soja:

Neste ensaio são utilizadas sete mídias feitas de pasta de soja em cada uma das repetições. Cada mídia deve apresentar as seguintes especificações:

- Massa: (50 ± 4) g;
- Comprimento: (100 ± 3) mm;
- Diâmetro: (25 ± 6) mm;
- Pasta de soja - Densidade: $(1,15 \pm 0,10)$ g/ml. Para obter esta densidade deve-se utilizar 35,5% de água, 33,8% de soja, 18,5% de arroz e 12,2% de sal.

As mídias de pasta de soja podem ser encapsuladas ou não.

1) Se a mídia for encapsulada, colocar a pasta de soja em uma camisinha de látex não lubrificada. Para fechar a mídia, deve-se utilizar um cordão de polímero (ou outro material que não rache ou endureça com o tempo) de 1,0 mm de diâmetro, como mostra a figura 5.B. Mídias com rasgos, cortes, ou outros danos, não devem ser usadas. As mídias podem conter pequenos volumes de ar, entretanto, mídias que boiem não devem ser usadas.

Figura 5.B - esquema de uma mídia de pasta de soja encapsulada

2) Se a mídia não for encapsulada, utilizar um molde para deixá-la com o tamanho necessário.

Mídias de papel:

Essas mídias consistem em 4 bolas de papel higiênico. Cada bola deve ser feita com 6 pedaços de papel higiênico folha simples.

EXECUÇÃO DO ENSAIO

Executar o ensaio com a bancada ajustada para a pressão estática de (345 ± 20) kPa ((50 ± 3) PSIG) e temperatura da água entre 18 °C e 27 °C.

- Instalar a bacia sanitária na bancada de ensaios e verificar se o fecho hídrico está completo e estabilizado (se necessário, deve-se lentamente recompor o fecho hídrico inicial);
- Acionar a descarga 3 vezes;
- Colocar o “guia” sobre a bacia sanitária;
- Soltar livremente as 7 mídias de pasta de soja, uma de cada vez, na vertical através do “guia”;
- Remover o “guia”;
- Soltar aleatoriamente as 4 bolas de papel higiênico no centro do poço da bacia sanitária;
- Desprezar o volume de água escoado devido à adição das mídias;
- Esperar (10 ± 1) segundos e acionar a descarga;
- Medir o volume de água descarregado;
- Contar e anotar as mídias que foram removidas;
- Acionar o aparelho de descarga novamente para retirar qualquer mídia que possa ter ficado no interior da bacia;
- Repetir o procedimento até obter 5 resultados.

RESULTADO

O resultado do ensaio deve apresentar o número de mídias removidas em cada uma das repetições. A bacia sanitária será considerada aprovada se fizer a reposição do fecho hídrico e remover todas as mídias em pelo menos 4 das 5 repetições.

ENSAIO DE TRANSPORTE DE SÓLIDOS DEFORMÁVEIS

Referência

- ABNT NBR 15097-1:2011 - Aparelhos sanitários de material cerâmico - Requisitos e métodos de ensaio.
- The Drainline Transport of Solid Waste in Building - Plumbing Efficiency Research Coalition - November 2012

Material utilizado no ensaio

Mídias de pasta de soja e mídias de papel higiênico:

As mídias de pasta de soja podem ser encapsuladas ou não encapsuladas.

Ramal de descarga

Ramal de descarga de tubulação de diâmetro nominal DN 100 com 18 m de comprimento e 1% de declividade, com marcação de 3 em 3 metros. A tubulação deve ser de tubos de PVC rígido ou acrílico, e deve ser conectado à bacia sanitária através de joelho de 90°.

“Guia” feito de plástico ou material rígido:

Utilizado como referência para jogar as mídias de pasta de soja na bacia sanitária. Este “guia” deve ter uma abertura circular de 50 mm diâmetro localizado a 15 cm do dos furos de colocação do assento e equidistante de cada furo. A espessura máxima do mesmo deve ser de 12 mm.

Preparo do corpo de prova

Instalar o ramal de descarga na saída da bacia sanitária, garantindo a declividade de 1%. Colocar um recipiente volumétrico na extremidade do ramal.

Execução do ensaio

Executar o ensaio com a bancada ajustada para a pressão de (345 ± 20) kPa.

- Verificar se o fecho hídrico está completo. Se necessário, deve-se lentamente recompor o fecho hídrico inicial;
- Colocar as mídias no poço da bacia da seguinte maneira:
  - Colocar o “guia” sobre a bacia sanitária;

- Soltar livremente as 7 mídias de pasta de soja, uma de cada vez, na vertical através do “guia”;
  - Remover o “guia”;
  - Soltar aleatoriamente as 4 bolas de papel higiênico no centro do poço da bacia sanitária;
  - Desprezar o volume de água escoado devido à adição das mídias;
  - Esperar (10 ± 1) segundos;
- Acionar o aparelho de descarga;
- Recolher a água descarregada na saída do ramal em um recipiente adequado;
- Anotar o que ocorreu em cada descarga. No caso da pasta de soja encapsulada, é possível anotar a distância percorrida por cada mídia. Já no caso da pasta de soja não encapsulada, é possível realizar uma estimativa;
- Repetir este procedimento até que todas as mídias saiam do tubo.
- Anotar quantas descargas foram necessárias para limpar o ramal de esgoto.

Resultado

O resultado deve apresentar o que ocorreu em cada descarga, bem como a quantidade de descargas que foi necessária para “limpar” o tubo.

TEMPO DE ENCHIMENTO

Referências

NBR 15491:2010 - Caixa de Descarga para Limpeza de Bacias de Louças Sanitárias - Requisitos e Métodos de Ensaio.

Execução do ensaio

Após instalar a caixa de descarga e ajustar hidráulicamente a bancada para baixa pressão, proceder da seguinte forma:

- Regular a boia, até que o nível da água coincida com o nível operacional, o qual vem marcado na caixa de descarga. Caso esta não possua marcação de nível operacional, não se deve fazer nenhuma regulagem de bóia e o nível a ser marcado corresponde ao nível da água quando a caixa de descarga estiver cheia.
- Acionar a caixa de descarga e, ao mesmo tempo, o cronômetro;
- Determinar o tempo decorrido entre o acionamento da descarga e o momento em que a água atinge o Nível "T". O mesmo é obtido retirando-se 200 ml da caixa de descarga a partir do Nível operacional, com o auxílio de uma proveta.

Resultado

Fazer três medições como a descrita anteriormente e calcular a média desses três valores. Esse valor médio é o tempo de enchimento da caixa de descarga quando essa for alimentada na pressão estática de (30 ± 3) . Consignar como resultado o valor do tempo de enchimento expresso em segundos, com pelo menos dois algarismos significativos.

CAPACIDADE DO EXTRAVASOR

Referências

NBR 15491/2010 - Caixa de Descarga para Limpeza de Bacias de Louças Sanitárias - Requisitos e Métodos de Ensaio.

Execução do ensaio

- Após instalar a caixa e ajustar hidraulicamente a bancada para alta pressão, proceder da seguinte forma:
- Com a alimentação da caixa de descarga cortada, acoplar o peso à torneira de bóia e tirar qualquer eventual obstrução do extravasor;
- Alimentar a caixa em alta pressão 400 kPa + 40 kPa até que o nível da água estabilize-se em alguma posição;
- Medir a distância entre esse nível de água estabilizado e o Nível “F”; O Nível “F”, utilizado no ensaio de capacidade do extravasor, corresponde ao local mais baixo da caixa de descarga, acima do extravasor, por onde possam ocorrer vazamentos numa eventual falha no funcionamento da torneira de bóia. Só devem ser considerados furos (ou qualquer elemento não estanque tais como: dispositivo anti-retorno da torneira de bóia ou extremidade de saída água da torneira ou qualquer outro furo) que estejam acima do nível do extravasor. Assim, deve-se:
  - 1) Nivelar a caixa de descarga;
  - 2) Com a utilização de uma mangueira de nível, obter o nível do furo mais baixo da caixa;
  - 3) Marcar o nível do furo mais baixo (nível “F”) na lateral da caixa.
- No caso do nível da água não estabilizar-se, ou estabilizar-se acima do Nível “F”, atribui-se simplesmente reprovação ao ensaio, não sendo necessária qualquer medida numérica da capacidade do extravasor.

Resultado

Fazer três medições como a descrita anteriormente e calcular sua média. O valor médio obtido representa a distância do nível estabilizado da água ao *nível de afogamento do dispositivo anti-retorno da torneira de bóia* ou da extremidade de saída de água dessa torneira ou de *qualquer outro furo existente no corpo da caixa*, numa condição de eventual falha da torneira de bóia. Consignar como resultado o valor dessa altura, expressa em mm.

ESTANQUEIDADE DA TORNEIRA DE BOIA

Referências

NBR 15491:2010 - Caixa de Descarga para Limpeza de Bacias de Louças Sanitárias - Requisitos e Métodos de Ensaio.

Execução do ensaio

Na condição de alta pressão

Regular para pressão estática de 600 kPa $\pm$ 60 kPa.

Descarregar a caixa e, quando esta estiver vazia, abrir o registro de esfera, aguardar seu enchimento pelo tempo máximo de 240 s, após o que aguardar no máximo 600 s e verificar se a torneira de boia fecha completamente sem que haja fuga de água, deformação permanente na haste da boia ou deterioração de qualquer de suas partes.

Na condição de baixa pressão

Regular para pressão estática de 24 kPa $\pm$ 2 kPa.

Descarregar a caixa e, quando esta estiver vazia, abrir o registro de esfera, aguardar seu enchimento pelo tempo máximo de 240 s, após o que aguardar no máximo 600 s e verificar se a torneira de boia fecha completamente sem que haja fuga de água, deformação permanente na haste da boia ou deterioração de qualquer de suas partes.

Resultado

Consignar como resultado as ocorrências ou não de fuga de água no fechamento da torneira de boia, as eventuais deformações e os valores das pressões estáticas de ensaio.

ESTANQUEIDADE DA CAIXA DE DESCARGA

Referência

NBR 15491:2010 - Caixa de Descarga para Limpeza de Bacias de Louças Sanitárias - Requisitos e Métodos de Ensaio.

Execução do ensaio

- Alimentar a caixa de descarga e regular a boia para que, nesta condição de alimentação, o nível da água coincida com o nível operacional marcado na caixa de descarga. Caso esta não possua tal marcação, deve-se alimentar a caixa até que a torneira de boia, sem qualquer regulagem prévia, impeça a entrada de água na caixa de descarga.
- Cortar a alimentação.
- Recolher em um recipiente a água que venha a vazar pelo obturador ou pelo corpo da caixa durante 24 horas.

Resultado

Consignar como resultado a ocorrência ou não de vazamento pelo obturador e, quando for o caso, se ocorreu ou não vazamento através do corpo da caixa.

ESTANQUEIDADE DE BOIA

Referências

NBR 15491:2010 - Caixa de Descarga para Limpeza de Bacias de Louças Sanitárias - Requisitos e Métodos de Ensaio.

Execução do ensaio

Instalar a caixa de descarga na bancada de ensaio. Em seguida, proceder da seguinte forma:

- retirar a boia da caixa de descarga e determinar a sua massa inicial (m_1);
- colocar a boia novamente na caixa de descarga;
- com o registro de esfera do dispositivo fechado, elevar a pressão estática da água, lida no manômetro, até o valor de (400 ± 40) kPa. Em seguida, tornar a torneira de boia inoperante, na posição totalmente aberta, sem remover nenhum elemento;
- abrir o registro de esfera e aguardar até que o nível da água no interior da caixa estabilize-se em alguma posição. Marcar no corpo da caixa esta posição e fechar o registro de esfera;
- esvaziar a caixa. Em seguida, vedar a saída pelo extravasor e encher a caixa de água novamente, até o nível previamente marcado. Manter nessa condição por 48 h;
- ao final do período, retirar a boia da caixa, enxugá-la e determinar a sua massa final (m_2), para verificar se houve penetração de água em seu interior.

Resultado

Consignar como resultado se houve ou não penetração de água na bóia, determinada pela diferença da massa inicial e massa final ($m_1 - m_2$), considerando uma tolerância de até 0,50 g para a diferença de massa. Caso a diferença de massa seja igual ou inferior a 0,50 g, considera-se que não ocorreu penetração de água na boia.

DETERMINAÇÃO DO ESFORÇO DE ACIONAMENTO

Referências

NBR 15491:2010 - Caixa de Descarga para Limpeza de Bacias de Louças Sanitárias - Requisitos e Métodos de Ensaio.

Execução do ensaio

- Instalar a caixa de descarga e conectá-la ao dispositivo de suprimento de água.
- Ajustar a bancada de ensaio com pressão estática de (400 ± 40) kPa lida no manômetro. Abrir o registro de esfera para permitir o suprimento da caixa de descarga e, paralelamente, ajustar o seu nível operacional nessa condição de pressão.
- Acionar a caixa de descarga, determinando o esforço necessário para tal acionamento.

Resultado

Realizar três medidas e calcular a média dos valores. Consignar como resultado o valor do esforço de acionamento expresso em Newton, com pelo menos dois algarismos significativos.

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA DO MECANISMO DE ACIONAMENTO

Referências

NBR 15491:2010 - Caixa de Descarga para Limpeza de Bacias de Louças Sanitárias - Requisitos e Métodos de Ensaio.

Execução do ensaio

- Instalar a caixa de descarga na bancada de ensaio e conectá-la ao dispositivo de padronização do suprimento de água (não é necessário proceder à ajustagem hidráulica).
- Ajustar a bancada de ensaio com pressão estática de (400 ± 40) kPa lida no manômetro. Abrir o registro de esfera para permitir o suprimento da caixa de descarga e, paralelamente, ajustar o seu nível operacional na condição de pressão.
- Acionar a caixa de descarga com um esforço equivalente a cinco vezes o esforço de acionamento determinado no ensaio de determinação do esforço de acionamento.

Resultado

Consignar como resultado se o mecanismo de acionamento sofreu fraturas ou deteriorações que impeçam o funcionamento normal da caixa de descarga ou alterem o seu aspecto.

VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA À CARGA ESTÁTICA

Referências

NBR 15491:2010 - Caixa de Descarga para Limpeza de Bacias de Louças Sanitárias - Requisitos e Métodos de Ensaio.

Aparelhagem

Dispositivo que possibilite a aplicação de uma carga estática de 100 N, distribuída por um disco rígido de 15 cm de diâmetro, na região frontal e central do corpo da caixa, próximo à tampa. O disco rígido deve ser revestido na face em que entra em contato com a caixa, com material macio e deformável, garantindo contato adequado com a superfície externa. A figura 6.B apresenta a montagem do sistema.

Figura 6.B - Exemplo de dispositivo para aplicação de carga horizontal

Execução do ensaio

- Aplicar, na região frontal e central do corpo da caixa vazia (próxima a tampa), uma carga de compressão de 100 N. Em cada posição, a duração da aplicação deve ser de 300 segundos.
- Com a caixa de descarga cheia até o nível operacional, aplicar a carga de compressão de 100 N da mesma forma que tinha sido feito com a caixa vazia.
- Descarregar a caixa, verificando se ocorreu alguma avaria mecânica ou alteração que impeça o funcionamento normal da caixa.

Resultado

Consignar como resultado a ocorrência ou não de fraturas e deteriorações que impeçam o funcionamento normal da caixa ou alterem seu aspecto exterior.

VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO USO

Referências

NBR 15491:2010 - Caixa de descarga para limpeza de bacias sanitárias - Requisitos e métodos de ensaio.

Procedimento para verificação da resistência ao uso

- Regular a força aplicada no pistão.

O valor a ser ajustado para o acionamento do pistão deve ser baseado no valor obtido no ensaio de esforço de acionamento. Por exemplo, se a força para acionar a descarga foi de 10 N deveremos utilizar 20% a mais, ou seja, 12 N. A força de acionamento utilizada deve ser 20% maior do que a força determinada no ensaio de esforço de acionamento, sendo assim, como o maior esforço de acionamento permitido por norma é 30 N, a força acrescida de 20% será de no máximo 36 N.

Depois da regulagem inicial, a força deve ser verificada com o auxílio do dinamômetro. Caso necessário, ajustar o ar comprimido até chegar à força desejada.

Pelo menos a cada 1000 ciclos verificar a pressão e ajustar a força de acionamento se necessário.

Figura 7.B - Bancada de ensaio - acionador de descarga

– Programação do Temporizador

Regular o tempo de ciclo da bancada de forma que:

- o cilindro permaneça na posição avançada por tempo suficiente para acionar a descarga, ou tempo determinado no manual de instruções, pelo fabricante;
- o tempo total de recuo e novo avanço do cilindro varia de acordo com o tempo total de enchimento da caixa. O tempo total do ciclo varia de acordo com o tempo total de enchimento da caixa acrescido do tempo que o cilindro permanece em posição avançada.

– Início do Ensaio

- Com o registro de esfera totalmente fechado, ligar a motobomba.

Através do registro regular a pressão lida no manômetro em (400 ± 40) kPa. Abrir o registro de esfera para permitir o suprimento da caixa de descarga e, paralelamente, ajustar o seu nível operacional na nova condição de pressão;

- Ligar o dispositivo para funcionamento contínuo e submeter a caixa de descarga a 15 000 ciclos de funcionamento. A cada 1000 ciclos, verificar se o nível na caixa se mantém coincidente com o nível operacional. Também verificar a pressão do acionamento da descarga. Em caso negativo, proceder à regulagem;

- O ensaio deverá ser interrompido se for verificada alguma falha de funcionamento do corpo de prova, como por exemplo, quebra ou dano de qualquer componente dos mecanismos de descarga ou de acionamento, falta de estanqueidade da torneira de boia ou obturador de caixa etc.

- Término do ensaio

Depois de 15 000 ciclos, executar novamente os ensaios de desempenho pós resistência ao uso.

- Verificar a ocorrência de corrosão nas partes metálicas da caixa.

Resultados

Consignar como resultado o número de ciclos executados e o motivo pelo qual o ensaio foi encerrado. No caso de a caixa atingir os 15.000 ciclos, indicar também os resultados das verificações complementares.

APÊNDICE C - Questionários realizados em campo

Este Apêndice apresenta os modelos de questionários utilizados na etapa de campo do estudo.

O primeiro questionário apresentado foi utilizado para verificar os horários de uso dos aparelhos sanitários por habitante.

O segundo questionário foi aplicado para estimar os horários que os moradores costumam ficar em casa durante a semana.

O terceiro questionário foi aplicado diversas vezes após a troca das bacias sanitárias para verificar a satisfação dos usuários com a nova bacia sanitária.

E o último questionário apresentado a seguir foi utilizado para caracterização dos banheiros.

CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS

LOCALIZAÇÃO:
DENOMINAÇÃO:
HIDRÔMETRO:

USUÁRIO Nº	1					2					3					4					5				
Vínculo com o chefe da casa																									
Sexo (M/F)																									
Idade																									
Atividade	C	A	J	B	W	C	A	J	B	W	C	A	J	B	W	C	A	J	B	W	C	A	J	B	W
Hor.																									
0-1																									
1-2																									
2-3																									
3-4																									
4-5																									
5-6																									
6-7																									
7-8																									
8-9																									
9-10																									
10-11																									
11-12																									
12-13																									
13-14																									
14-15																									
15-16																									
16-17																									
17-18																									
18-19																									
19-20																									
20-21																									
21-22																									
22-23																									
23-0																									

C – café da manhã   A – almoço   J – jantar   B – banho   W – uso da bacia sanitária (uso estimado por período)

CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS

Endereço

Nº de moradores – até 05 anos / até 15 anos / mais que 15

Horários que ficam em casa

Endereço	
Nº de moradores	
Até 05 anos de idade	
De 05 a 15 anos de idade	
Acima de 15 anos de idade	

Horários que ficam em casa	Morador 1	Morador 2	Morador 3	Morador 4	Morador 5	Morador 6	Morador 7
0-1							
1-2							
2-3							
3-4							
4-5							
5-6							
6-7							
7-8							
8-9							
9-10							
10-11							
11-12							
12-13							
13-14							
14-15							
15-16							
16-17							
17-18							
18-19							
19-20							
20-21							
21-22							
22-23							
23-0							

SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS

1. Ocorreu entupimento na bacia?
☐ Nunca   ☐ Às vezes
☐ Sempre
2. Ocorreu vazamento de água na bacia?
☐ Nunca   ☐ Às vezes
☐ Sempre
3. Existe necessidade de uma 2ª descarga?
☐ Nunca   ☐ Às vezes
☐ Sempre
4. Caso afirmativo, qual a causa?
☐ Entupimento
☐ Limpeza do poço
☐ Limpeza da parede
5. Quando e se houver uma 2ª descarga, é necessária por:
☐ Número 1
☐ Número 2
6. A descarga remove alguma mancha que tenha ficado na parede?
☐ Sim   ☐ Não
☐ 2ª descarga

7. É utilizado cesto de lixo no banheiro?
☐ Sim   ☐ Não
8. Caso afirmativo, o que nele é depositado?
☐ Papel
☐ Papel/produtos higiênicos
☐ Só outros produtos higiênicos
9. Percebe-se odores no banheiro em períodos de não utilização?
☐ Nunca   ☐ Às vezes
☐ Sempre
10. Foi notado que o nível de água no poço ficava baixo após a descarga?
☐ Nunca   ☐ Às vezes
☐ Sempre
11. Desde a instalação do hidrômetro, o número de pessoas da casa se alterou?
☐ Sim   ☐ Não
12. Caso afirmativo, em que período e quantas pessoas?
 a. ____ a ____ , ____ pes.
 b. ____ a ____ , ____ pes.
 c. ____ a ____ , ____ pes.
 d. ____ a ____ , ____ pes.

13. Como você expressaria a sua satisfação com relação a esta bacia?

- ☐ muito satisfeito
☐ satisfeito
☐ indiferente
☐ insatisfeito
☐ muito insatisfeito

14. O que você sugeriria para o fabricante mudar nessa bacia?

OBSERVAÇÕES:

CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES HABITACIONAIS

CASA _____

Nº da casa: _____ Térreo ou superior: _____ Morador: _____

Modelo instalado atualmente:

_____
_____
_____

Cor atual: _____

a: _____

b: _____

c: _____

d: _____

e: _____

f: _____

g: _____

Altura da entrada d'água: _____

APÊNDICE D - Fotos das bacias sanitárias que foram instaladas em campo

A substituição das bacias sanitárias existentes pelos modelos de bacia sanitária de 4,8 L/descarga ocorreu entre os dias 15 e 17 de setembro de 2015. Este Apêndice apresenta fotos das bacias sanitárias substituídas de cada casa participante do estudo.

Figura D. 1 - Troca da bacia sanitária da Casa 3

Figura D. 2 - Troca da bacia sanitária da Casa 5

Figura D. 3 - Troca da bacia sanitária da Casa 7

Figura D. 4 - Troca da bacia sanitária da Casa 11

Figura D. 5 - Troca da bacia sanitária da Casa 13

Figura D. 6 - Troca da bacia sanitária da Casa 15

Figura D. 7 - Troca da bacia sanitária da Casa 17

Figura D. 8 - Troca da bacia sanitária da Casa 19

Figura D. 9 - Troca da bacia sanitária da Casa 21

Figura D. 10 - Troca da bacia sanitária da Casa 25