



Universidade de Aveiro Departamento de Engenharia Civil
2013

**Pedro Manuel
Ferreira Leitão**

**Contributos para a Conceção de Sistemas de
Drenagem Predial**



**Pedro Manuel
Ferreira Leitão**

**Contributos para a Conceção de Sistemas de
Drenagem Predial**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizado sob a orientação científica do Prof. Doutor Armando Baptista Silva Afonso, Professor Associado Convidado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro.

"O que sabemos é uma gota, o que ignoramos é um oceano"

Isaac Newton, (1643-1727)

O júri

Presidente

Prof. Doutor Ana Luísa Pinheiro Lomelino Velosa
Professora Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade e Aveiro

Arguente

Prof. Doutor Vítor Faria e Sousa
Professor auxiliar do Instituto Superior Técnico

Orientador

Prof. Doutor Armando Silva Afonso
Professor Associado Convidado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Agradecimentos

A toda a minha família, em especial aos meus pais, pelo esforço e pela confiança que me depositaram. Mesmo ausentes fisicamente pai e irmã, serão sempre lembrados pelo caminho que me ajudaram a traçar.

À minha esposa, filhos João e Eduardo, pelo motivação e carinho com que encaramos o dia a dia.

Ao amigo Jorge Rodrigues, prospetor de vendas da Sanindusa Sa, pelo apoio e disponibilidade.

Ao Eng.^o Eusébio Rodrigues, Técnico da empresa Sanindusa Sa., pela disponibilização de normas e de algumas provetes de ensaio de sanitas.

Ao Sr. Miguel Paiva, sócio gerente da empresa Romaplus Sa., pela disponibilização de granulados de polietileno para os ensaios realizados.

Ao Eng.^o Sérgio Soares pelo apoio na realização de alguns ensaios.

Ao meu orientador, Prof. Doutor Armando Silva Afonso, pelo apoio prestado na realização deste trabalho.

palavras-chave

Velocidade no coletor predial, pressão no tubo de queda, drenagem predial

Resumo

O presente trabalho tem o objetivo de contribuir para a análise dos princípios de concepção de sistemas de drenagem predial presentes nas atuais normas europeias.

Neste contexto são estudadas as disposições construtivas decorrentes da nova abordagem da Norma Europeia EN 12056-2:2000.

Adicionalmente, foi efetuado um estudo experimental na base do tubo de queda, para analisar as velocidades de escoamento e pressões em coletores prediais.

Num âmbito mais alargado, o presente trabalho destina-se a auxiliar na revisão do atual Regulamento.

Keywords

flow velocity in building drainage, pressure drop, building drainage

Abstract

The present work aims to contribute to the analysis of the principles of design building drainage systems present in the current European standards.

In this context the building norms arising from the new approach to European Standard EN 12056-2:2000 are studied.

Furthermore, an experimental study was made on the basis of the drop tube to analyze the flow rates and pressure in building drainage collectors.

In a broader scope, this paper is intended to assist in the review of the current Regulation.

Índice

Capítulo 1 - Introdução	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Motivação	2
1.3. Objetivos	2
1.4. Estratégia.....	2
1.5. Organização	3
Capítulo 2 - Drenagem predial de águas residuais	5
2.1. Contexto do Decreto Regulamentar n.º 23/95.....	5
2.1.1 Regras gerais e conceção dos sistemas.....	5
2.1.2. Elementos de base para dimensionamento	6
2.1.2.1. Caudais de descarga e de coeficientes de simultaneidade	6
2.1.3. Tubagens	7
2.1.3.1. Ramais de descarga.....	7
2.1.3.2. Ramais de ventilação	9
2.1.3.3. Tubos de queda.....	10
2.1.3.4. Colunas de ventilação	12
2.1.3.5. Coletores prediais	13
2.1.3.6. Câmara de ramal de ligação	14
2.1.4. Acessórios.....	14
2.1.4.1. Sifões.....	14
2.1.4.2. Ralos.....	15
2.1.4.3. Câmaras de inspeção.....	15
2.1.5. Instalações complementares.....	15
2.1.5.1. Instalações elevatórias (Câmaras elevatórias)	15
2.1.5.1.1. Câmaras retentoras.....	16
2.1.5.1.3. Dispositivos de descarga.....	17
2.1.6. Ensaios.....	17
2.1.6.1. Obrigatoriedade e finalidade	17
2.1.6.2. Obrigatoriedade e finalidade	17
2.1.6.3. Ensaios de eficiência.....	18
2.2. Contexto da Norma Europeia EN 12056	18
2.2.1. Generalidades.....	18

2.2.2. Regras de traçado	21
2.2.3. Bases de dimensionamento	22
2.2.3.1. Caudais de cálculo	22
2.2.3.2. Ramais de descarga não ventilados	24
2.2.3.3. Ramais de descarga ventilados	25
2.2.3.4. Válvulas de admissão de ar para ramais	26
2.2.3.5. Tubos de queda com ventilação primária.....	27
2.2.3.6. Tubos de queda com ventilação secundária	27
Capítulo 3 - Princípios de Hidráulica nos Sistemas de Drenagem	29
3.1 Introdução	29
3.1.1. Sistema de drenagem de águas residuais	30
3.1.2. Sifão.....	31
3.2. Análise bibliográfica.....	33
3.2.1. Fluxo de bolha num tubo horizontal.....	33
3.2.2. Análise CFD da velocidade terminal no tubo de queda	35
3.2.3. Determinação da velocidade final do escoamento num sistema de drenagem através de CFD	36
3.2.4. Estudo empírico da velocidade final num tubo de drenagem.....	38
Capítulo 4 - Pormenores Construtivos	41
4.1. Generalidades	41
4.2. Ventilação	41
4.2.1. Sistemas de drenagem com ventilação primária	41
4.2.1.1. Sistema de ventilação primária para edifícios de 2 pisos ($h \leq 4m$)	42
4.2.1.2. Sistemas de ventilação primária para edifícios de 3 a 5 pisos ($h \leq 12m$)	43
4.2.1.3. Sistemas de ventilação primária para edifícios com mais de 5 pisos ($h > 12m$).....	43
4.2.2. Sistemas de ventilação paralela direta e indireta.....	44
4.2.2.1. Sistemas de ventilação paralela para edifícios de 3 a 5 pisos ($h \leq 12m$)	45
4.2.2.2. Sistemas de ventilação paralela para edifícios com 3 a 5 pisos ($h > 12m$)	45
4.2.2.3. Sistemas de ventilação paralela indiretos.....	46
4.1.3. Sistemas de drenagem com ventilação secundária.....	48
4.1.4. Tubo de queda.....	49
4.1.5. Ligações ao tubo de queda.....	50
4.1.6. Configurações da base do tubo de queda.....	51
4.1.6. Forquilha misturadora	52

4.1.7. Bocas de inspeção	53
Capítulo 5 - Ensaio Laboratoriais.....	55
5.1. Modelo Laboratorial	55
5.2. Equipamentos	58
5.2.1. Câmara de filmar	58
5.2.2. Câmara fotográfica	58
5.2.3. Câmara Telescópica	59
5.2.4. Provetes de ensaio.....	59
5.3. Caso de estudo.....	60
5.3.1. Objetivos.....	60
5.3.2. Metodologia	60
5.3.3. Resultados obtidos.....	64
5.3.4. Medição do Ressalto e Regolfo associados	69
Capítulo 6 - Conclusões	73
6.1. Principais resultados obtidos e análise conclusiva	73
6.2 Sugestões para trabalhos futuros	75
Referências Bibliográficas	77
Anexos	

Índice Figuras

Figura 1 - Valores mínimos de prolongamento do tubo de queda (Anexo XX DR n.º 23/95)	11
Figura 2 - Configurações de sistemas com ventilação primária	19
Figura 3 - Configuração de sistemas com ventilação secundária	19
Figura 4 - Configuração de ramais de descarga não ventilados	20
Figura 5 - Configurações de ramais de descarga ventilados	20
Figura 6 - Zonas de pressões positivas/depressões na base de um tubo de queda	21
Figura 7- Pressões positivas ou negativas originadas na ligação ao tubo de queda, em função da solução de ligação adotada (Silva Afonso, 2012)	22
Figura 8 - Elementos do sistema de drenagem	29
Figura 9 - Rácio de ar/água h/d dos tubos horizontais	30
Figura 10 - Circulação de ar e de água nos tubos de queda	30
Figura 11 - Estrutura de um sistema de drenagem de águas residuais de um edifício habitacional.....	31
Figura 12 - Movimento do fecho hídrico no sifão	31
Figura 13- Sifonagem causada por depressão (a) e por compressão (b).....	32
Figura 14 - Autosifonagem do aparelho sanitário	32
Figura 15 - Padrões de fluxo de gás/liquido nos tubos horizontais	33
Figura 16 - Regime de fluxo de duas fases, horizontal (Taitel, Dukler, 1976)	34
Figura 17 - Modelo sem e com sifão (Kajiya, Sakaue, et al., 2008).....	35
Figura 18 - Diagrama esquemático do sistema de drenagem (Lee, Wong, et al., 2010)	36
Figura 19 - Secção transversal do ramal de ligação (Lee, Wong, et al., 2010)	37
Figura 20 - Curvas de nível da velocidade superficial nos caudais adotados (Lee, Wong, et al., 2010)	38
Figura 21 - Esquema da interação ar/água dentro do tubo (Cheng, Liao, et al., 2009)	39
Figura 22 - Ventilação primária, sem coletor de ventilação (a) e com coletor de ventilação (b)	42

Figura 23- Ventilação primária, com coletor de ventilação (a) e sem coletor de ventilação (b)	42
Figura 24 - Ventilação primária, edifício 3 a 5 pisos, coletor enterrado pavimento da cave (a) e coletor suspenso no teto da cave (b)	43
Figura 25 - Ventilação primária, edifício mais de 5 pisos, coletor enterrado pavimento da cave (a) e coletor suspenso no teto (b)	44
Figura 26 - Ventilação secundária paralela direta e indireta e com ligações	44
Figura 27 - Ventilação paralela direta, edifício 3 a 5 pisos, coletor enterrado pavimento da cave (a) e coletor suspenso no teto (b)	45
Figura 28 - Ventilação paralela direta, edifício com mais de 5 pisos, coletor enterrado pavimento da cave (a) e coletor suspenso no teto (b)	46
Figura 29 - Ventilação paralela indireta, edifício 3 a 5 pisos, coletor enterrado pavimento da cave (a) e coletor suspenso no teto (b)	47
Figura 30 - Ventilação paralela indireta, edifício com mais de 5 pisos, coletor enterrado pavimento da cave (a) e coletor suspenso no teto (b)	47
Figura 31 - Ventilação paralela indireta, ligação intermédia dos ramais de descarga com comprimento superior a 10m	48
Figura 32 - sistemas de drenagem com ventilação secundária	49
Figura 33 - Tipos de ligações ao tubo de queda	50
Figura 34 - Configurações da base do tubo de queda	51
Figura 35 - ligação de dispositivo após a base do tubo de queda	52
Figura 36 - Forquilha misturadora	53
Figura 37 - localização das bocas de inspeção	53
Figura 38 - Torre hidráulica do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro (U.A.)	55
Figura 39 - Configuração do tubo de queda A e B	56
Figura 40 - Configuração do tubo de queda C e D	57
Figura 41 - Configuração do tubo de queda E e F	57

Figura 42 - Máquina filmar Panasonic NV-DS35	58
Figura 43 - Máquina fotográfica Canon 650 D	58
Figura 44 - Câmara telescópica	59
Figura 45 - Provete de ensaio	60
Figura 46 - Esquema do ensaio no tubo de queda A	61
Figura 47 - Manómetro de pressão	61
Figura 48 - Duas curvas a 45° com rotação de 43,75° entre elas	62
Figura 49 - Apresentação do programa "Studio 8 da Pinnacle"	64
Figura 50 - Gráfico comparativo de pressões, curva a 90°	65
Figura 51 - Gráfico comparativo de pressões 2 curvas a 45°	66
Figura 52 - Gráfico comparativo de pressões 2 curvas a 45° com rotação 43,75°	66
Figura 53 - Gráfico de velocidades de duas partículas, curva a 90°	67
Figura 54 - Gráfico de velocidades de duas partículas, 2 curvas a 45° com rotação 43,75°	67
Figura 55 - Gráfico de velocidades de duas partículas, curva a 90°	68
Figura 56 - Comprimento ressalto/regolfo (Tubo aberto, 2 curvas 45° rot. 43,75°)	70
Figura 57 - Comprimento ressalto/regolfo (tubo Obstruído, 2 curvas 45° rot. 43,75°)	71
Figura 58 - Comprimento ressalto/regolfo (tubo obstruído, 2 curvas 45°)	71
Figura 59 - Comprimento ressalto/regolfo (tubo aberto, 2 curvas 45°)	72

Índice Tabelas

Tabela 1 - Caudais de cálculo de águas residuais domésticas em função dos caudais acumulados (Anexo XV DR n.º 23/95).....	7
Tabela 2 - Caudais de descarga dos aparelhos e equipamentos sanitários e características geométricas de ramais de descarga e sifões a considerar em aparelhos de utilização mais corrente (Anexo XIV DR n.º 23/95)	8
Tabela 3 - Distâncias máximas entre os sifões e as secções ventiladas para escoamento a secção cheia (Anexo XVI DR n.º 23/95)	9
Tabela 4 - Taxas de ocupação de tubos de queda sem ventilação secundária (Anexo XVII DR n.º 23/95)	10
Tabela 5 - Dimensionamento de tubos de queda de águas residuais domésticas (Anexo XVIII DR n.º 23/95).....	11
Tabela 6 - Dimensionamento de colunas de ventilação secundária (Anexo XXI DR n.º 23/95)	13
Tabela 7 - Unidade de descarga (DU) para diversos aparelhos sanitários (EN 12056-2, 2000)	22
Tabela 8 - Diâmetros nominais (DN) a considerar em ramais não ventilados, em função do caudal de dimensionamento (EN 12056-2, 2000)	24
Tabela 9 - Limitações a considerar em ramais não ventilados (EN 12056-2, 2000).....	24
Tabela 10 - Limitações a considerar em ramais não ventilados no sistema III (EN 12056-2, 2000)	25
Tabela 11 - Diâmetros nominais (DN) a considerar em ramais ventilados, em função do caudal de dimensionamento (EN 12056-2, 2000)	25
Tabela 12 - Limitações a considerar em ramais ventilados (EN 12056-2, 2000)	26
Tabela 13 - Limitações a considerar em ramais ventilados no sistema III (EN 12056-2, 2000)	26
Tabela 14 - Caudais de ar para válvulas de admissão de ar em ramais de descarga (EN-12056,2000).....	27

Tabela 15 - Caudais máximos ($Q_{m\acute{a}x}$) em tubos de queda com ventilação primária em função dos respectivos diâmetros nominais (EN-12056,2000)	27
Tabela 16 - Caudais máximos ($Q_{m\acute{a}x}$) em tubos de queda com ventilação secundária, em função dos respectivos diâmetros nominais (EN-12056,2000).....	28
Tabela 17 - Resultados obtidos (Lee, Wong, et al., 2010)	37
Tabela 18 - Configuração do tubo de queda coletor enterrado pavimento da cave.....	49
Tabela 19 - Configuração do tubo de queda coletor suspenso no teto.....	50
Tabela 20 - Comprimento do ressalto/regolfo (tubo de queda aberto para a atmosfera)	69
Tabela 21 - Comprimento do ressalto/regolfo (tubo de queda obstruído)	70

Lista de acrónimos e siglas

RGSPDADAR - Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e de Drenagem de Águas Residuais e Prediais de Distribuição de Água

DN – Diâmetro nominal

PN – Pressão nominal

DU - Unidade de descarga

PEAD - Polietileno de Alta Densidade

PVC – Policloreto de vinil

D.E.C.U.A. - Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Capítulo 1

Introdução

1.1. Enquadramento

Ao longo dos tempos o abastecimento de águas e drenagem de águas residuais têm sido um dos principais fatores de desenvolvimento da civilização. Sem abastecimento não teria sido possível, as civilizações desenvolverem-se e assegurarem níveis adequados de saúde pública.

No domínio dos esgotos, o sistema mais antigo conhecido foi realizado no Paquistão, 2500 a.C.. Tubagens de grés conduziam as águas residuais para canais cobertos, que corriam ao longo das ruas e desembocavam nos campos, adubando e regando as culturas (Silva Afonso, 2001).

Os gregos e os romanos construíram também redes de drenagem em diversas cidades. Em Roma, 600 anos antes de Cristo, foi construída a chamada "Cloaca Máxima", um coletor em tijolo (inicialmente em canal mas posteriormente coberto) com cerca de 3.5 metros de diâmetro, que ainda se mantém em funcionamento (Silva Afonso, 2012).

Também o projeto e a instalação de sistemas de drenagem dentro dos edifícios para recolha de efluentes se tem desenvolvido desde há muitas décadas e é uma parte essencial dos hábitos e das atividades humanas, contudo a errada conceção ou o descuido da manutenção destes sistemas pode causar sérios problemas a curto médio prazo (Sakaue, 2010).

A conceção de sistemas de drenagem predial de edifícios passa essencialmente pela prevenção da entrada de odores desagradáveis para os dispositivos e o abastecimento suficiente de água, para o arrastamento de sólidos (Swaffield e Galowin, 1992).

Todas as águas residuais recolhidas acima ou ao nível do arruamento onde está instalado o coletor público em que vão ser descarregadas, devem ser escoadas para este coletor por ação da gravidade (Martins, 2007).

1.2. Motivação

Com a introdução da Norma Europeia EN 12056:2000, surge a necessidade de adequar o Regulamento Geral Português (DR 23/95) à nova norma.

A norma Europeia vem apresentar uma nova abordagem de cálculo para as redes de drenagem prediais. No âmbito da presente diretriz esta nova abordagem será testada e ensaiada na torre hidráulica do laboratório do departamento de Engenharia Civil.

1.3. Objetivos

Esta Dissertação vem no seguimento de investigações anteriores na U. A. ligadas à recente Norma Europeia EN 12056-2:2000, que introduziu uma nova abordagem de cálculo para redes de drenagem prediais.

O objetivo do presente trabalho vai no sentido de ser necessário compatibilizar essa abordagem com as práticas de dimensionamento habituais em Portugal, decorrentes do atual Regulamento Geral.

A frente da dissertação vai ser centrada na análise do escoamento na zona da base do tubo de queda, para isso serão realizados ensaios "pull-out" e analisadas várias concordâncias com o recurso a curvas (45° e a 90°). Torna-se também pertinente a análise e verificação da distância mínima para a ligação de dispositivos (10 DN), após a base do tubo de queda, conforme prescrito na EN 12056-2:2000, afim de evitar efeitos negativos ou variações de pressão nos sifões.

1.4. Estratégia

Os ensaios foram realizados na torre hidráulica que se encontra no Laboratório do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. Os ensaios visaram analisar as descargas de determinados aparelhos sanitários com o auxílio de Câmaras fotográficas e

documentar o percurso dos líquidos ao longo das diferentes canalizações e respetivos acessórios de ligação.

Para a simulação dos líquidos que percorrem os diferentes pontos em estudo, torna-se necessário adicionar algo que simule um sistema de drenagens real.

1.5. Organização

Este trabalho tem por título "Contributos para a conceção de sistemas de drenagem" e está dividido em seis capítulos.

No primeiro capítulo são apresentados o enquadramento, objetivos e estratégias para a realização do trabalho.

O capítulo dois é o resumo do Decreto Regulamentar n.º 23/95 e da EN 12056-2:2000.

No capítulo três são apresentados os princípios de hidráulica e a configuração dos elementos de um sistema de drenagem predial

No capítulo quatro são apresentados pormenores construtivos para execução de sistemas de drenagem de acordo com o estabelecido na EN 12056-2:2000 (baseado na publicação italiana da Valsir).

No capítulo cinco descreve-se o objetivo, a metodologia e o caso em estudo sobre o comportamento no coletor predial quando sujeito a descargas simples e simultâneas de aparelho sanitários.

No capítulo seis são tiradas conclusões dos ensaios realizados e formulam-se sugestões para trabalhos futuros.

Capítulo 2

Drenagem predial de águas residuais

2.1. Contexto do Decreto Regulamentar n.º 23/95

2.1.1 Regras gerais e conceção dos sistemas

O RGSPDADAR, designado por "Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e de Drenagem de Águas Residuais e Prediais de Distribuição de Água", aprovado pelo Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto, compilou e atualizou até esta data a matéria relativa aos sistemas públicos e prediais de distribuição de águas prediais e de drenagem de águas residuais e aprovou os princípios gerais a que devem obedecer a respetiva conceção, construção e exploração na matéria atrás referida.

O regulamento atualmente em vigor divide-se em sete partes designadas por títulos:

Titulo I - Disposições gerais

Titulo II - Disposições gerais

Titulo III - Sistemas de distribuição predial de água

Titulo IV - Sistemas de drenagem pública de águas residuais

Titulo V - Sistemas de drenagem predial de águas residuais

Titulo VI - Estabelecimento e exploração de sistemas públicos

Titulo VII - Estabelecimento e exploração de sistemas prediais

Entre as disposições de base importa referir-se que, a montante das câmaras de ramal de ligação, é obrigatória a separação dos sistemas de drenagem de águas residuais domésticas dos de

águas pluviais. As águas residuais, após eventual tratamento adequado de acordo com as suas características físicas, químicas e microbiológicas, podem ser conduzidas ao sistema de drenagem de águas residuais domésticas ou pluviais, conforme a sua semelhança. Neste trabalho irá ser abordado o sistema de drenagem de águas residuais domésticas (D.R. nº. 23/95, 1995).

Na conceção de um sistema de drenagem de águas residuais doméstica ter-se-á sempre uma ventilação primária, que é obtida pelo prolongamento do tubo de queda na atmosfera, ou na falta deste, pela instalação de colunas de ventilação, situadas nos extremos de montante dos coletores prediais. Além deste tipo de ventilação, os sistemas devem dispor, quando necessário, de ventilação secundária, parcial ou total, realizada através de colunas ou de ramais e colunas de ventilação. A rede de ventilação de águas residuais domésticas deve ser independente de qualquer outro sistema de ventilação do edifício (D.R. nº. 23/95, 1995).

Sempre que na remodelação ou ampliação de um sistema haja aumento do caudal de ponta, deve comprovar-se a eficiência da capacidade de transporte dos tubos de queda e coletores prediais e da ventilação do sistema (D.R. nº. 23/95, 1995).

Todas as águas residuais recolhidas acima ou ao mesmo nível do arruamento onde está instalado o coletor público em que vão descarregar devem ser escoadas para este coletor, por meio da Ação da gravidade (D.R. nº. 23/95, 1995). As águas residuais recolhidas abaixo do nível do arruamento, como é o caso de caves, mesmo que localizadas acima do nível do coletor público, devem ser elevadas para um nível igual ou superior ao do arruamento, atendendo ao possível funcionamento em carga do coletor público, com o conseqüente alagamento das caves. Em casos especiais, a aplicação de soluções técnicas que garantam o não alagamento das caves pode dispensar a exigência do número anterior (D.R. nº. 23/95, 1995).

2.1.2. Elementos de base para dimensionamento

2.1.2.1. Caudais de descarga e de coeficientes de simultaneidade

Os caudais de descarga a atribuir aos aparelhos e equipamentos sanitários devem estar de acordo com o fim específico a que se destinam. Os valores mínimos dos caudais de descarga a considerar nos aparelhos e equipamentos sanitários são os indicados no anexo XIV do DR n.º 23/95.

Deve ter-se em conta a possibilidade do funcionamento não simultâneo da totalidade dos aparelhos e equipamentos sanitários, considerando-se na determinação do caudal de cálculo o

coeficiente de simultaneidade mais adequado. Apresenta-se no anexo XV do DR n.º 23/95, uma curva que, tendo em conta os coeficientes de simultaneidade, fornece os caudais de cálculo em função dos caudais acumulados e pode ser utilizada para os casos correntes de habitação (D.R. n.º 23/95, 1995).

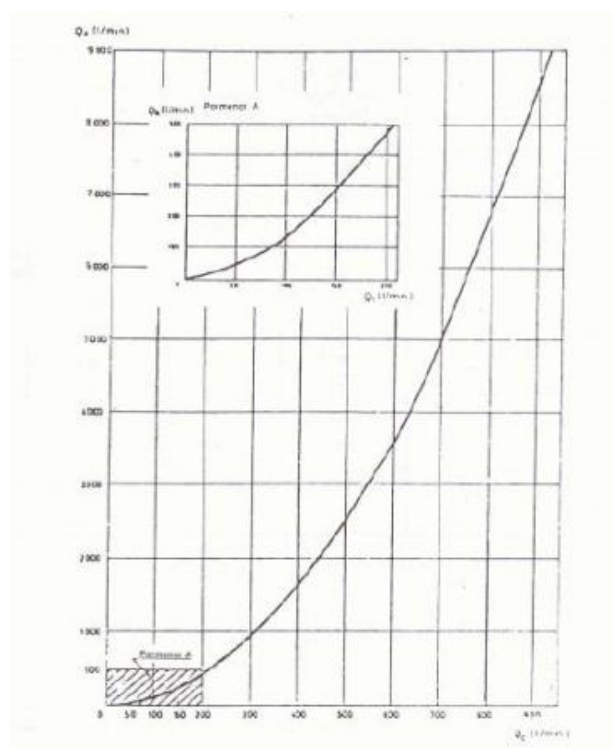
2.1.3. Tubagens

2.1.3.1. Ramais de descarga

Os ramais de descarga servem para condução dos caudais ramais de cada aparelho sanitário ao tubo de queda ou quando estes não existam, aos coletores prediais (D.R. n.º 23/95, 1995).

Os caudais de cálculo dos ramais de descarga de águas residuais domésticas são obtidos nos caudais de descarga atribuídos aos aparelhos sanitários, dados pela tabela 1 constante do Anexo XIV no Decreto Regulamentar n.º 23/95 e nos coeficientes de simultaneidade. Apresenta-se no anexo XV uma curva que tendo em conta os coeficientes de simultaneidade, fornece os caudais de cálculo em função dos caudais acumulados e pode ser utilizada para os casos correntes de habitação (D.R. n.º 23/95, 1995).

Tabela 1 - Caudais de cálculo de águas residuais domésticas em função dos caudais acumulados (Anexo XV DR n.º 23/95)



Os diâmetros nominais mínimos admitidos para os ramais de descarga individuais dos aparelhos sanitários são os fixados no anexo XIV do DR n.º 23/95 e as inclinações variam entre os 40 e os 90 milímetros conforme tabela 2. (D.R. n.º. 23/95, 1995).

Tabela 2 - Caudais de descarga dos aparelhos e equipamentos sanitários e características geométricas de ramais de descarga e sifões a considerar em aparelhos de utilização mais corrente (Anexo XIV DR n.º 23/95)

Aparelho	Caudal de descarga (l/min.)	Ramal de descarga (milímetros)	Sifão		
			Diâmetro mínimo (milímetros)	Fecho hídrico (milímetros)	
Bacia de retrete.....	90	90	(1)	50	
Banheira	60	40	30		
Bidé	30	40	30		
Chuveiro.....	30	40	30		
Lavatório	30	40	30		
Máquina lava-louça.....	60	50	40		
Máquina lava-roupa	60	50	40		
Mictório de espaldar.....	90	75	60		
Mictório suspenso	60	50	(a)		
Pia lava-louça.....	30	50	40		
Tanque.....	60	50	30		
Máquinas industriais e outros aparelhos não especificados.	Em conformidade com as indicações do fabricante				

(a) Sifão incorporado no próprio aparelho.

O traçado dos ramais de descarga devem ser feitos por troços retilíneos unidos por curvas de concordância, facilmente desobstruíveis sem a necessidade de proceder à sua desmontagem, ou por caixas de reunião. O troço vertical dos ramais de descarga não devem exceder os 2 metros de altura.

Os ramais de descarga das bacias de retrete e os das águas de sabão devem ser normalmente independentes. Os ramais de descarga de águas de sabão ou urinóis só podem ser ligados a ramais de descarga de bacias de retrete desde que esteja assegurada a adequada ventilação secundária dos primeiros, evitando o fenómeno de sifonagem induzida. A ligação dos ramais de descarga ao tubo de queda ou ao coletor predial deve ser feita através de forquilhas (com ângulo de inserção inferior a 45º) ou no caso da inserção nos coletores prediais através de câmaras de inspeção (D.R. n.º. 23/95, 1995).

No dimensionamento hidráulico-sanitário dos ramais de descarga de águas residuais domésticas deve ter-se em atenção: os caudais de cálculo, as inclinações que se devem situar entre 10 e 40mm/m, a rugosidade do material e o risco de perda do fecho hídrico (D.R. n.º. 23/95, 1995). O presente diploma possibilita o dimensionamento dos ramais de descarga individuais para escoamento a secção cheia desde que sejam respeitadas as distâncias entre sifão e a secção

ventilada conforme Anexo XVI (Tabela 3). Impõe que os ramais de descarga devem ser dimensionados a meia secção quando não se verifica a distância descrita anteriormente, nos sistemas sem ramais de ventilação ou em ramais de descarga não individuais.

2.1.3.2. Ramais de ventilação

Os ramais de ventilação servem para manutenção do fecho hídrico nos sifões sempre que este não esteja assegurado pelas restantes condições exigidas (D.R. n.º 23/95, 1995).

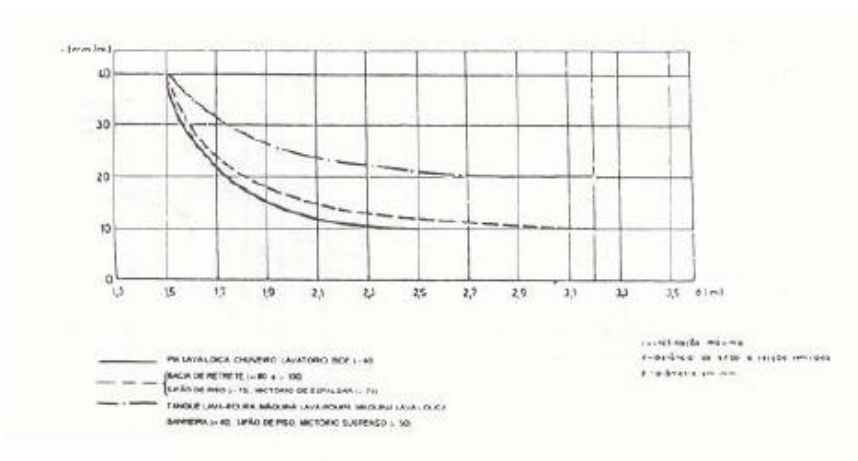
O diâmetro dos ramais de ventilação não deve ser inferior a dois terços do diâmetro dos ramais de descarga respetivos e não devem diminuir de diâmetro no sentido ascendente (D.R. n.º 23/95, 1995).

Os ramais de ventilação devem ser constituídos por troços retilíneos, ascendentes e verticais, prolongando-se pelo menos 15 centímetros acima do aparelho sanitário mais elevado a ventilar por esse ramal.

A ligação à coluna de ventilação deve ser feita por troços com a inclinação mínima de 2%, afim de assegurar o escoamento da água condensada para o ramal de descarga.

A inserção do ramal de ventilação no ramal de descarga deve fazer-se a uma distância do sifão a ventilar não inferior ao dobro do diâmetro deste ramal nem superior ao indicado no anexo XVI do DR n.º 23/95 (D.R. n.º 23/95, 1995).

Tabela 3 - Distâncias máximas entre os sifões e as secções ventiladas para escoamento a secção cheia (Anexo XVI DR n.º 23/95)



2.1.3.3. Tubos de queda

Os tubos de queda de águas residuais domésticas têm por finalidade a condução destas, desde os ramais de descarga até aos coletores prediais. A taxa de ocupação num tubo de queda consiste na razão entre a área ocupada pela massa líquida e a área da secção interior do tubo conforme tabela 4 do anexo XVII do DR n.º 23/95 (D.R. n.º 23/95, 1995).

Tabela 4 - Taxas de ocupação de tubos de queda sem ventilação secundária (Anexo XVII DR n.º 23/95)

Diâmetro do tubo de queda (milímetros)	Taxa de ocupação t_v
D = 50.....	Um terço
50 < D ≤ 75.....	Um quarto
75 < D ≤ 100.....	Um quinto
100 < D ≤ 125.....	Um sexto
D > 125.....	Um sétimo

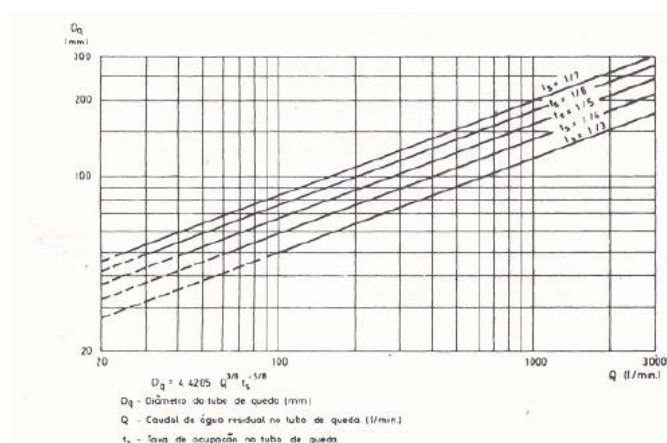
No dimensionamento hidráulico-sanitário de tubos de queda de águas residuais domésticas deve ter-se em atenção os caudais de cálculo que se baseiam em caudais de descarga e a taxa de ocupação, que não deve exceder o valor de um terço em sistemas com ventilação secundária, devendo descer até um sétimo em sistemas sem ventilação secundária, de acordo com a tabela 4 do anexo XVII do DR n.º 23/95 (D.R. n.º 23/95, 1995).

O traçado dos tubos de queda deve ser vertical, preferencialmente formando um único alinhamento reto. Quando não for possível evitar mudança de direção, estas devem ser executadas por curvas de concordância, devendo o valor da translação não exceder 10 vezes o diâmetro do tubo de queda (D.R. n.º 23/95, 1995). No caso de exceder o valor da translação, o troço intermédio de fraca pendente deve ser tratado como coletor predial (D.R. n.º 23/95, 1995).

A concordância dos tubos de queda de águas residuais domésticas com troços de fraca pendente faz-se por curvas de transição de raio não inferior ao triplo do seu diâmetro, tomando como referência o eixo do tubo, ou por duas curvas de 45° eventualmente ligadas por um troço reto (D.R. n.º 23/95, 1995).

O dimensionamento do tubo de queda de águas residuais domésticas deve obedecer ao prescrito na tabela 5.

Tabela 5 - Dimensionamento de tubos de queda de águas residuais domésticas (Anexo XVIII DR n.º 23/95)



O diâmetro dos tubos de queda de águas residuais domésticas deve ser constante em toda a sua extensão e não devem ser de dimensão inferior ao diâmetro dos ramais a ele ligado, com mínimo de 50 milímetros. Quando o caudal de cálculo nos tubos de queda com altura superior a 35 metros for maior que 700 l/min, ser obrigatório a instalação de coluna de ventilação (D.R. n.º 23/95, 1995).

A abertura para o exterior dos tubos de queda de águas residuais domésticas deve obedecer ao seguinte: localizar-se 50 centímetros acima da cobertura do edifício ou 2 metros acima do nível do terraço; exceder mais de 20 centímetros o capelo da chaminé que se situar a uma distância inferior a 50 centímetros da abertura; elevar-se pelo menos 1m acima das vergas dos vãos de qualquer porta, janela ou fresta de tomada de ar, localizadas a uma distância inferior a 4m; proteger a abertura com rede para impedir a entrada de matéria sólida e pequenos animais, conforme figura 1 (D.R. n.º 23/95, 1995).

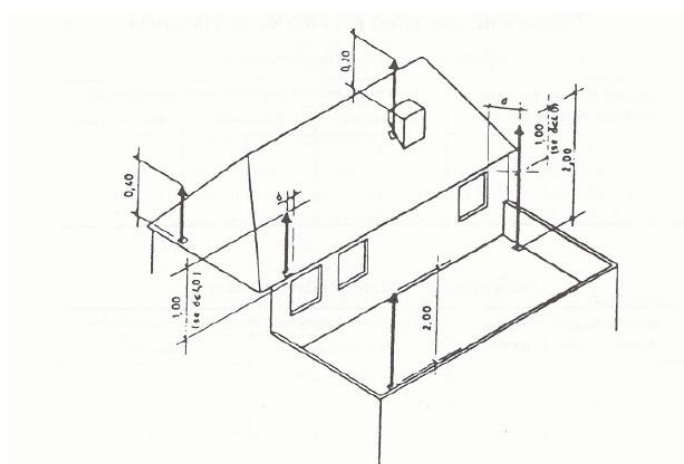


Figura 1 - Valores mínimos de prolongamento do tubo de queda (Anexo XX DR n.º 23/95)

A instalação de bocas de limpeza em tubos de queda de águas residuais domésticas são obrigatórias em mudanças de direção, próximo da mais alta inserção dos ramais de descarga, no mínimo de três em três pisos, junto à inserção com o coletor predial desde não seja possível instalar uma câmara de inspeção.

As bocas de limpeza devem ser instaladas em locais de fácil acesso e utilização e ter diâmetro no mínimo igual ao do respetivo tubo de queda e a sua abertura deve estar tão próxima deste quanto possível (D.R. nº. 23/95, 1995).

Os tubos de queda de águas residuais domésticas devem ligar aos coletores prediais após instalação de curvas de concordância e a inserção naqueles deve ser efetuada por meio de forquilhas ou câmaras de inspeção, consoante se trate, respetivamente, de coletores facilmente acessíveis ou enterrados. Se a distância entre o coletor predial e o troço vertical do tubo de queda for superior a 10 vezes o diâmetro deste, deve garantir-se a ventilação secundária ou ser instalada uma câmara de inspeção àquela distância ou ainda solução equivalente que assegure a ventilação primária, tendo em vista atenuar as consequências do ressalto hidráulico.

2.1.3.4. Colunas de ventilação

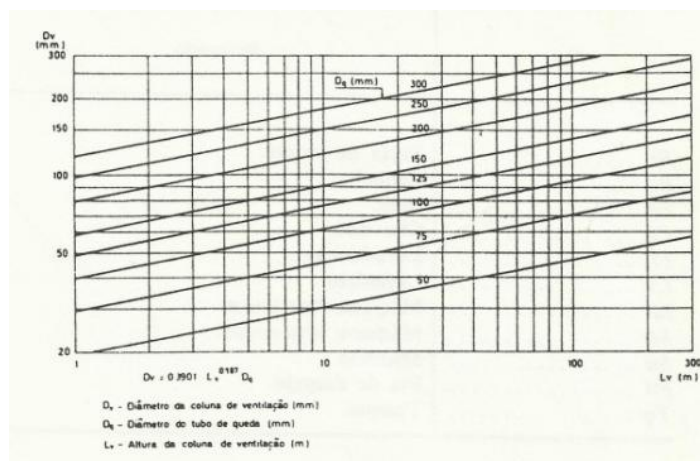
As colunas de ventilação têm por finalidade complementar a ventilação efetuada através dos tubos de queda, sempre que a taxa de ocupação nestes seja superior ao valor de um sétimo ou quando os ramais de ventilação exijam. As colunas de ventilação têm ainda por finalidade assegurar a ventilação da rede quando não existam tubos de queda.

Para dimensionamento de colunas de ventilação deve ter-se em atenção a sua altura e o diâmetro dos respetivos tubos de queda, de acordo com o anexo XXI do DR n.º 23/95. A secção da coluna de ventilação não deve diminuir no sentido ascendente (D.R. nº. 23/95, 1995).

O traçado das colunas de ventilação devem ser idênticos aos utilizados para os tubos de queda, devendo estes ter origem no coletor predial, a uma distância dos tubos de queda de cerca de 10 vezes o diâmetro destes e terminar pelo menos 1 metro acima da inserção de qualquer ramal de descarga ou então abrir diretamente na atmosfera, devem ser ligados aos tubos de queda no mínimo de três em três pisos. Na ausência de tubo de queda ter o seu início nas extremidades de montante dos coletores prediais (D.R. nº. 23/95, 1995).

As colunas de ventilação podem ser instaladas, de preferência, em galerias verticais facilmente acessíveis. O seu dimensionamento obedece ao prescrito na tabela 6.

Tabela 6 - Dimensionamento de colunas de ventilação secundária (Anexo XXI DR n.º 23/95)



2.1.3.5. Coletores prediais

Os coletores prediais têm por finalidade a recolha de água residuais provenientes de tubos de queda, de ramais de descarga situados no piso superior adjacente e de condutas elevatórias e fazer a condução para o ramal de ligação ou para outro tubo de queda (D.R. n.º. 23/95, 1995).

O traçado dos coletores prediais deve ser retilíneo tanto em planta como em perfil. Nos casos em que este é enterrado devem ser implantadas câmaras de inspeção no início, em mudanças de direção, de inclinação, de diâmetro e nas confluências. Nos casos em que este é instalado à vista deve possuir curvas de transição, reduções, forquilhas e bocas de limpeza. As câmaras ou bocas de limpeza não devem distar entre si mais de 15 metros.

O diâmetro nominal dos coletores prediais não pode ser inferior ao maior dos diâmetros das canalizações a eles ligadas com o mínimo de 100 milímetros. A secção do coletor predial não pode diminuir no sentido do escoamento (D.R. n.º. 23/95, 1995).

No dimensionamento hidráulico dos coletores prediais de águas residuais domésticas deve ter-se em atenção, os caudais de cálculo, a inclinação deve situar-se entre os 10 e os 40 milímetros, a rugosidade do material e devem ser dimensionados para um escoamento não superior a meia secção.

Os caudais de cálculo dos coletores prediais de águas residuais domésticas devem basear-se nos caudais de descarga atribuídos aos aparelhos sanitários que neles descarregam e nos coeficientes de simultaneidade (D.R. n.º. 23/95, 1995).

2.1.3.6. Câmara de ramal de ligação

É obrigatória a construção de câmaras implantadas na extremidade de jusante de sistemas prediais. Estabelecendo a ligação destes aos respetivos ramais de ligação, localizadas preferencialmente fora da edificação, em logradouros quando existam. Junto à via pública e em zonas de fácil acesso. Quando as câmaras de ramal de ligação não possam ser instaladas no exterior das edificações. Por implicações com outras infraestruturas, as mesmas devem ser instaladas dentro das edificações. Em zonas de fácil acesso e em zonas comuns nos edifícios de vários fogos. As câmaras de ramal de ligação obedecem ao disposto neste título para as câmaras de inspeção. Não deve existir nas câmaras de ramal de ligação. Nos ramais de ligação ou nos coletores prediais. Qualquer dispositivo ou obstáculo que impeça a ventilação da rede pública através da rede predial e o escoamento em superfície livre da rede predial para a rede pública (D.R. nº. 23/95, 1995).

A instalação de válvulas de retenção só é permitida em casos excecionais e desde que garantida a sua regular manutenção (D.R. nº. 23/95, 1995).

2.1.4. Acessórios

2.1.4.1. Sifões

Os sifões são dispositivos incorporados nos aparelhos sanitários ou inseridos nos ramais de descarga, com a finalidade de impedir a passagem de gases para o interior das edificações. Todos os aparelhos sanitários devem ser servidos, individual ou coletivamente, por sifões

Os diâmetros dos sifões a instalar nos diferentes aparelhos sanitários não devem ser inferiores aos indicados no anexo XIV nem exceda os dos respetivos ramais de descarga. O fecho hídrico dos sifões não deve ser inferior a 50 milímetros nem superior a 75 milímetros para águas residuais domésticas (D.R. nº. 23/95, 1995).

Os sifões devem ser instalados verticalmente, de modo a poder manter-se o seu fecho hídrico, e colocados em locais acessíveis para facilitar operações de limpeza e manutenção. Quando não incorporados nos aparelhos sanitários os sifões devem ser instalados a uma distância não superior a 3 m daqueles. Os sifões coletivos podem servir vários aparelhos sanitários produtores de água de sabão. É proibida a dupla sifonagem nos sistemas de águas residuais

domésticas e pluviais. Nas instalações em bateria, cada aparelho sanitário deve ser munido de sifão individual (D.R. nº. 23/95, 1995).

2.1.4.2. Ralos

Os ralos são dispositivos providos de furos ou fendas, com a finalidade de impedir a passagem de matérias sólidas transportadas pelas águas residuais, devendo estas matérias ser retiradas periodicamente (D.R. nº. 23/95, 1995).

A área útil mínima dos ralos de águas residuais não deve ser inferior a dois terços da área da secção dos respetivos ramais de descarga (D.R. nº. 23/95, 1995).

É obrigatória a colocação de ralos em todos os aparelhos sanitários, com exceção de bacias de retrete. Os ralos de lava-louças devem ser equipados com cestos retentores de sólidos.

2.1.4.3. Câmaras de inspeção

As câmaras de inspeção têm por finalidade assegurar as operações de limpeza e manutenção dos coletores e são constituídas por soleira; corpo normalmente retangular ou circular; cobertura plana ou troncocónica assimétrica, dispositivo de acesso formado por degraus encastrados ou por escada fixa ou amovível, devendo esta última ser utilizada somente para profundidades iguais ou inferiores a 1,7 m; dispositivo de fecho resistente. A dimensão mínima em planta das câmaras de inspeção, para alturas inferiores a 1 m, não deve ser inferior a 0,8 da sua altura, medida da soleira ao pavimento (D.R. nº. 23/95, 1995).

A dimensão mínima, da câmara de visita retangular ou circular não deve ser menor que 1m ou 1,25m, consoante a sua profundidade seja inferior a 2,5m ou igual ou superior a este valor. A relação entre largura e a profundidade das câmaras de visita deve ter sempre em consideração a operacionalidade e a segurança do pessoal (D.R. nº. 23/95, 1995).

2.1.5. Instalações complementares

2.1.5.1. Instalações elevatórias (Câmaras elevatórias)

As instalações elevatórias devem ser implantadas em locais que permitam uma fácil inspeção e manutenção e minimizem os efeitos de eventuais ruídos, vibrações ou cheiros. As

instalações elevatórias devem ser construídas tendo em atenção o disposto na secção I do capítulo VI do título IV, do DR n.º 23/95, considerando a necessidade de dispor de ventilação secundária, devendo o nível máximo da superfície livre no interior da câmara de bombagem não ultrapassar a cota de soleira da mais baixa canalização afluyente e o caudal a elevar ser igual ao caudal afluyente, acrescido de uma margem de caudal que garanta a segurança adequada das instalações. Na coleta de todas as águas residuais recolhidas abaixo do nível do arruamento, como é o caso de caves, mesmo que localizadas acima do nível do coletor público, deverá ser prevista uma câmara elevatória equipada com grupos de eletrobombas submersíveis, implantada no último piso de cave, a qual elevará as águas de drenagem subterrânea, de lavagem dos pavimentos e outras, para um nível igual ou superior à cota do pavimento do arruamento no qual estão implantados os coletores públicos, de forma a permitir o escoamento gravítico para estes (D.R. n.º. 23/95, 1995).

2.1.5.1. Câmaras retentoras

As câmaras retentoras têm por finalidade separar e reter matérias transportadas pelas águas residuais que sejam suscetíveis de produzir obstruções, incrustações ou outros danos nas canalizações ou nos processos de depuração. As câmaras retentoras de gorduras e as câmaras retentoras de hidrocarbonetos têm por finalidade a separação, por flutuação, de matérias leves. As câmaras retentoras de sólidos têm por finalidade a separação, por sedimentação, de matérias pesadas (D.R. n.º. 23/95, 1995).

As câmaras retentoras devem ser dimensionadas de modo a terem volume e área de superfície livre adequados ao caudal afluyente e ao teor de gorduras, hidrocarbonetos ou sólidos a reter (D.R. n.º. 23/95, 1995).

Não é permitida a introdução, nas câmaras retentoras, de águas residuais provenientes de bacias de retrete e urinóis. As câmaras retentoras devem localizar-se tão próximo quanto possível dos locais produtores dos efluentes a tratar e em zonas acessíveis, de modo a permitir a sua inspeção periódica e a oportuna remoção das matérias retidas.

As câmaras retentoras podem ser pré-fabricadas ou construídas no local e devem ser impermeáveis, dotadas de dispositivos de fecho resistentes e que impeçam a passagem dos gases para o exterior (D.R. n.º. 23/95, 1995).

2.1.5.3. Dispositivos de descarga

Todas as bacias de retrete, urinóis, pias hospitalares e similares devem ser providos de autoclismos ou fluxómetros capazes de assegurarem eficaz descarga e limpeza, instalados a um nível superior àqueles aparelhos, de modo a impedir a contaminação das canalizações de água potável por sucção devida a eventual depressão (D.R. nº. 23/95, 1995).

2.1.6. Ensaios

2.1.6.1. Obrigatoriedade e finalidade

É obrigatória a realização de ensaios de estanquidade e de eficiência, com a finalidade de assegurar o correto funcionamento das redes de drenagem de águas residuais.

2.1.6.2. Obrigatoriedade e finalidade

Nos ensaios de estanquidade com ar ou fumo, nas redes de águas residuais domésticas, deve observar-se o seguinte: O sistema é submetido a uma injeção de ar ou fumo a pressão de 400 Pa, cerca de 40mm de coluna e água, através de uma extremidade, obturando-se as restantes ou colocando nelas sifões com o fecho hídrico regulamentar; O manómetro inserido no equipamento de prova não deve acusar qualquer variação, durante pelo menos quinze minutos depois de iniciado o ensaio; Caso se recorra ao ensaio de estanquidade com ar, deve adicionar-se produto de cheiro ativo, como por exemplo a hortelã, de modo a facilitar a localização de fugas (D.R. nº. 23/95, 1995).

Nos ensaios de estanquidade com água nas redes de águas residuais domésticas, deve observar-se o seguinte: O ensaio incide sobre os coletores prediais da edificação, submetendo-os a carga igual à resultante de eventual obstrução; Tampam-se os coletores e cada tubo de queda é cheio de água até à cota correspondente à descarga do menos elevado dos aparelhos que neles descarregam; Nos coletores prediais enterrados, um manómetro ligado à extremidade interior tamponada não deve acusar abaixamento de pressão, pelo menos durante quinze minutos.

2.1.6.3. Ensaio de eficiência

Os ensaios de eficiência correspondem à observação do comportamento dos sifões quanto a fenômenos de auto sifonagem e sifonagem induzida, esta a observar em conformidade com o indicado no anexo XXII do Decreto Regulamentar nº. 23/95 de 1995.

2.2. Contexto da Norma Europeia EN 12056

2.2.1. Generalidades

A Norma Europeia EN 12056, de Junho de 2000, aplica-se a sistemas de drenagem predial com escoamento gravítico. A EN 12056 está dividida em 5 partes:

Parte I - Aborda os requisitos gerais dos sistemas de drenagem no interior de edifícios

Parte II - Abrange os esquemas e cálculos da rede predial

Parte III- Descreve o esquema e cálculo da drenagem em telhados ou coberturas

Parte IV - Abrange as estações elevatórias de águas residuais de um edifício

Parte V - Sequência de instalações, testes, instruções de operação, manutenção e uso a que a rede predial se encontra sujeita.

Neste trabalho irá ser abordada apenas a parte II (EN 12056-2), sobre o traçado e o dimensionamento das redes de águas residuais domésticas.

A EN 12056 permite quatro sistemas essenciais:

Sistema I - Sistemas com um único tubo de queda (águas cinzentas e águas negras) com escoamento a meia secção nos ramais de descarga;

Sistema II - Sistema com um único tubo de queda, com altura da lâmina líquida até 0.7 do diâmetro nos ramais de descarga;

Sistema III - Sistema com um único tubo de queda, com escoamento a secção cheia nos ramais de descarga e ligação individual de cada ramal ao tubo de queda;

Sistema IV - Sistema com dois tubos de queda (águas cinzentas e águas negras), sendo que nos ramais pode ser como qualquer sistema anteriormente mencionado.

Combinando estes diferentes sistemas com as configurações possíveis para a instalação, podem obter-se teoricamente 24 soluções básicas para as redes de drenagem predial. Deve notar-se que o Regulamento Geral português apenas admite oito destas situações (Silva Afonso, 2012)

No que se refere a ventilação do tubo de queda, a norma considera dois tipos de configurações possíveis (EN 12056-2, 2000):

- Sistema sem ventilação secundária. Nesta configuração (figura 2), o controlo das pressões no tubo de queda é realizado unicamente através da ventilação primária, podendo o tubo de queda abrir na atmosfera ou, em alternativa, ser dotado de válvulas de admissão de ar na extremidade superior.

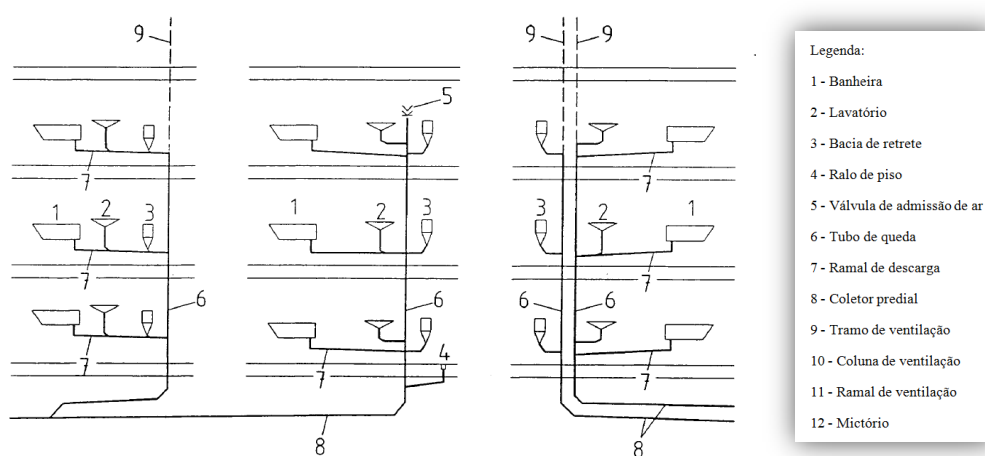


Figura 2 - Configurações de sistemas com ventilação primária

- Sistema com ventilação secundária. Na configuração da figura 3, o controlo das pressões no tubo de queda é assegurado por colunas de ventilação e/ou ramais de ventilação, admitindo-se também em alternativa o uso de válvulas de admissão de ar.

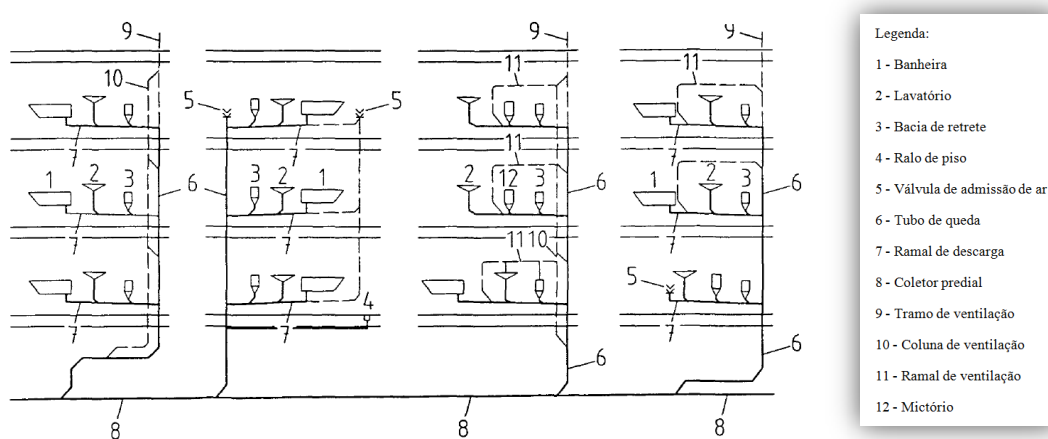


Figura 3 - Configuração de sistemas com ventilação secundária

As configurações possíveis no que se refere à ventilação dos ramais são também duas:

- Ramais não ventilados. Na configuração da figura 4, o controlo das pressões nos ramais de descarga é assegurado pelo escoamento de ar no próprio ramal.

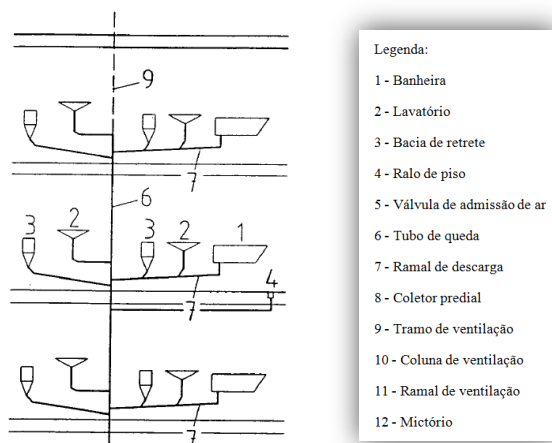


Figura 4 - Configuração de ramais de descarga não ventilados

- Ramais ventilados. Nesta configuração (figura 5), o controlo de pressões nos ramais de descarga é assegurado pela ventilação dos ramais através de ramais de ventilação ou de válvulas de admissão de ar.

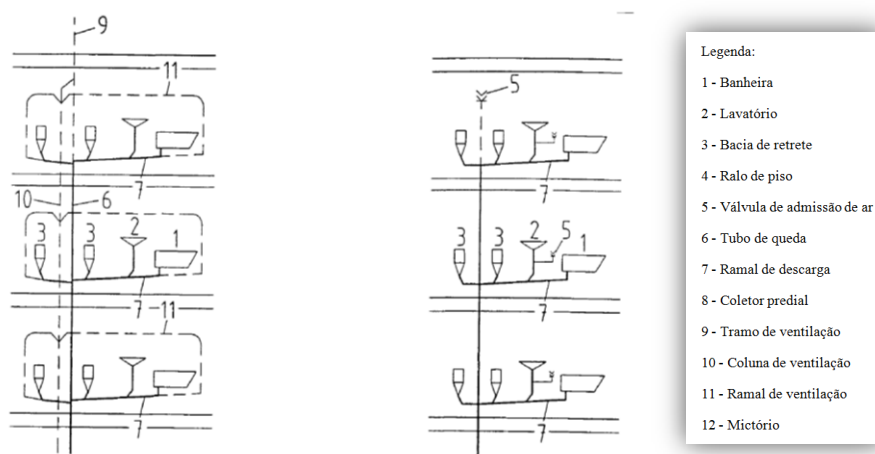


Figura 5 - Configurações de ramais de descarga ventilados

Um sistema corretamente concebido deve garantir a não entrada na habitação de odores provenientes da instalação e as condições de escoamento necessárias para que se processe o arrastamento da matéria sólida (Silva Afonso, 2012). Para além destas duas condições essenciais, outras devem ser cumpridas, designadamente a minimização de ruídos, a segurança sanitária, a proteção contra influências exteriores, a prevenção da corrosão, a resistência química e condições para uma adequada exploração (EN 12056-2, 2000).

2.2.2. Regras de traçado

As regras de traçados já enumeradas no ponto 2.1.3, referentes ao DR n.º 23/95, visam fundamentalmente evitar os problemas de perda de fecho hídrico nos sifões. Nos casos ilustrados na figura 6 estão representadas zonas de pressões negativas e positivas que se podem criar na base de um tubo de queda.

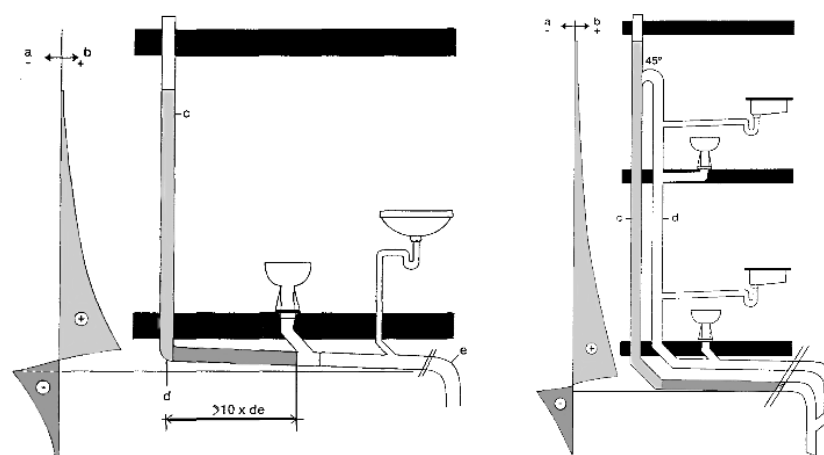


Figura 6 - Zonas de pressões positivas/depressões na base de um tubo de queda
(à esquerda edifícios de pequena altura, á direita edifícios de grande altura)

Na figura 7 ilustram-se os problemas de subpressão que se formam num ramal de ligação ao tubo de queda através de forquilha a 45°. O ramal de ligação entra em subpressão podendo criar perda de fecho hídrico no sifão instalado a montante (Silva Afonso, 2012).

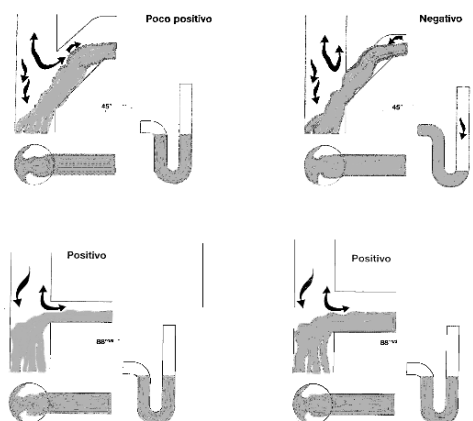


Figura 7- Pressões positivas ou negativas originadas na ligação ao tubo de queda, em função da solução de ligação adotada (Silva Afonso, 2012).

2.2.3. Bases de dimensionamento

2.2.3.1. Caudais de cálculo

O método de cálculo proposto pela EN 12056:2000, baseia-se na atribuição de uma "unidade de descarga" (DU) conforme tabela 7, a cada aparelho sanitário. Esta unidade de descarga varia para cada aparelho conforme o sistema de drenagem adotado (EN 12056-2, 2000).

Tabela 7 - Unidade de descarga (DU) para diversos aparelhos sanitários (EN 12056-2, 2000)

Aparelhos sanitários	DU (Sistema I) (l/s)	DU (Sistema II) (l/s)	DU (Sistema III) (l/s)	DU (Sistema IV) (l/s)	Caudais de descarga (Reg. Geral) (l/s)
Lavatório	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5
Bidé	0,6	0,4	0,4	0,4	0,5
Chuveiro	0,8	0,5	1,3	0,5	0,5
Urinol individual com cisterna	0,8	0,5	0,4	0,5	
Urinol individual com fluxómetro	0,5	0,3	-	0,3	1,0 ou 1,5 ^d
Urinol contínuo ("mural")	0,2 ^a	0,2 ^a	0,2 ^a	0,2 ^a	
Banheira	0,8	0,6	1,3	0,5	1,0
Pia lava-loiça	0,8	0,6	1,3	0,5	0,5
Máquina de lavar loiça (domést.)	0,8	0,6	0,2	0,5	1,0
Máquina de lavar roupa (6kg)	0,8	0,6	0,6	0,5	1,0
Máquina de lavar roupa (12kg)	1,5	1,2	1,2	1,0	-
Bacia de retrete com cisterna (4 l)	- ^b	1,8	- ^b	- ^b	1,5 ^o
Bacia de retrete com cisterna (6 l)	2,0	1,8	1,2 a 1,7 ^c	2,0	1,5 ^o
Bacia de retrete com cisterna (7,5 l)	2,0	1,8	1,4 a 1,8 ^c	2,0	1,5 ^o
Bacia de retrete com cisterna (9 l)	2,5	2,0	1,6 a 2,0 ^c	2,5	1,5 ^o
Ralo de piso DN 50	0,8	0,9	-	0,6	-
Ralo de piso DN 70	1,5	0,9	-	1,0	-
Ralo de piso DN 100	2,0	1,2	-	1,3	-
Tanque ^f	-	-	-	-	1,0

^a Por pessoa

^b Não permitido

^c Depende do modelo (válido apenas para cisternas não pressurizadas)

^d O Regulamento Geral português não faz depender o valor do tipo de mictório e não da solução de descarga

^e O Regulamento Geral português não faz depender o valor do volume da cisterna

^f Referido apenas pelo Regulamento Geral

^g Não utilizado ou sem dados

O caudal de cálculo em qualquer secção é dado pela expressão:

$$Q_{tot} = Q_{esg} + Q_{cont} + Q_{bomb} \quad (1)$$

Sendo, Q_{tot} = Caudal total de cálculo Q_{cont} = Caudais contínuos, se existirem
 Q_{esg} = Caudal de águas residuais domésticas Q_{bomb} = Caudais de bombagem, se existirem

O caudal de águas residuais domésticas (Q_{esg}) é dado pela expressão

$$Q_{esg} = K \sqrt{\Sigma DU} \quad (2)$$

onde, K = Fator de frequência
 ΣDU = Somatório da unidade de descarga

Os valores típicos do fator de frequência (k) são:

k = 0,5 - para usos "intermitentes" (residências, pensões, escritórios, etc.)

k = 0,7 - para usos "frequentes" (hospitais, escolas, restaurantes, hotéis, etc.)

k = 1,0 - para usos "congestionados" (sanitários e chuveiros públicos, etc.)

k = 1,2 - para usos "especiais" (laboratórios, etc.)

A tubagem deve ser dimensionada para transportar um caudal máximo ($Q_{máx}$), que deve corresponder no mínimo, ao maior dos seguintes valores: o caudal total de cálculo ou ao maior valor da Unidade de Descarga, de entre todos os aparelhos situados a montante da secção em estudo.

2.2.3.2. Ramais de descarga não ventilados

Os ramais de descarga não ventilados são dimensionados com o auxílio das tabelas da tabela 8, 9 e 10.

Tabela 8 - Diâmetros nominais (DN) a considerar em ramais não ventilados, em função do caudal de dimensionamento (EN 12056-2, 2000)

Q_{max} (l/s)	Sistema I (DN)	Sistema II (DN)	Sistema III (DN)	Sistema IV (DN)
0,40	^a	30	Ver Tabela IV.7	30
0,50	40	40		40
0,80	50	^a		^a
1,00	60	50		50
1,50	70	60		60
2,00	80 ^b	70 ^b		70 ^b
2,25	90 ^c	80 ^c		80 ^d
2,50	100	90		100

Tabela 9 - Limitações a considerar em ramais não ventilados (EN 12056-2, 2000)

Limitações	Sistema I	Sistema II	Sistema III	Sistema IV
Comprimento máximo (L) do ramal de descarga ^a	4,00 m	10,00 m	Ver Tabela IV.7	10,00 m
Número máximo de curvas a 90°	3 ^b	1 ^b		3 ^b
Altura máxima do troço vertical ^d do ramal	1,0 m	^c 6,0 m (DN=70) ^e 3,0 m (DN=70)		1,0 m
Inclinação máxima	1%	1,5%		1%

Quando não se torna possível respeitar as limitações constantes da tabela 9, os ramais devem ser ventilados (eventualmente através de válvulas de admissão de ar) ou devem utilizar-se ramais de maior diâmetro, se a prática local e nacional aceitarem este procedimento.

Tabela 10 - Limitações a considerar em ramais não ventilados no sistema III (EN 12056-2, 2000)

Aparelhos sanitários	Diâmetro nominal (DN)	Fecho hidrico mínimo (mm)	Comprimento máximo do ramal, entre o sifão e o tubo de queda (m)	Inclinação do ramal (i) (%)	Número máximo de curvas (unid.)	Altura máxima do troço vertical do ramal (m)
Lavatório, bidé (sifão de 30 mm)	30	75	1,7	2,2 ^a	0	0
Lavatório, bidé (sifão de 30 mm)	30	75	1,1	4,4 ^a	0	0
Lavatório, bidé (sifão de 30 mm)	30	75	0,7	8,7 ^a	0	0
Lavatório, bidé (sifão de 30 mm)	40	75	3,0	1,8 a 4,4	2	0
Chuveiro, banheira	40	50	Sem limite ^b	1,8 a 9,0	Sem limite	1,5
Urinol de parede	40	75	3,0	1,8 a 9,0	Sem limite ^d	1,5
Urinol transversal	50	75	3,0	1,8 a 9,0	Sem limite ^d	1,5
Urinol contínuo ("mural") ^g	60	50	3,0	1,8 a 9,0	Sem limite	1,5
Pia lava-loiça (sifão de 40 mm)	40	75	Sem limite ^b	1,8 a 9,0	Sem limite	1,5
Máquina de lavar loiça (doméstica) ou máquina de lavar roupa	40	75	3,0	1,8 a 4,4	Sem limite ^d	1,5
Bacia de retrete com saída ≤ 80 mm ^f	75	50	Sem limite	$i \geq 1,8$	Sem limite ^d	1,5
Bacia de retrete com saída > 80 mm ^f	100	50	Sem limite	$i \geq 1,8$	Sem limite ^d	1,5
Triturador de cozinha ^{g,j}	40 (mín.)	75	3,0 ^e	$i \geq 13,5$	Sem limite ^d	1,5
Triturador de toalhetes sanitários ^j	40 (mín.)	75	3,0 ^e	$i \geq 5,4$	Sem limite	1,5
Ralo de piso	50	50	Sem limite ^c	$i \geq 1,8$	Sem limite	1,5
Ralo de piso	70	50	Sem limite ^c	$i \geq 1,8$	Sem limite	1,5
Ralo de piso	100	50	Sem limite ^c	$i \geq 1,8$	Sem limite	1,5
4 bacias em série	50	75	4,0	1,8 a 4,4	0	0
Urinóis de parede ^h	50	75	Sem limite ^c	1,8 a 9,0	Sem limite ^d	1,5
Máximo de 8 bacias de retrete ^f	100	50	15,0	0,9 a 9,0	2	1,5
Até 5 bacias com torneiras de spray ^l	30 (máx.)	50	4,5 ^e	1,8 a 4,4	Sem limite ^d	0

2.2.3.3. Ramais de descarga ventilados

Os ramais de descarga ventilados são dimensionados com auxílio de tabelas, que fornecem os diâmetros a aplicar e as limitações de traçado a respeitar (tabelas 11, 12 e 13).

As limitações que se referem na tabela 12, são simplificações recomendando na EN 12056-2: 2000 a observação dos regulamentos e da prática nacional e local.

Tabela 11 - Diâmetros nominais (DN) a considerar em ramais ventilados, em função do caudal de dimensionamento (EN 12056-2, 2000)

Q_{max} (l/s)	Sistema I (DN)	Sistema II (DN)	Sistema III (DN)	Sistema IV (DN)
	Descarga/ventil.	Descarga/ventil.	Descarga/ventil.	Descarga/ventil.
0,60	^a	30/30	Ver Tabela IV.10	30/30
0,75	50/40	40/30		40/30
1,50	60/40	50/30		50/30
2,25	70/50	60/30		60/30
3,00	80/50 ^b	70/40 ^b		70/40 ^b
3,40	90/60 ^c	80/40 ^d		80/40 ^d
3,75	100/60 ^c	90/50 ^c		90/50 ^c

Tabela 12 - Limitações a considerar em ramais ventilados (EN 12056-2, 2000)

Limitações	Sistema I	Sistema II	Sistema III	Sistema IV
Comprimento max. (L) do ramal de descarga ^a	10,00 m	Sem limite	V. Tab. IV.10	10,00 m
Número máximo de curvas a 90°	sem limite	Sem limite		sem limite
Altura máxima do troço vertical ^b do ramal	3,0 m	^c 3,0 m		3,0 m
Inclinação máxima	0,5%	1,5%		0,5%

Tabela 13 - Limitações a considerar em ramais ventilados no sistema III (EN 12056-2, 2000)

Aparelhos sanitários	Diâmetro nominal (DN)	Fecho hidrico mínimo (mm)	Comprimento máximo do ramal, entre o sifão e o tubo de queda (m)	Inclinação do ramal (i) (%)	Número máximo de curvas (unid.)	Altura máxima do troço vertical do ramal (m)
Lavatório, bidé (sifão de 30 mm) ^a	30	75	3,0	$i \geq 1,8$	2	3,0
Lavatório, bidé (sifão de 30 mm)	40	75	3,0	$i \geq 1,8$	Sem limite	3,0
Chuveiro, banheira	40	50	Sem limite ^b	$i \geq 1,8$	Sem limite	Sem limite
Urinol de parede	40	75	3,0 ^c	$i \geq 1,8$	Sem limite ^d	3,0
Urinol transversal	50	75	3,0 ^c	$i \geq 1,8$	Sem limite ^d	3,0
Urinol contínuo ("mural")	60	50	3,0 ^c	$i \geq 1,8$	Sem limite ^d	3,0
Pia lava-loiça (sifão de 40 mm)	40	75	Sem limite ^b	$i \geq 1,8$	Sem limite	Sem limite
Máquina de lavar loiça (doméstica) ou máquina de lavar roupa	40	75	Sem limite ^c	$i \geq 1,8$	Sem limite	Sem limite
Bacia de retrete com saída ≤ 80 mm ^{fn}	75	50	Sem limite	$i \geq 1,8$	Sem limite ^d	1,5
Bacia de retrete com saída > 80 mm ^{fn}	100	50	Sem limite	$i \geq 1,8$	Sem limite ^d	1,5
Triturador de cozinha ^g	40 (mín.)	75 ^h	3,0 ^c	$i \geq 13,5$	Sem limite ^d	3,0
Triturador de toalhetes sanitários ^o	40 (mín.)	75 ^h	3,0 ^c	$i \geq 5,4$	Sem limite ^d	3,0
Ralo de chuveiro, ralo de piso	50	50	Sem limite ^c	$i \geq 1,8$	Sem limite	Sem limite
Ralo de piso	70	50	Sem limite ^c	$i \geq 1,8$	Sem limite	Sem limite
Ralo de piso	100	50	Sem limite ^c	$i \geq 1,8$	Sem limite	Sem limite
5 bacias em série ⁱ	50	75	7,0	1,8 a 4,4	^b	0
10 bacias em série ^{ij}	50	75	10,0	1,8 a 4,4	Sem limite	0
Urinois de parede ^{ik}	50	75	Sem limite ^c	$i \geq 1,8$	Sem limite ^d	Sem limite
Mais de 8 bacias de retrete ^l	100	50	Sem limite	$i \geq 0,9$	Sem limite	Sem limite
Até 5 bacias com torneiras de spray ^j	30 (máx.)	50	Sem limite ^c	1,8 a 4,4	Sem limite ^d	0

2.2.3.4. Válvulas de admissão de ar para ramais

Quando forem previstas válvulas de admissão de ar para ventilar ramais de descarga ou aparelhos, elas devem estar conforme a EN 12380 e devem ser dimensionadas de acordo com a Tabela 14.

Tabela 14 - Caudais de ar para válvulas de admissão de ar em ramais de descarga (EN-12056,2000)

Sistema	Q_{ar} (l/s)
I	1 x Q_{tot}
II	2 x Q_{tot}
III	2 x Q_{tot}
IV	1 x Q_{tot}

2.2.3.5. Tubos de queda com ventilação primária

Os diâmetros e limitações relativos a tubos de queda com ventilação primária constam da tabela 15.

Tabela 15 - Caudais máximos ($Q_{máx}$) em tubos de queda com ventilação primária em função dos respetivos diâmetros nominais (EN-12056,2000)

Tubo de queda DN	$Q_{máx}$ (l/s) - Sistemas I, II, III, IV	
	Ligação com ângulo superior ^c a 45°	Ligação com ângulo igual ou inferior ^d a 45°
60	0,5	0,7
70	1,5	2,0
80 ^a	2,0	2,6
90	2,7	3,5
100 ^b	4,0	5,2
125	5,8	7,6
150	9,5	12,4
200	16,0	21,0

2.2.3.6. Tubos de queda com ventilação secundária

Os diâmetros e limitações relativos a tubos de queda com ventilação secundária constam da tabela 16.

Tabela 16 - Caudais máximos ($Q_{m\acute{a}x}$) em tubos de queda com ventilação secundária, em função dos respetivos diâmetros nominais (EN-12056,2000)

Tubo de queda	Ventilação secundária	$Q_{m\acute{a}x}$ (l/s) - Sistemas I, II, III, IV	
		Ligação com ângulo superior ^a a 45°	Ligação com ângulo igual ou inferior ^b a 45°
DN	DN		
60	50	0,7	0,9
70	50	2,0	2,6
80 ^a	50	2,6	3,4
90	50	3,5	4,6
100 ^b	50	5,6	7,3
125	70	7,6	10,0
150	80	12,4	18,3
200	100	21,0	27,3

Capítulo 3

Princípios de Hidráulica nos Sistemas de Drenagem

3.1 Introdução

O sistema de drenagem de águas residuais é constituído por água, sólidos e grande quantidade de ar que geralmente circula a uma maior velocidade que a do líquido (figura 8).

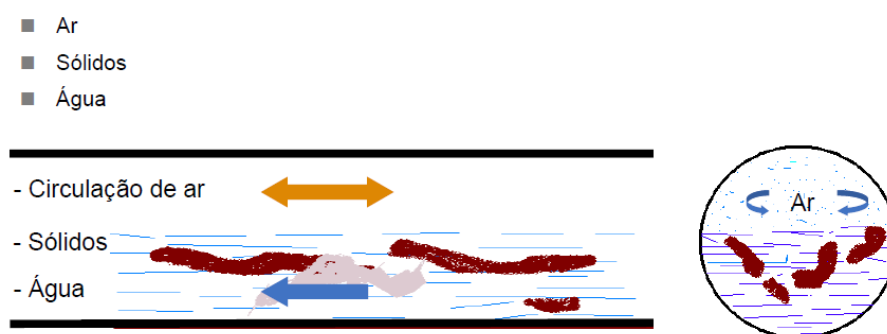


Figura 8 - Elementos do sistema de drenagem

Na prática, o sistema de drenagem pode ser mais complexo do que em laboratório, visto que este possui sólidos de diferentes texturas, dimensões e viscosidade. Em consequência, a circulação pode entrar em bloqueio. Quando o sistema trabalha a secção cheia pode entrar em auto sifonagem, com o ar diluído na água conforme Figura 9.

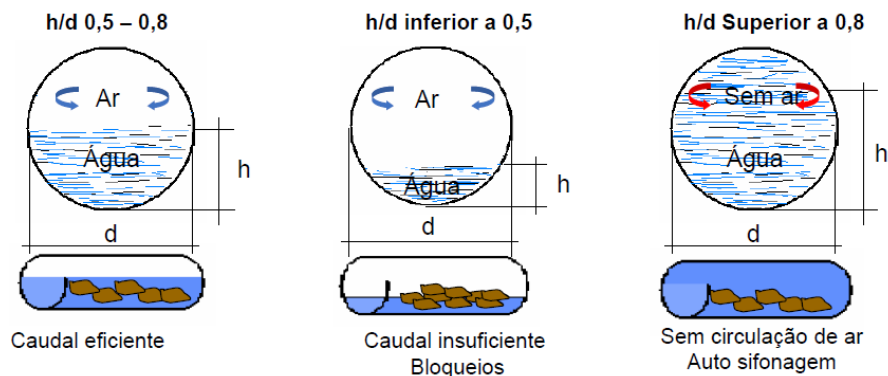


Figura 9 - Rácio de ar/água h/d dos tubos horizontais

Na figura 10 está representado um tubo de queda, onde a circulação do fluxo faz-se a uma maior velocidade, incrementada pela ação da força da gravidade, daí o fluxo ser do tipo anular, necessitando o tubo de queda de ventilação para evitar fenómenos de sucção.

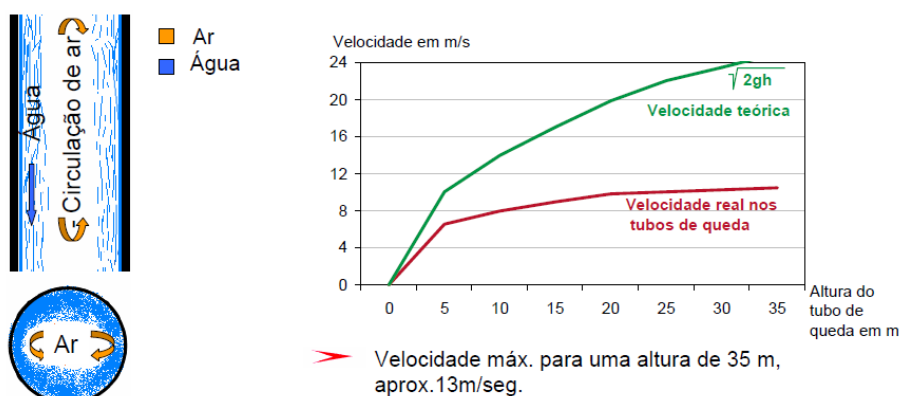


Figura 10 - Circulação de ar e de água nos tubos de queda

3.1.1. Sistema de drenagem de águas residuais

A estrutura de um sistema de águas residuais, terá que obedecer a determinadas regras já explicadas no capítulo 1, afim de evitar problemas de perda de fecho hídrico nos sifões. Um traçado bem concebido terá melhores resultados e por isso os aparelhos sanitários devem estar munidos de sifão. Os ramais de descarga ligam os aparelhos sanitários aos tubos de queda, possuindo estes ventilação aberta na atmosfera, preferencialmente por ser mais económico. Os coletores prediais ligam os tubos de queda até à entrega desta na caixa de visita ou ao coletor de saneamento.

Na Figura 11 apresenta-se um esquema de um sistema de drenagem de ventilação secundária.

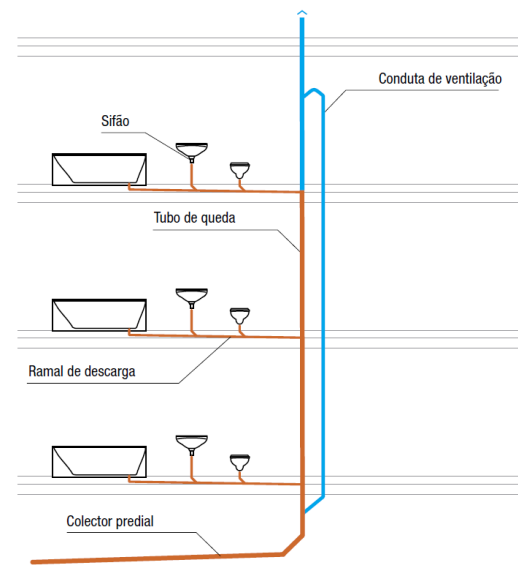


Figura 11 - Estrutura de um sistema de drenagem de águas residuais de um edifício habitacional

3.1.2. Sifão

Os sifões deverão ser instalados de modo a poder manter-se o seu fecho hídrico, mantendo água para evitar a passagem de maus cheiros, funcionando também como tampão hidráulico quando o sistema gera pressões e depressões em resultado de descargas, conforme Figura 12.

O fecho hídrico dos sifões não deve ser inferior a 40 milímetros em sistemas ventilados nem a inferior a 75 milímetros em sistemas com um único tubo de queda.

A EN 12056 considera um mínimo de 50 milímetros para os sifões de águas residuais domésticas.

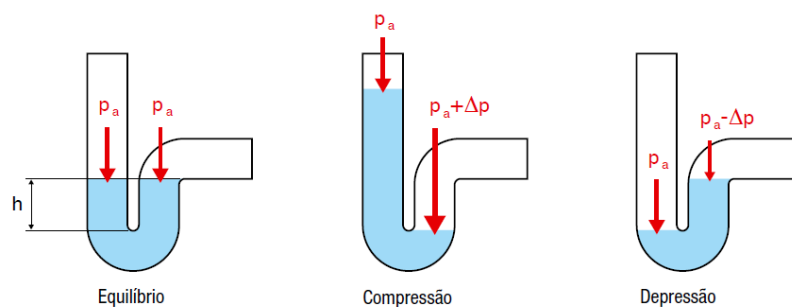


Figura 12 - Movimento do fecho hídrico no sifão

A eliminação do fecho hídrico pode ser causado por descarga no tubo de queda gerando aspiração da água do sifão (figura 17 - a) ou por compressão (figura 17 - b), ou por autosifonagem, que ocorre nos ramais de descarga quando estes são muito compridos ou o ramal é muito estreito ou muito inclinado (figura 18).

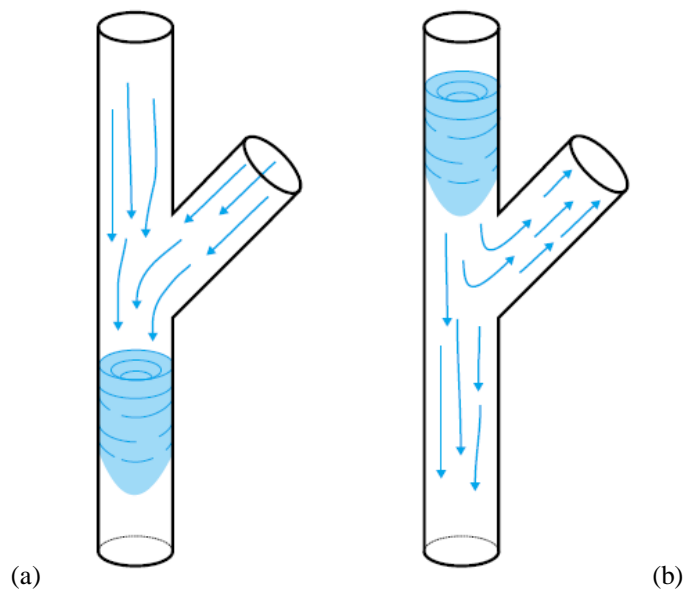


Figura 13- Sifonagem causada por depressão (a) e por compressão (b)

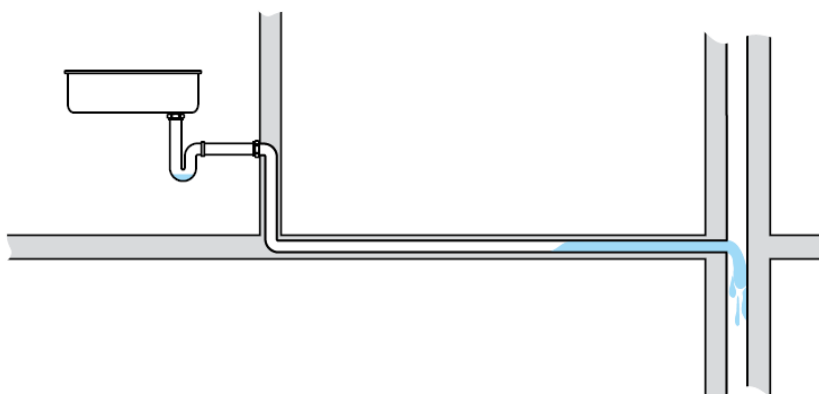


Figura 14 - Autosifonagem do aparelho sanitário

3.2. Análise bibliográfica

3.2.1. Fluxo de bolha num tubo horizontal

Sankey, Yang e Glandden, et al., (2009), utilizaram uma nova técnica não evasiva para poder determinar os padrões de fluxo num tubo horizontal (Ressonância Magnética) e concluíram que num tubo, a fase de gás flui a uma maior velocidade do que a fase líquida. Portanto a fração de volume de gás in situ é menor do que o volume da fração de gás de entrada.

No fluxo multifásico (gás/líquido), a gravidade faz com que a fase menos densa - o gás - tende a subir. Portanto, na maioria dos regimes de fluxo em sistemas horizontais, devido aos efeitos da ação da gravidade, a massa líquida ocupa a parte inferior da tubagem forçando o gás a ocupar as zonas superiores.

Alves, (1954), identificou sete regimes de fluxo nos tubos horizontais colocando por ordem de diminuição de líquido para a taxa de fluxo de gás, conforme Figura 15.

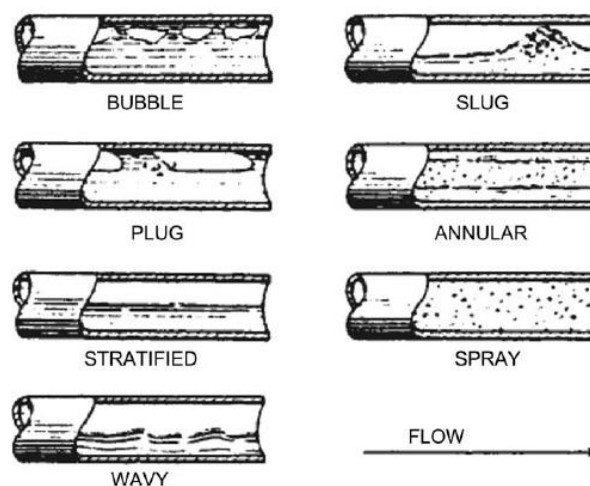


Figura 15 - Padrões de fluxo de gás/líquido nos tubos horizontais

Em 1976 Taitel e Dukler desenvolveram um modelo baseado em conceitos físicos para determinar as transições de regime do fluxo de bifásico (ar / água). Os autores chegaram a uma listagem de cinco regimes de fluxo para sistemas horizontais e aproximadamente horizontais, sendo eles:

- Fluxo estratificado (*Stratified smooth flow*). Uma interface horizontal, aproximadamente lisa, separa a fase líquida da massa de ar. este fluxo é geralmente observado em situações de baixo fluxo de ar e água.

- Fluxo ondulado estratificado (*Stratified wavy flow*). É semelhante ao fluxo estratificado, em que se aumenta a taxa de fluxo de ar, a interface horizontal do fluxo estratificado, torna-se ondulada.

- Fluxo intermitente (*Slug flow*). As amplitudes das ondas têm um dimensão suficiente para selar a tubagem. o ar viaja com uma velocidade mais elevada do que a velocidade da massa líquida.

- Fluxo anelar (*Annular flow*). para um fluxo de ar elevado, o volume de água circula como uma película na parede da tubo.

- Fluxo de spray (*Spray flow*). para taxas de fluxo de ar bastante elevadas, a película anular é separada das paredes da tubagem e passa a ser transportada dentro do ar, como gotas arrastadas.

A transição de um padrão de fluxo a outro, é função de várias variáveis diferentes, como as taxas de fluxo das massas de ar e água, as propriedades dos fluidos, o diâmetro da tubagem e o seu ângulo de inclinação, relativamente ao plano horizontal.

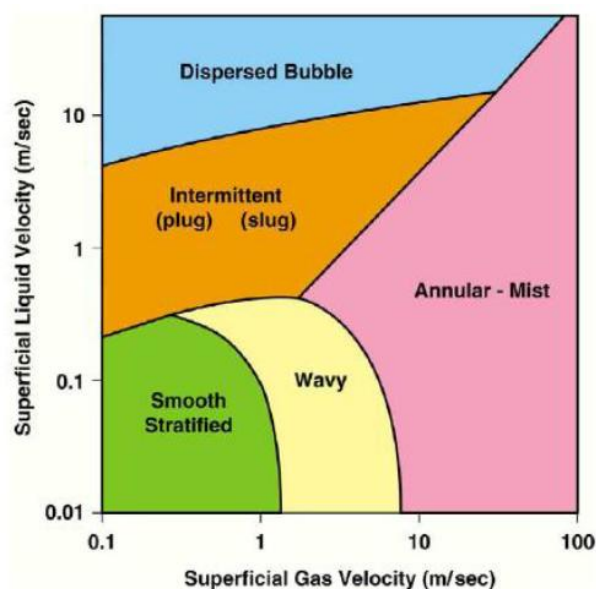


Figura 16 - Regime de fluxo de duas fases, horizontal (Taitel, Dukler, 1976)

Em 1986, Hansen desenvolveu um estudo sobre regimes de fluxo de duas fases em sistemas verticais e horizontais e concluiu que para as tubagens horizontais ou próximas, o fluxo é mais complexo do que em tubagens verticais, devido à assimetria induzida pelas forças gravíticas (figura 16).

3.2.2. Análise CFD da velocidade terminal no tubo de queda

Um estudo (Kajiya, Sakaue, et al., 2008) investigou as características de fluxo com água limpa (fluxo polifásico água / ar), utilizando o CFD (Dinâmica computacional de fluidos). Nesta experiência foi usado um sistema como se mostra na Figura 17, (uma configuração sem e outra com sifão de drenagem), descarregando água de determinadas alturas, percorrendo em secção cheia diversos comprimentos de tubo na horizontal (sem inclinações).

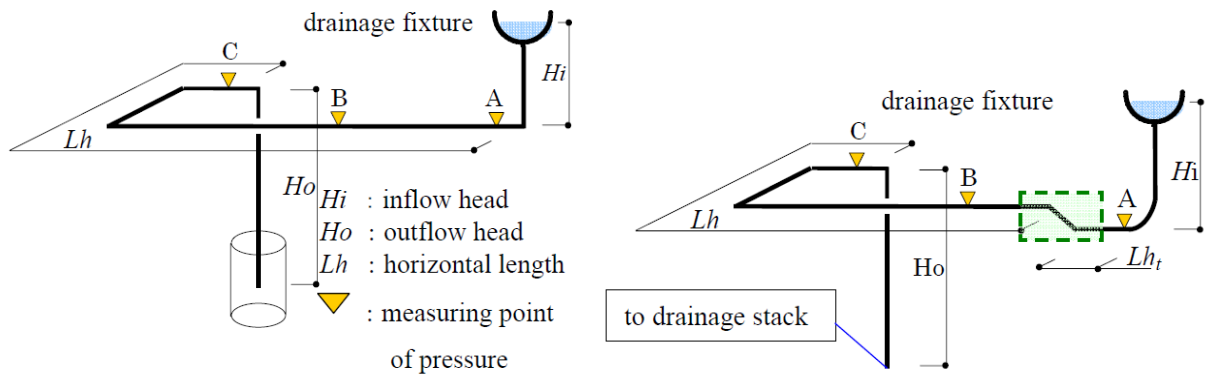


Figura 17 - Modelo sem e com sifão (Kajiya, Sakaue, et al., 2008)

A aplicação deste estudo tem como comparação a variação temporal entre a velocidade analítica, v_a (método CFD) e a velocidade experimental v_e , no interior da tubagem e na parte terminal desta.

Para este trabalho é de salientar uma nota importante sobre o comportamento da pressão no ponto antes do sifão, Esta desenvolve pressões positivas, ao invés da tubagem sem sifão onde não se nota qualquer pressão, como é evidente.

3.2.3. Determinação da velocidade final do escoamento num sistema de drenagem através de CFD

Com a utilização do método CFD, tenta-se descobrir o comportamento do sistema ar/água num sistema de drenagem. O estudo tem por objetivo estimar a velocidade terminal do fluxo de água no interior de um tubo de queda de drenagem, simulando a distribuição de ar dentro de um sistema de drenagem vertical.

(Lee, Wong, et al., 2010), efetuaram ensaios num sistema de drenagem com 20 metros de altura e com um ramal de ligação a 15 metros de altura da base. O ramal de ligação tem 1 metro de comprimento e uma inclinação de 2.5%, conforme a figura 18. Tanto o tubo de queda como o ramal de ligação têm o diâmetro de 100mm e são feitos do mesmo tipo de material – PVC.

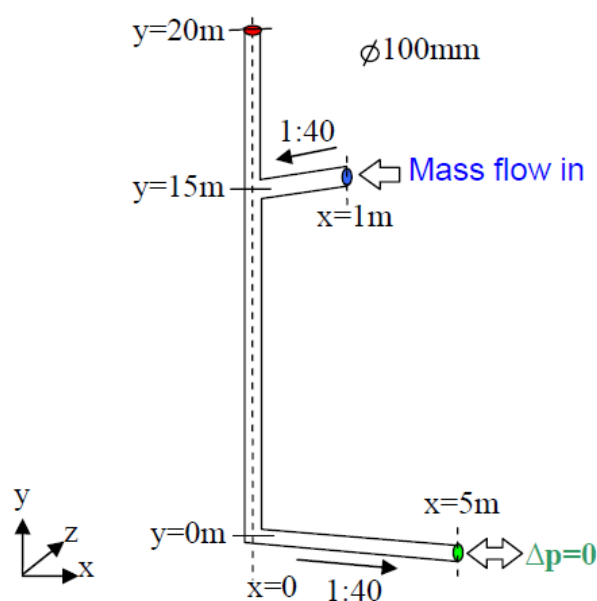


Figura 18 - Diagrama esquemático do sistema de drenagem (Lee, Wong, et al., 2010)

As descargas utilizadas, foram introduzidas no ramal de ligação com os seguintes caudais de 1 l/s, 2 l/s, 3 l/s e 4 l/s e em secção parcial conforme a figura 19.

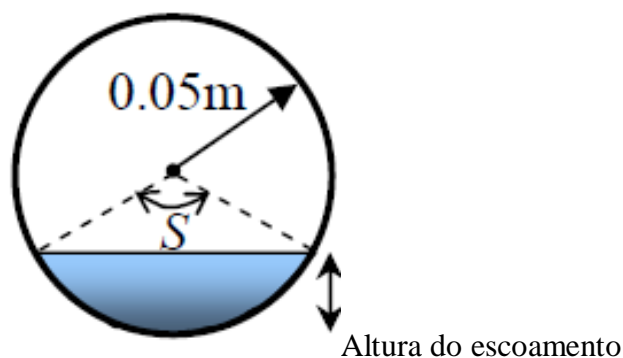


Figura 19 - Secção transversal do ramal de ligação (Lee, Wong, et al., 2010)

Num sistema de fluxo multifásico, velocidade superficial é mais indicativa do que a verdadeira velocidade, a qual é definida pela fração de volume de fluido multiplicado pela sua velocidade de fluido verdadeiro, enquanto a velocidade terminal é definida como a velocidade resultante da queda livre dum objeto.

Como se pode verificar pela tabela 17, que a velocidade superficial e espessura de água aumentou com maiores caudais de água. Também se verifica que a velocidade final pelo método computacional CFD foi ligeiramente superior aos valores teóricos.

Tabela 17 - Resultados obtidos (Lee, Wong, et al., 2010)

Caudal (l/s)	Velocidade final teórica	Velocidade final prevista
1	1,71	2,18
2	2,25	2,49
3	2,64	2,60
4	2,94	3,07

Neste estudo a modelação computacional foi aplicada 3 a 4 metros abaixo do ramal de ligação.

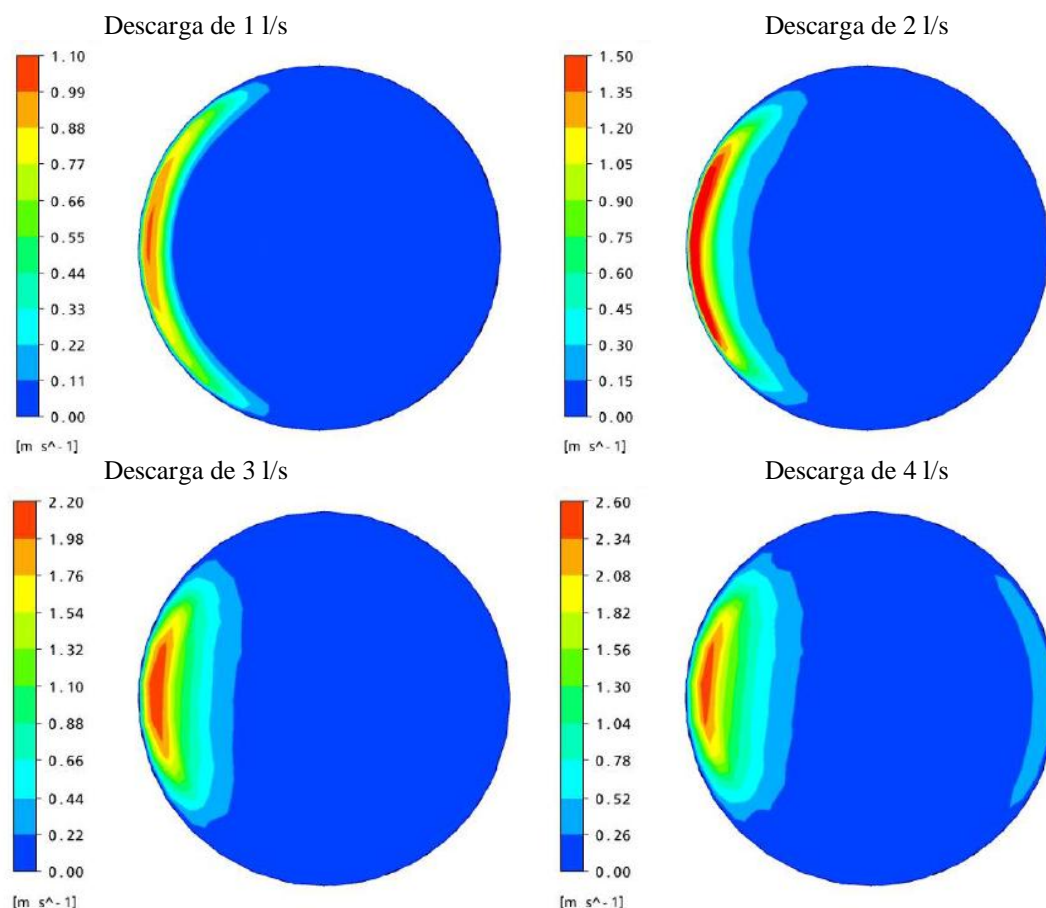


Figura 20 - Curvas de nível da velocidade superficial nos caudais adotados (Lee, Wong, et al., 2010)

Em resumo pode-se garantir a fiabilidade do método CFD aplicado ao estudo do comportamento do escoamento em sistemas de drenagem, devido à comparação dos valores obtidos pelas equações teóricas terem dado resultados positivos.

3.2.4. Estudo empírico da velocidade final num tubo de drenagem

Segundo (Cheng, Liao, et al., 2009) a distribuição da pressão de ar varia conforme o caudal escoado. O sistema pode ser descrito como fluxo de fase tripla, o qual é uma mistura de sólidos, líquido e ar.

Este estudo propõe uma abordagem empírica da determinação da velocidade final num tubo de queda, utilizando a distribuição de pressão do ar dentro do tubo e recorrendo a descargas de caudais constantes de água (1.0, 2.0, 3.0 e 4.0 l/s) de uma altura de 30 metros.

A velocidade da água num tubo de queda é dominada principalmente por três componentes. Gravidade; resistência à fricção no interior do tubo e à interação ar e água.

Os autores dividiram o sistema em 4 zonas conforme a figura 21:

- zona A, mostra a força de atrito do ar, zona de pressões positivas;
- zona B, mostra a maior complexidade tanto no fluxo de água como no fluxo de ar do tubo acelerado pela força da gravidade, provocando pressões negativas;
- zona C, onde ocorre a velocidade final do tubo de queda, com pressões negativas;
- zona D, onde ocorre o ressalto hidráulico e caracterizado por pressões positivas.

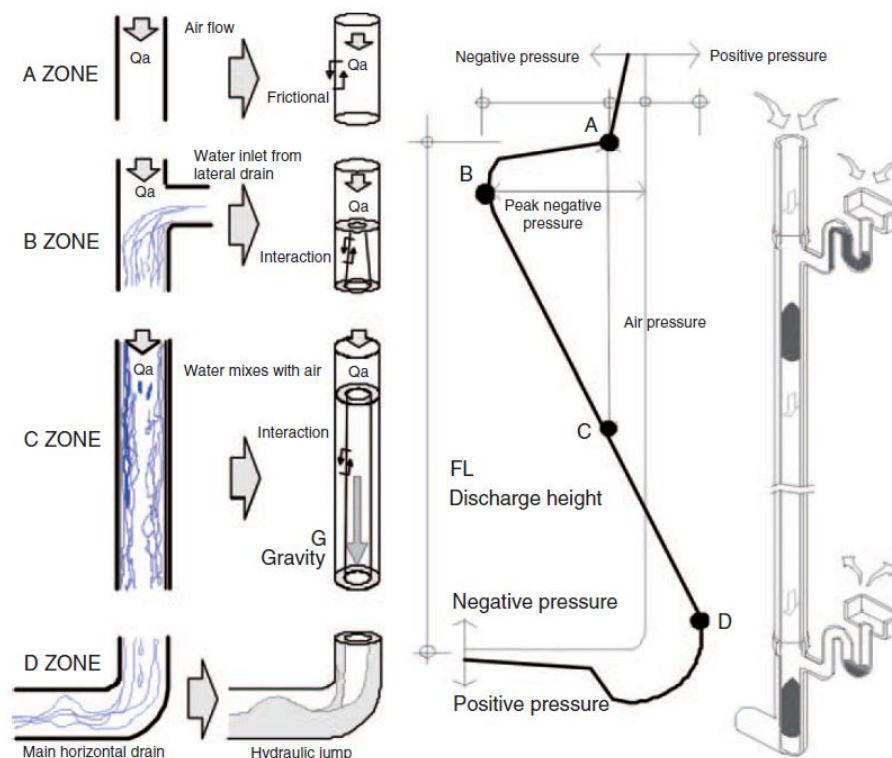


Figura 21 - Esquema da interação ar/água dentro do tubo (Cheng, Liao, et al., 2009)

Em conclusão, quando no interior do tubo de queda se atinge a velocidade final significa que a interação no interior deste atinge a situação de equilíbrio e a ação das forças é totalmente equilibrada.

Capítulo 4

Pormenores Construtivos

4.1. Generalidades

Os pormenores aqui apresentados foram retirados de uma publicação da Valsir (Valsir, 2009), e tenta-se fazer uma relação entre estes pormenores e a Norma Europeia 12056-2.

Estes pormenores visam maior conforto acústico e solucionar o problema dos maus cheiros dentro dos habitáculos devido aos efeitos de auto sifonagem, aspiração ou compressão.

4.2. Ventilação

A EN 12056 define configurações diferentes dos sistemas de ventilação, ambos para tubos de queda e ramais de descarga. Na prática, é possível utilizar inúmeras soluções alternativas às soluções básicas de configurações definidas pela norma e isso oferece inúmeras variações que podem ser aplicadas em casos de sistema de drenagem específicos (Valsir, 2009).

4.2.1. Sistemas de drenagem com ventilação primária

A ventilação primária é o prolongamento do tubo de queda até ao telhado, sendo o sistema mais económico e mais usual, em substituição existem válvulas de admissão de ar que garantem a entrada de ar no tubo e impedem a entrada de gases no compartimento. Este sistema pode utilizar o tubo aberto diretamente para a atmosfera ou utilizar válvulas de admissão de ar conforme Figura

22. No caso de se ter dois tubos de queda e de se pretender apenas um tubo aberto diretamente para a atmosfera podem-se ligar os tubos.

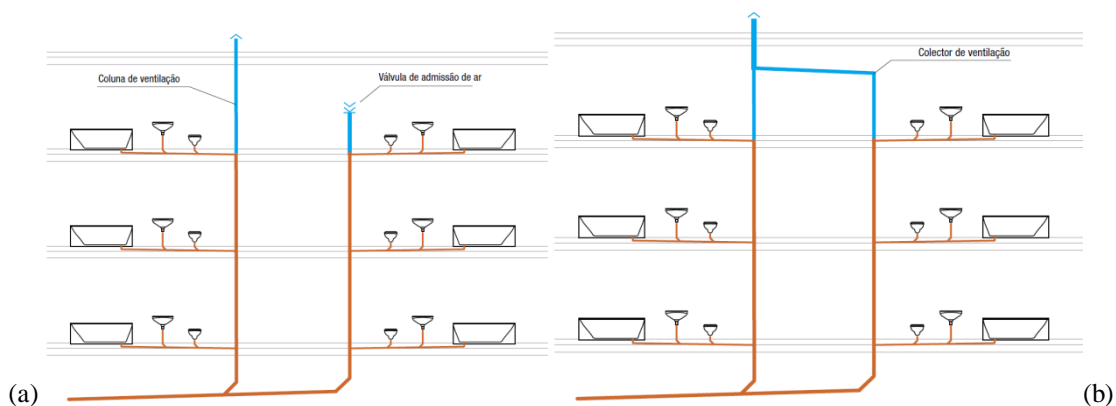


Figura 22 - Ventilação primária, sem coletor de ventilação (a) e com coletor de ventilação (b)

4.2.1.1. Sistema de ventilação primária para edifícios de 2 pisos ($h \leq 4m$)

Para edifícios com um máximo de 2 pisos em que a distância entre o ponto de descarga mais elevado e o mais baixo e para h menor ou igual a 4 metros, os dispositivos podem ser ligados diretamente ao tubo de queda mesmo que o coletor predial esteja suspenso no teto da cave (figura 23). O funcionamento deste tipo de configuração é garantido pelo facto de a pressão gerada na base do tubo de queda é tal que não tem influência nos dispositivos instalado no rés-do-chão (Valsir, 2009).

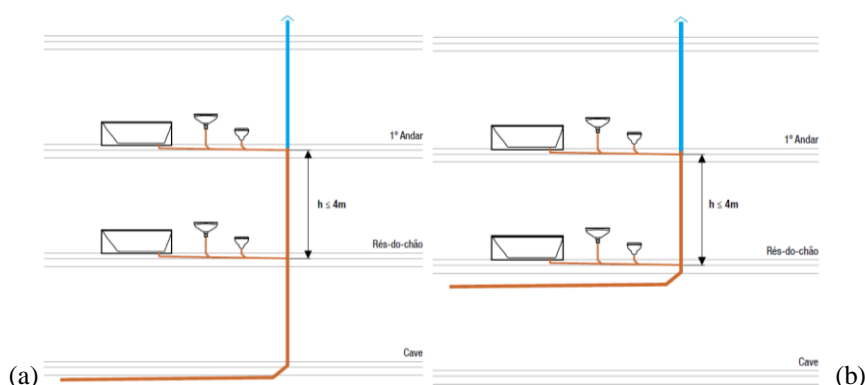


Figura 23- Ventilação primária, com coletor de ventilação (a) e sem coletor de ventilação (b)

4.2.1.2. Sistemas de ventilação primária para edifícios de 3 a 5 pisos ($h \leq 12\text{m}$)

Para edifícios até 5 pisos em que a distância entre o ponto de descarga mais elevado e o mais baixo é menor ou igual a 12 m (figura 24), uma pressão positiva é gerada e só se anula a cerca de 3 metros de altura da base do tubo de queda. Para evitar que a pressão tenha um efeito negativo nos dispositivos mais próximos do tubo de queda, é necessário ligá-los à rede de drenagem de uma maneira diferente dependendo da posição do coletor predial (Valsir, 2009).

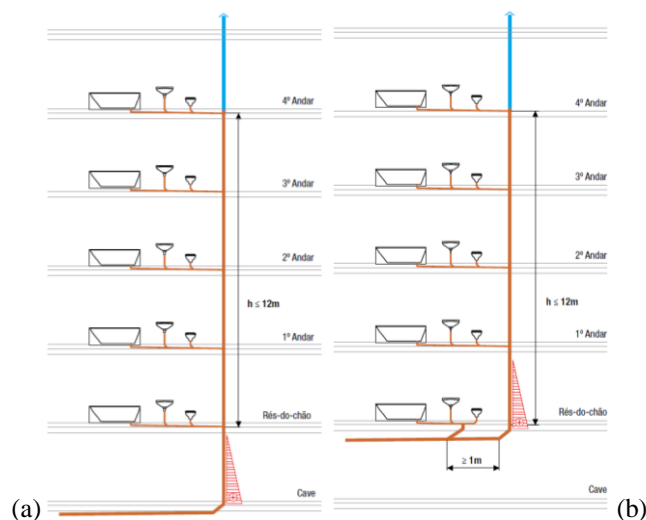


Figura 24 - Ventilação primária, edifício 3 a 5 pisos, coletor enterrado pavimento da cave (a) e coletor suspenso no teto da cave (b)

4.2.1.3. Sistemas de ventilação primária para edifícios com mais de 5 pisos ($h > 12\text{m}$)

Para edifícios com mais de 5 pisos em que a distância entre o ponto de descarga mais elevado e o mais baixo é h maior que 12 m, uma pressão é gerada e apenas se anula a 3 m de altura da base do tubo de queda. Para prevenir que esta pressão gerada tenha um efeito negativo nos dispositivos sanitários mais próximos da base do tubo de queda é necessário ligar o coletor predial ao tubo de queda através de um troço de tubagem chamada “circumventilação”. A “circumventilação” garante o caudal de ar necessário para limitar as diferenças de pressão dentro do segundo tubo de queda quando um dispositivo sanitário entra em funcionamento, conforme a figura 25.

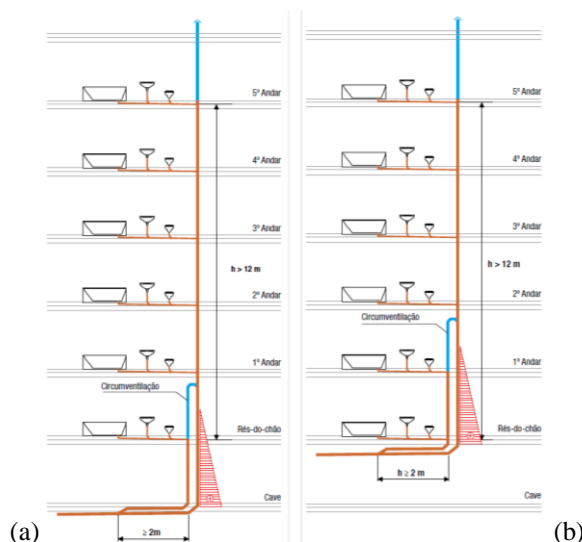


Figura 25 - Ventilação primária, edifício mais de 5 pisos, coletor enterrado pavimento da cave (a) e coletor suspenso no teto (b)

4.2.2. Sistemas de ventilação paralela direta e indireta

Este sistema é constituído por uma coluna de ventilação que é instalada paralelamente ao tubo de queda. Nos sistemas com ventilação paralela direta, a coluna de ventilação é ligada ao tubo de queda. Nos sistemas com ventilação paralela indireta, a coluna de ventilação é ligada aos ramais de descarga. Neste caso a coluna de ventilação deve ser prolongada até ao telhado. Dependendo do número de andares que precisem de ser servidos, a coluna de ventilação pode ter várias ligações intermedias ao tubo de queda de modo a assegurar a circulação de ar na rede, conforme a figura 26.

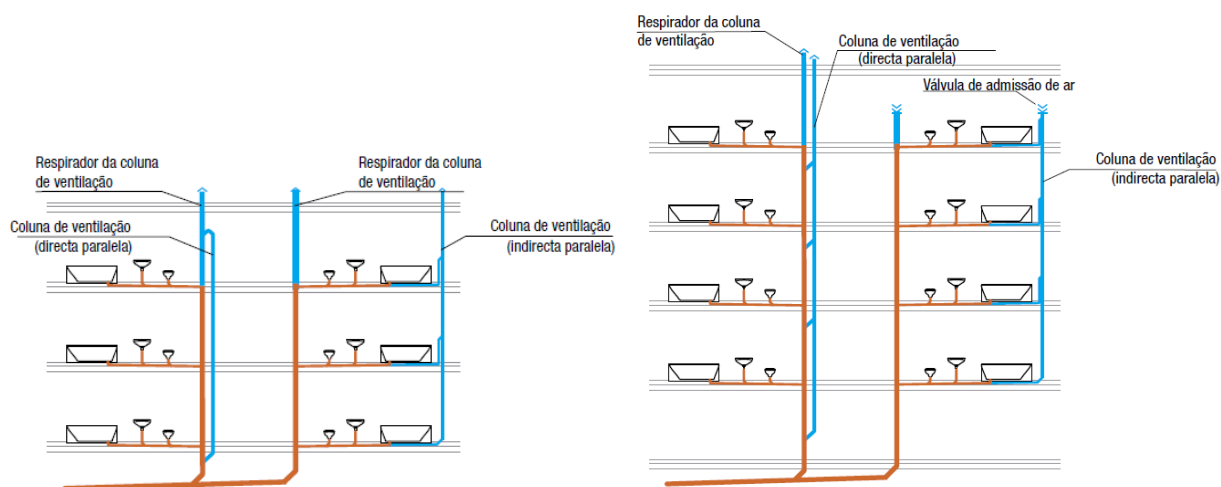


Figura 26 - Ventilação secundária paralela direta e indireta e com ligações

4.2.2.1. Sistemas de ventilação paralela para edifícios de 3 a 5 pisos ($h \leq 12m$)

Para edifícios até 5 pisos, a coluna de ventilação é ligada perto da base do tubo de queda e no topo, no troço de ventilação do tubo de queda, conforme a figura 27. Para evitar eventuais subidas de espuma, o rés-do-chão deve ser ligado de maneira diferente dependendo da posição do coletor predial.

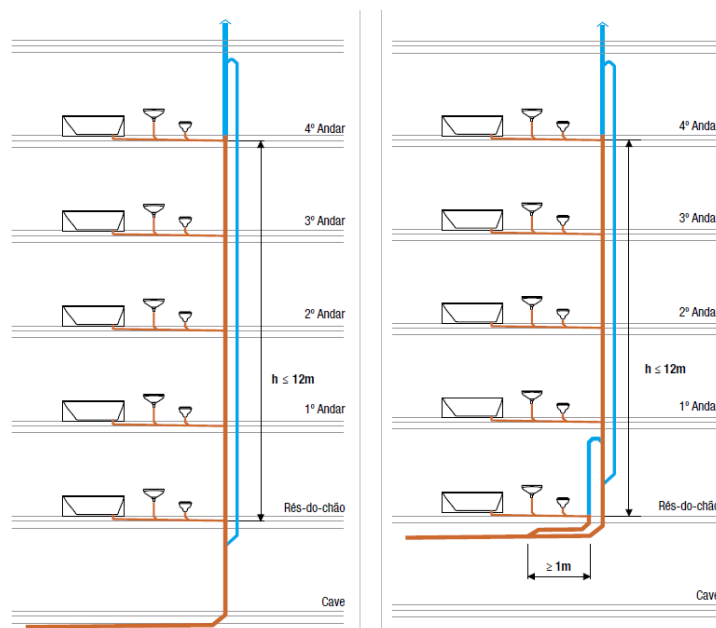


Figura 27 - Ventilação paralela direta, edifício 3 a 5 pisos, coletor enterrado pavimento da cave (a) e coletor suspenso no teto (b)

4.2.2.2. Sistemas de ventilação paralela para edifícios com 3 a 5 pisos ($h > 12m$)

Para edifícios com mais de 5 pisos a coluna de ventilação deve ser ligada em cada piso por meio de ligações intermédias de ventilação (figura 28). Caso exista um elevado número de pisos, o uso de ligações intermédias de ventilação em todos os pisos pode ser evitado desde que se utilize uma pelo menos a cada 4 pisos. Como no caso da ventilação primária, os dispositivos mais perto da base do tubo de queda devem ser ligados ao segundo tubo de queda e de modo a favorecer a circulação. Este segundo tubo de queda deve ser ligado ao tubo de queda principal através de uma “circumventilacao”. A ligação ao coletor predial deve ser realizada a uma distância superior ou igual a 2 m desde a base do tubo de queda. Também para os dispositivos ligados ao segundo tubo de queda, uma ligação intermédia a coluna de ventilação deve existir (Valsir, 2009).

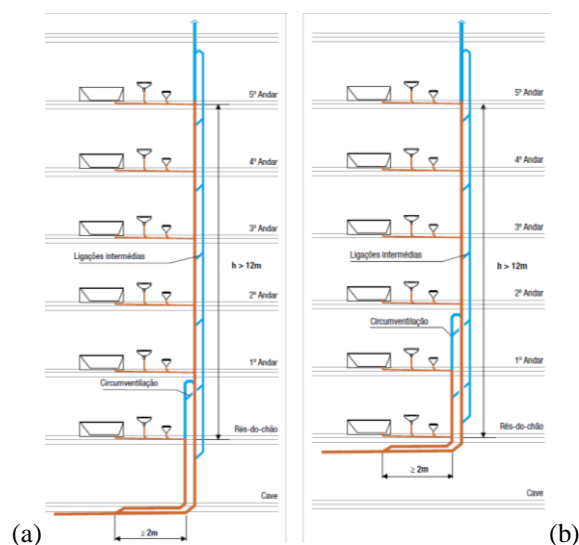


Figura 28 - Ventilação paralela direta, edifício com mais de 5 pisos, coletor enterrado pavimento da cave (a) e coletor suspenso no teto (b)

4.2.2.3. Sistemas de ventilação paralela indiretos

A configuração geométrica de colunas de ventilação paralela indiretas não depende do número de andares. É ligada aos ramais de descarga e é utilizada quando a distância entre os dispositivos mais distante e o tubo de queda excede os 4 m. Este sistema é utilizado quando os dispositivos sanitários estão dispostos em bateria, como em edifícios escolares, hotéis, etc. Em qualquer dos casos, para evitar a subida de espumas, a ligação em cada andar ao tubo de queda deve respeitar os critérios indicados para os sistemas de ventilação paralela direta. Quando o comprimento dos ramais de descarga exceder os 10 m é recomendável utilizar ventilação intermedia ligada a meio dos ramais de descarga (valsir, 2009).

As ligações para a utilização da ventilação indireta são as constantes nas figuras 29, 30 e 31.

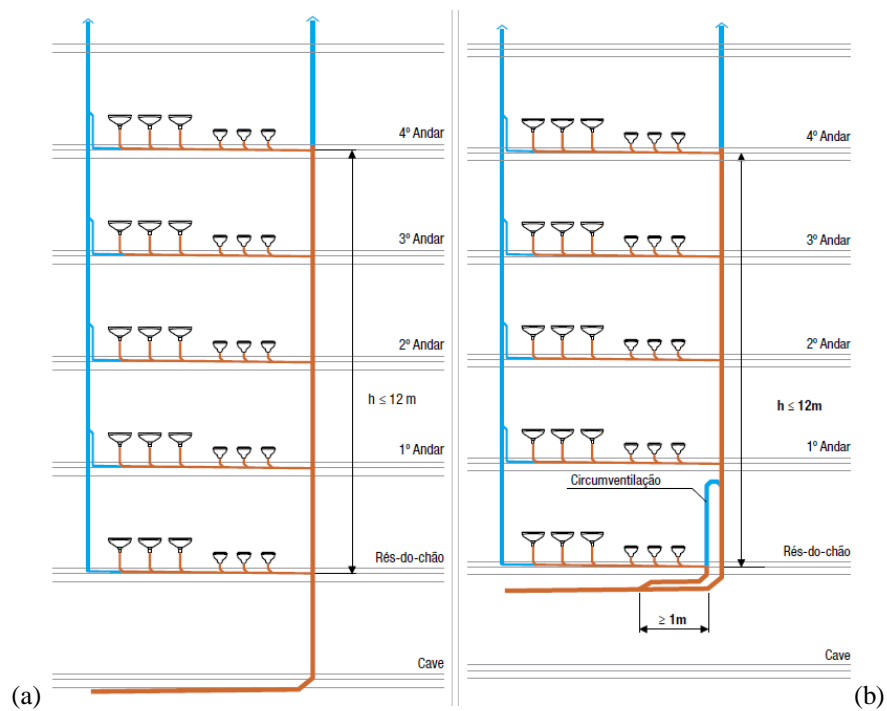


Figura 29 - Ventilação paralela indireta, edifício 3 a 5 pisos, coletor enterrado pavimento da cave (a) e coletor suspenso no teto (b)

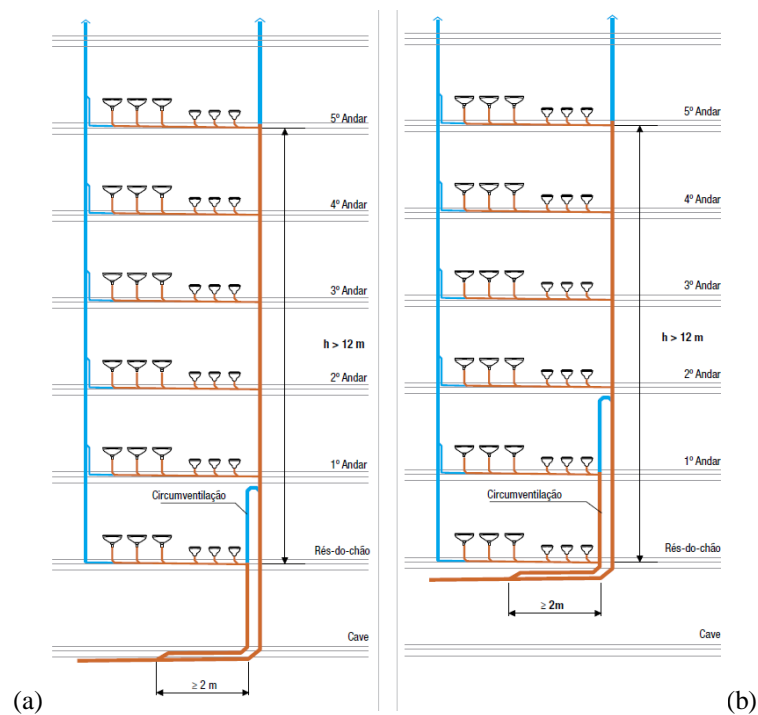


Figura 30 - Ventilação paralela indireta, edifício com mais de 5 pisos, coletor enterrado pavimento da cave (a) e coletor suspenso no teto (b)

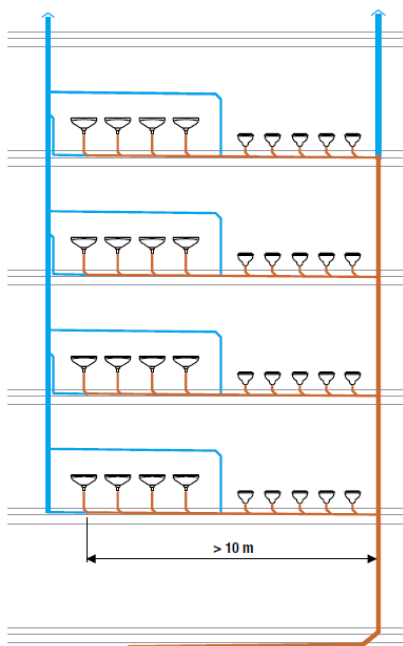


Figura 31 - Ventilação paralela indireta, ligação intermédia dos ramais de descarga com comprimento superior a 10m

4.1.3. Sistemas de drenagem com ventilação secundária

Este tipo de sistema é constituído por uma coluna de ventilação paralela ao tubo de queda. A rede de ventilação está ligada ao tubo de queda e a todos os dispositivos pela curva técnica ou pelo sifão (ventilação dos ramais). Como nos outros sistemas, o tubo de queda é prolongado até ao telhado ou então termina com uma válvula de admissão de ar e tal como os sistemas de ventilação secundária, dependendo do número de andares a ser servidos, a coluna de ventilação pode ter ligações intermédias de ventilação com o tubo de queda, de modo a assegurar uma melhor circulação do ar dentro da rede, conforme a figura 32 (Valsir, 2009).

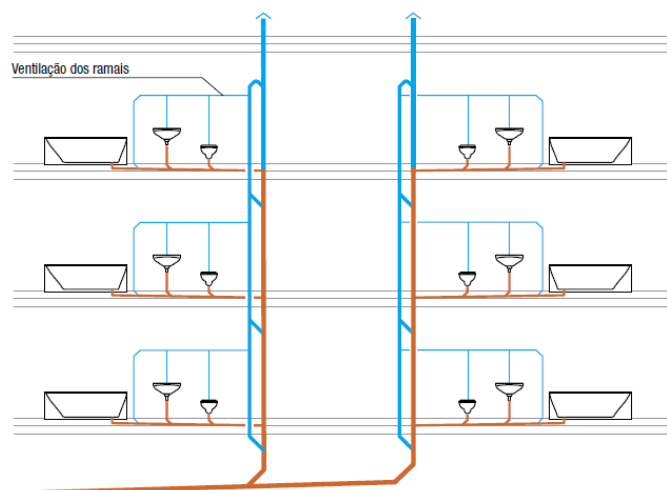


Figura 32 - sistemas de drenagem com ventilação secundária

4.1.4. Tubo de queda

A divisão do tubo de queda e a sua altura depende do número total de pisos ligados ao sistema de drenagem e da posição do coletor predial conforme tabela 18 e 19 (Valsir, 2009).

Tabela 18 - Configuração do tubo de queda coletor enterrado pavimento da cave

Pisos (Incl. rés-do-chão)	Divisão do tubo de queda?	Número de pisos ligados ao tubo de queda principal	Número de pisos ligados ao segundo tubo de queda	Possível divisão do segundo tubo de queda?
3	Não	3	0	Não
4	Não	4	0	Não
5	Não	5	0	Não
6	Sim	5	1	Não
7	Sim	6	1	Não
8	Sim	7	1	Não
9	Sim	7	2	Não
10	Sim	8	2	Não
11	Sim	9	2	Não
12	Sim	9	3	Não
13	Sim	10	3	Não
14	Sim	11	3	Não
15	Sim	11	4	Não
16	Sim	12	4	Não
17	Sim	13	4	Não
18	Sim	13	5	Não
19	Sim	14	5	Não
20	Sim	15	5	Não
21	Sim	15	6	Sim
22	Sim	16	6	Sim
23	Sim	17	6	Sim
24	Sim	17	7	Sim
25	Sim	18	7	Sim

Tabela 19 - Configuração do tubo de queda coletor suspenso no teto

Pisos (Incl. rés-do-chão)	Divisão do tubo de queda?	Número de pisos ligados ao tubo de queda principal	Número de pisos ligados ao segundo tubo de queda	Possível divisão do segundo tubo de queda?
3	Não	3	0	Não
4	Não	4	0	Não
5	Sim	4	1	Não
6	Sim	4	2	Não
7	Sim	5	2	Não
8	Sim	6	2	Não
9	Sim	6	3	Não
10	Sim	7	3	Não
11	Sim	8	3	Não
12	Sim	8	4	Não
13	Sim	9	4	Não
14	Sim	10	4	Não
15	Sim	10	5	Sim
16	Sim	11	5	Sim
17	Sim	12	5	Sim
18	Sim	12	6	Sim
19	Sim	13	6	Sim
20	Sim	14	6	Sim
21	Sim	14	7	Sim
22	Sim	15	7	Sim
23	Sim	16	7	Sim
24	Sim	16	8	Sim
25	Sim	17	8	Sim

4.1.5. Ligações ao tubo de queda

As ligações ao tubo de queda podem ser realizadas com uma forquilha de esquadria ou com ângulo conforme Figura 33. O acessório escolhido para a ligação dos ramais de descarga ao tubo de queda influencia o caudal escoado e nível de ruído no sistema.

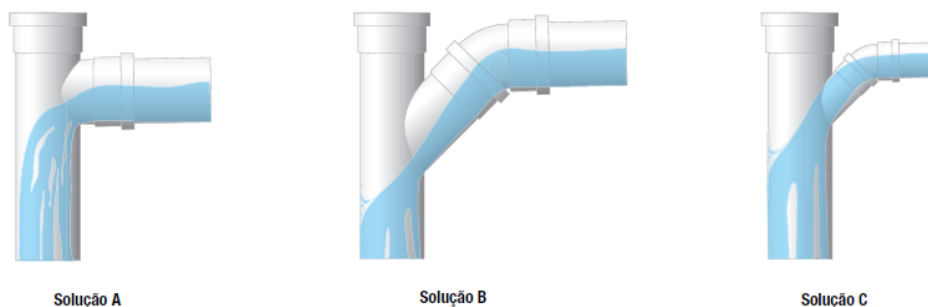


Figura 33 - Tipos de ligações ao tubo de queda

A solução A da figura 33 é de longe a melhor, porque mantém a velocidade baixa do ramal e facilita a circulação de ar. Para diâmetros inferiores aos do tubo de queda, não se deve utilizar a Solução C, porque pode levar a fecho hidráulico.

4.1.6. Configurações da base do tubo de queda

A base do tubo de queda é o ponto em que o caudal resultante da descarga sofre uma brusca mudança de direção passando do tubo de queda para o coletor predial. Neste ponto, a pressão aumenta e elevados níveis de ruído podem ser gerados caso não se opte pela melhor configuração. A base do tubo de queda pode ser realizada de diferentes maneira, com uma curva a 90° ou então com duas curvas de 45°. Pode ser embutida no betão ou então pode passar através de coretes sem que esteja em contacto com o betão, em qualquer dos casos, existem soluções recomendáveis e outras soluções que devem ser evitadas (Valsir, 2009).

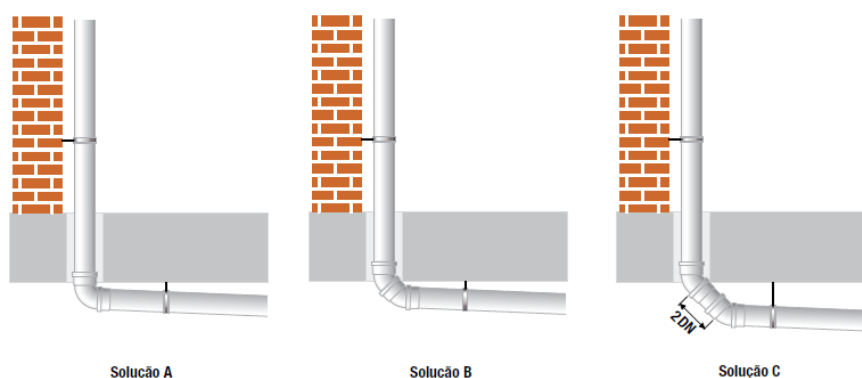


Figura 34 - Configurações da base do tubo de queda

A solução A da figura 34 deve ser evitada, já que gera pressões e níveis de ruído elevados. A solução B é uma solução que reduz bastante os níveis de ruído e de pressão, mas só deve ser utilizada se não existir espaço para colocar a solução C.

A frente de dissertação foi centrada na análise do escoamento nesta zona.

Segundo alguns autores, a colocação de duas curvas a 45° em planos diferentes reduz ainda mais o ruído.

Na figura 35, está representada a distância mínima (10 DN) para a ligação de dispositivos, após a base do tubo de queda, afim de evitar efeitos negativos ou variações de pressão nos sifões.

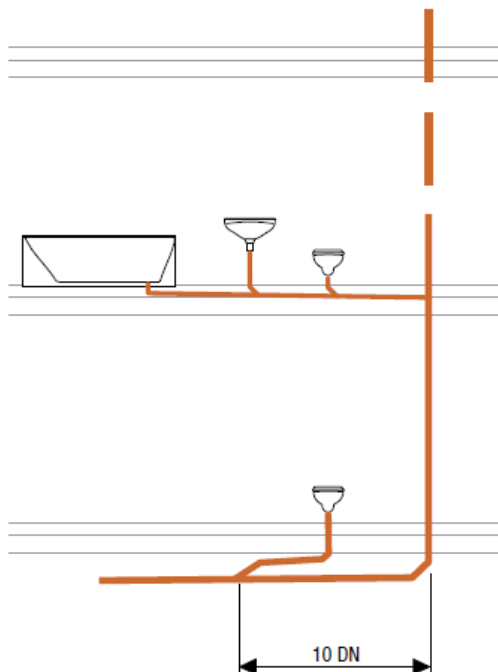


Figura 35 - ligação de dispositivo após a base do tubo de queda

4.1.6. Forquilha misturadora

A configuração da forquilha misturadora além de garantir a funcionalidade de todo o sistema de drenagem, assegura a distribuição da ventilação de ar dentro do tubo de queda.

Este tipo de acessórios reduz a velocidade do caudal; assegura uma ótima ventilação do tubo de queda e dos ramais de descarga devido a compensar as variações de pressão; evita a formação de vedações hidráulicas; impede a entrada de espuma ou formação de caudais de retorno do tubo de queda para os ramais de descarga.

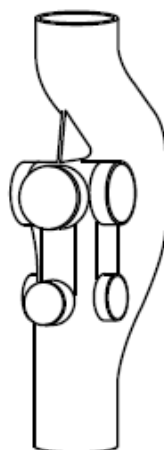


Figura 36 - Forquilha misturadora

4.1.7. Bocas de inspeção

De modo a limpar o sistema de drenagem, e necessário a existência de oportunos acessórios com bocas de inspeção localizados em áreas que sejam de fácil acesso. A dimensão das bocas de inspeção deve ser razoável e em qualquer caso, não deve ser inferior ao diâmetro do tubo e o espaço circundante do acessório deve garantir um uso fácil os instrumentos necessários para as operações de limpeza (Valsir, 2009).

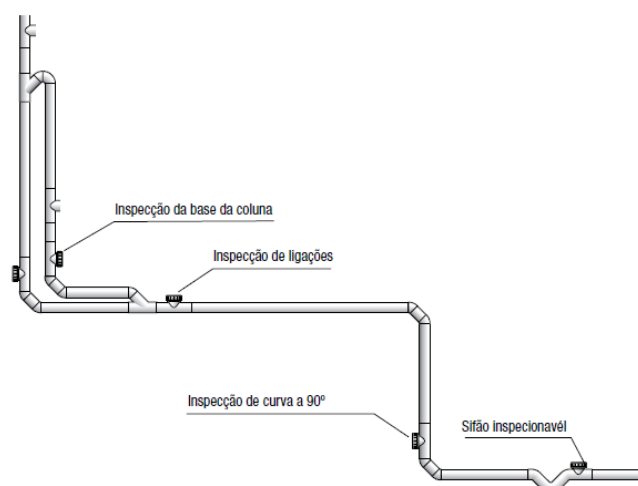


Figura 37 - localização das bocas de inspeção

Capítulo 5

Ensaio Laboratoriais

5.1. Modelo Laboratorial

O modelo laboratorial utilizado foi a torre hidráulica do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, conforme a figura 38.

A torre hidráulica é constituída por 33 aparelhos sanitários (sanitas, bidés, lavatórios, urinóis e polibans). A torre hidráulica é constituída por agrupamentos de aparelhos sanitários que descarregam para cada um dos seis tubos de queda existente.



Figura 38 - Torre hidráulica do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro (U.A.)

No alçado principal da torre hidráulica, temos quatro tubos de queda com diferentes aparelhos sanitários, com diversas configurações de tubagens e acessórios.

Para o tubo de queda A da figura 39, podem confluir cerca de 7 aparelhos de descarga, sendo 5 desses sanitas, pelo que este tubo pode ser sujeito a um maior caudal experimental.

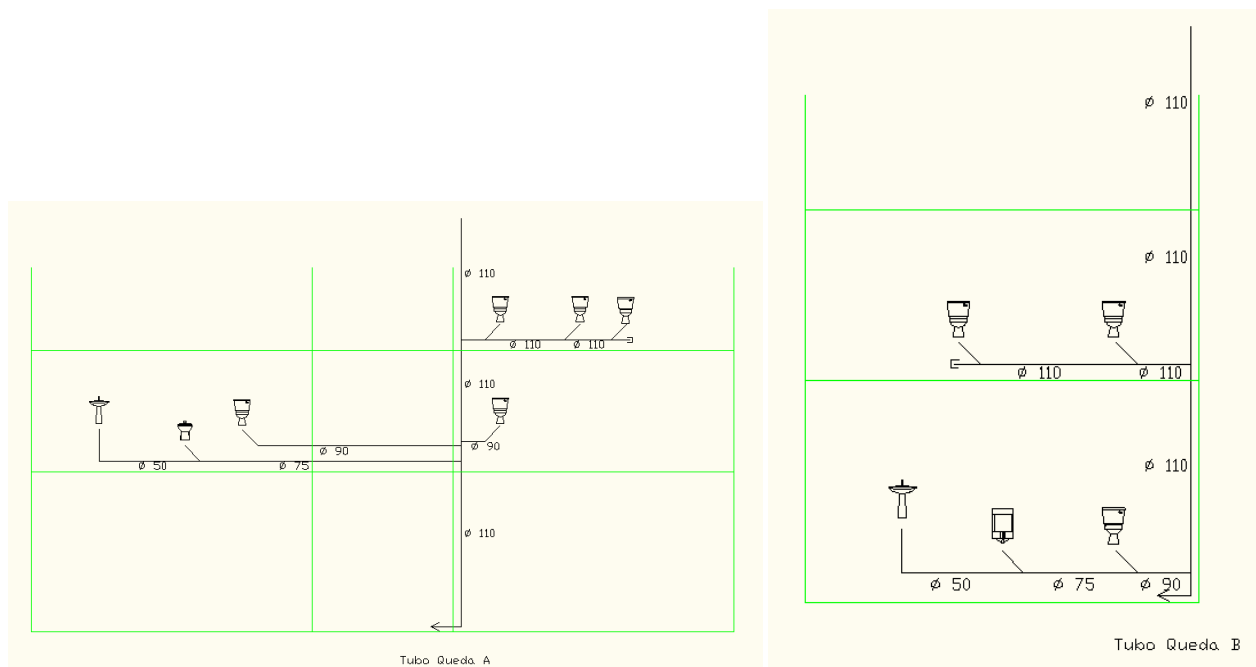


Figura 39 - Configuração do tubo de queda A e B

No tubo de queda B e C tem-se entregas do ramal de descarga à mesma altura, mas enquanto que no tubo de queda B as sanitas entregam em tês de 90° , no tubo de queda C a entrega é realizada a 45° . Relativamente aos aparelhos sanitários da base do tubo de queda, as dimensões do ramal de descarga variam.

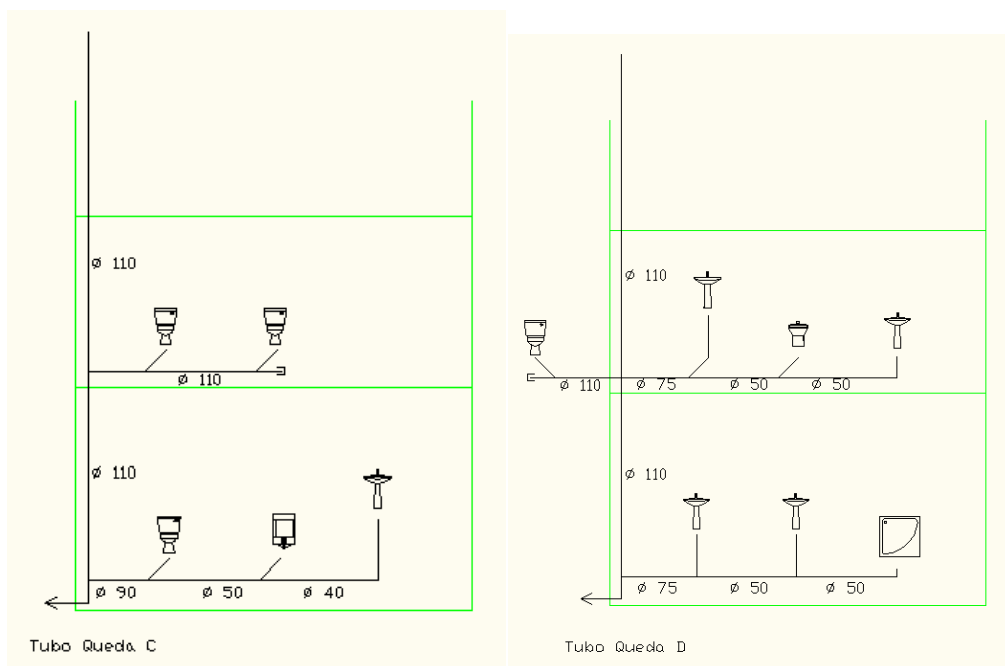


Figura 40 - Configuração do tubo de queda C e D

No tubo de queda D, permite-se realizar ensaios com a forquilha esférica dupla inserção.

No tubo de queda A e E, tem-se o mesmo número de três sanitas, com ligação do ramal de descarga em alturas e diâmetros diferentes, permitindo no tubo de menor diâmetro tirar partido do controlador de ar.

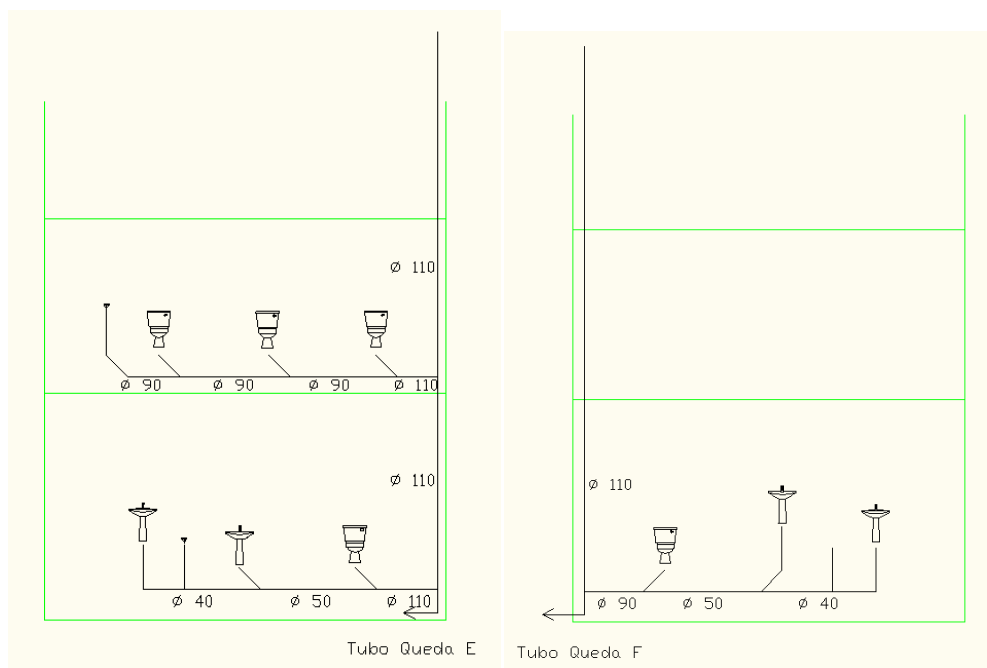


Figura 41 - Configuração do tubo de queda E e F

Na base do tubo de queda E e F, as configurações permitem ter os mesmos aparelhos sanitários mas com a inclusão de tubo de ventilação intermedia dos ramais de descarga (um aberto para a atmosfera outro com um controlador de ar)

5.2. Equipamentos

5.2.1. Câmara de filmar

As filmagens efetuadas foram realizadas com o auxílio de uma camara de filmar Panasonic NV-DS35 que além de ser digital, tem uma boa performance em termos de imagens a alta velocidade.



Figura 42 - Máquina filmar Panasonic NV-DS35

5.2.2. Câmara fotográfica

Para a documentação de todos os ensaios utilizou-se a máquina fotográfica Canon EOS 650D, com 18 mega pixéis e foi escolhido com cenário de fundo um pano branco, para contrastar com o corante azul colocado no provete de ensaio.



Figura 43 - Máquina fotográfica Canon 650 D

5.2.3. Câmara Telescópica

Este dispositivo permite realizar filmes ou fotos em locais de difícil acesso, mesmo que submersas de líquido, pois possui um cabo com 3m de comprimento que leva a câmara a locais como interior de tubagens, condutas subterrâneas ou poços.

O dispositivo é constituído por um ecrã LCD 3.5", armazenando imagens em cartão de memória. Os dados registados podem ser tratados em computador, bastando transferi-los.

A visualização das imagens no interior de tubagens de grande dimensão, gera desfocagem pois encadeia a luz dos led's com as gotículas de águas, desfocando a imagem



Figura 44 - Câmara telescópica

5.2.4. Provetes de ensaio

Para a realização do ensaio de velocidade das partículas nas descargas de água, foram lançados "provetes de ensaio", preparados conforme a norma EN 997:2012 (F), descrito no anexo E desta.

Sendo uma norma essencialmente voltada para os ensaios de sanitas, o provete utilizado serve perfeitamente para os ensaios realizados no decurso deste trabalho.

O provete é composto por uma "tripa" sintética com diâmetro de 25 milímetros, cheio com 37 mililitros de água, amarrado com fio forte. Dentro seria colocado um objeto metálico para deteção, mas como o propósito do ensaio era a sua visualização, decidiu-se colocar um corante azul mais denso que a água, perfazendo o peso do respetivo objeto.



Figura 45 - Provete de ensaio

5.3. Caso de estudo

5.3.1. Objetivos

O objeto do estudo será centrado na análise do escoamento na zona da base do tubo de queda.

Como o estudo está focalizado na base do tubo de queda, será pertinente analisar e verificar a distância mínima para a ligação de dispositivos após a base do tubo de queda de 10 DN, conforme prescrito na EN 12056-2:2000.

O ressalto hidráulico dá-se na base do tubo de queda, que fazem geram-se pressões negativas no tubo de queda. Com recurso à torre hidráulica e com os dispositivos disponíveis nesta, determinar a pressão geradas no tubo de queda e as velocidades no coletor, para diversas situações de descarga e configurações da base do tubo.

5.3.2. Metodologia

Recorreu-se à torre hidráulica do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e as limitações foram várias ao nível da obtenção dos dados pretendidos. As ligações das tubagens encontram-se soldadas e ao nível do coletor predial, este não é em acrílico mas sim opaco (PEAD).

Procurou-se um tubo de queda que poderia ser desmontado e onde poderia ser inserido um manómetro para medição de pressões. O tubo de queda escolhido foi o "A" conforme figura nº. 39, aproveitou-se uma circunventilação que depois de desmontada, a parte terminal do arejador foi utilizada para colocação de um manómetro e a parte do desarejador utilizada como coletor predial na base do tubo de queda, sendo muito útil por se poder visualizar os fenómenos nesta zona.

Na figura 46 mostra o esquema utilizado para a realização dos ensaios.

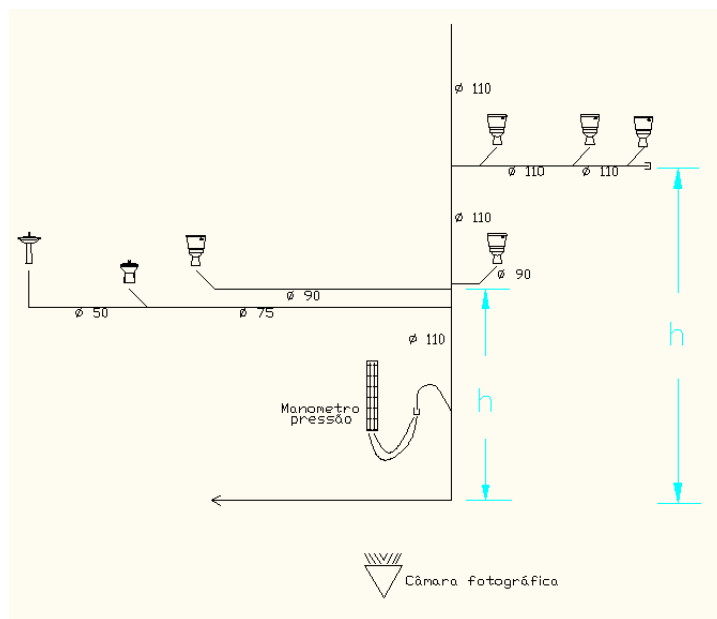


Figura 46 - Esquema do ensaio no tubo de queda A



Figura 47 - Manómetro de pressão

O objetivo dos ensaios era a medição de pressões (efetivas) e de velocidades de partículas, quando se realizavam descargas de água aos aparelhos sanitários.

Na sanita de cada conjunto de descargas colocaram-se dois provetes de ensaios, fazendo-os deslocar com a descarga de água. Por baixo do coletor colocou-se uma escala métrica e no tubo de queda instalou-se um manómetro de pressão conforme figura 47.

Na base do tubo de queda colocaram-se três tipos de curvas:

- uma curva a 90° .
- Duas curvas a 45° .
- Duas curvas a 45° com rotação da segunda em relação à primeira de $43,75^\circ$.

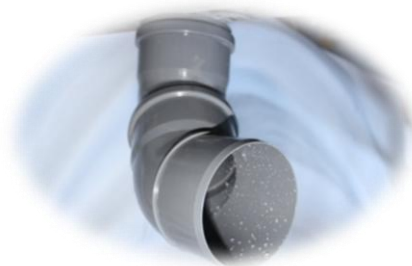


Figura 48 - Duas curvas a 45° com rotação de $43,75^\circ$ entre elas

Na torre hidráulica e no tubo de queda selecionado escolheram-se três conjuntos de peças sanitárias a duas alturas diferentes (distância entre a entrega dos ramais de descarga e o coletor):

- Para altura de 1,72m a 1,79m
 - Descarga simples (Uma sanita)
 - Descarga simultânea (Uma sanita, um lavatório e um bidé)
- Para altura de 2,94m a 3,01m
 - Descarga simples (uma sanita)
 - Primeira descarga simultânea (duas sanitas)
 - Segunda descarga simultânea (três sanitas)

Para cada altura fizeram-se descargas simples e simultâneas, registrando-se as depressões do manómetro através de filmagem e registaram-se as descargas de água dos aparelhos sanitários com o mesmo recurso. Nas descargas de água foram introduzidas duas "partículas" (provetes de ensaio), que foram filmadas e registada a sua posição no coletor. Este procedimento foi repetidamente executado, tantas quantas as vezes o número de combinações dos ensaios

Com o recurso ao programa "Studio versão 8 da Pinnacle" foi feita a análise às partículas, conforme a figura 49. Conhecendo-se a posição destas e o tempo que a "partícula" demorou a percorrer uma dada distância, obteve-se a velocidade da referida partícula.

O programa usado faz leituras de 25 imagens por segundo, o que dá uma imagem por cada quatro centésimos de segundo.

Sendo a Formula da Velocidade

$$V = \frac{dl}{dt} \quad (3)$$

Donde:

dl - distância percorrida em metros

dt - intervalo de tempo em segundos

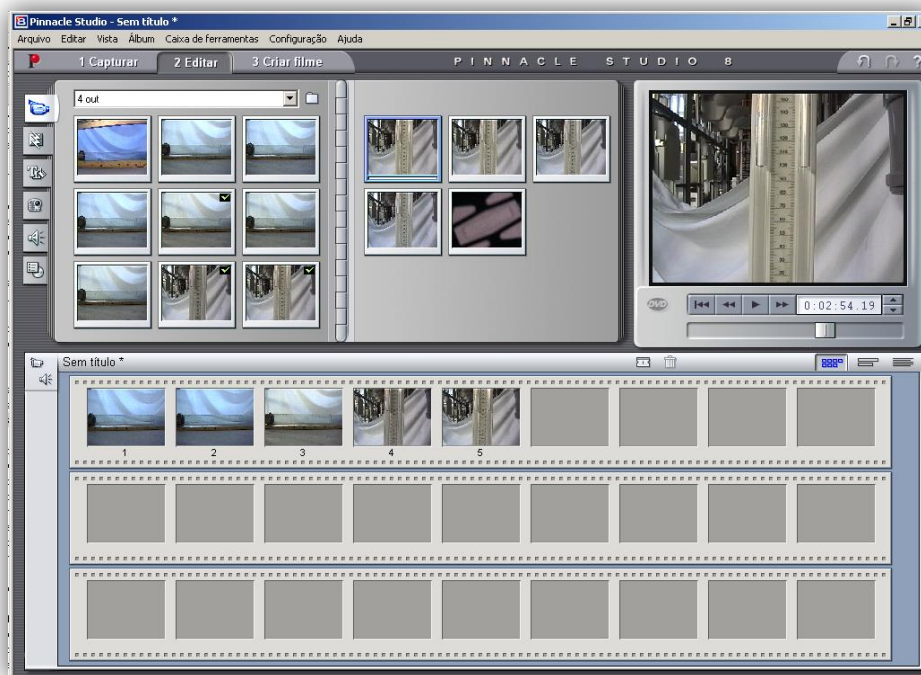


Figura 49 - Apresentação do programa "Studio 8 da Pinnacle"

5.3.3. Resultados obtidos

Dos ensaios realizados na torre hidráulica, obtiveram-se medições de velocidade de "partículas" e de pressões nas descargas realizadas, que terão de ser analisadas.

Nos ensaios efetuados registaram-se dois tipos de dados, dados de medição de depressões e dados de medição de velocidades, que se dividem em duas series, utilizando os três diferentes acessórios de concordância entre o tubo de queda e o coletor para:

- descarga entre 1.72m e 1.79m de altura
- descarga entre 2.94 e 3.01m de altura

Com os dados registados, procedeu-se à elaboração de gráficos de velocidades de "partículas" e de depressões de descargas dos aparelhos sanitários.

Os resultados dos gráficos de ensaios de pressões são apresentados nos anexos B, C e D.

Os gráficos B1, B2, B3, C1, C2 e C3 são gráficos que comparam ensaios de descargas com o tubo de queda aberto e obstruído, dando origem aos gráficos comparativos D1, D2 e D3, para o primeiro nível de descargas.

No segundo nível de descargas comparam-se os gráficos B4, B5, B6, C4, C5 e C6, que dão origem aos gráficos Sintetizados D4, D5 e D6. Podem comparar-se também os valores dos gráficos do primeiro nível de descargas com os do segundo nível de descargas.

As figuras n.º 50, 51 e 52 foram realizadas para a altura máxima, com o tubo de queda aberto para a atmosfera e tapado, simulando um tampão (obstrução), foram colocados três configurações da base do tubo de queda (três configurações de curvas).

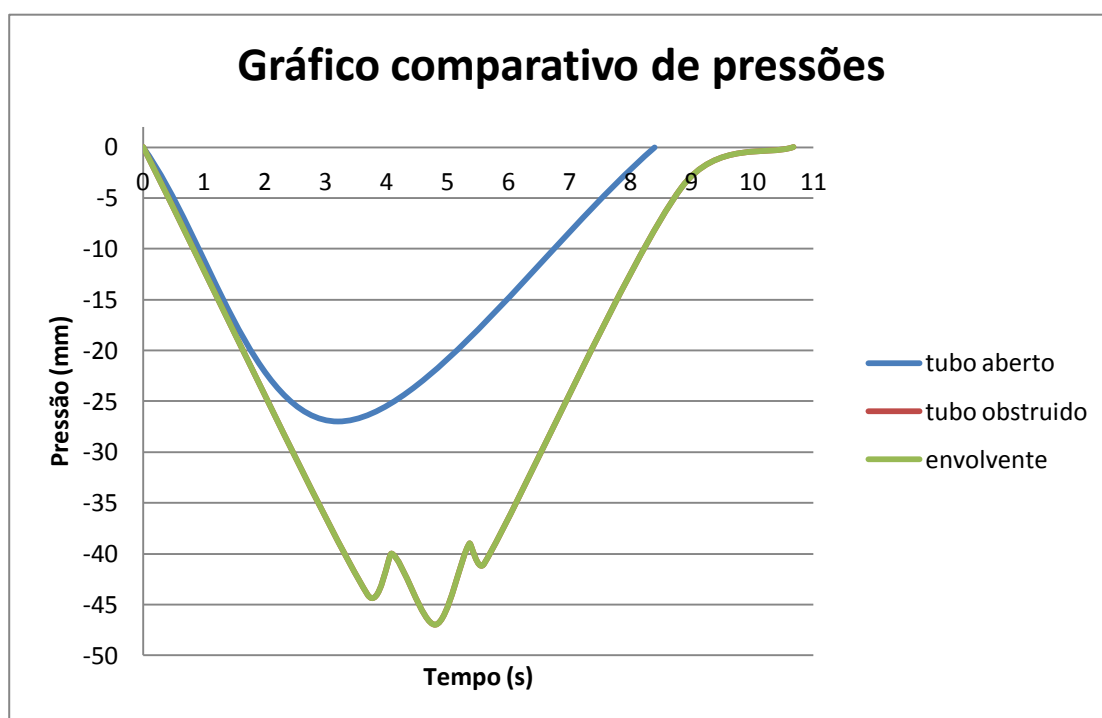


Figura 50 - Gráfico comparativo de pressões, curva a 90º

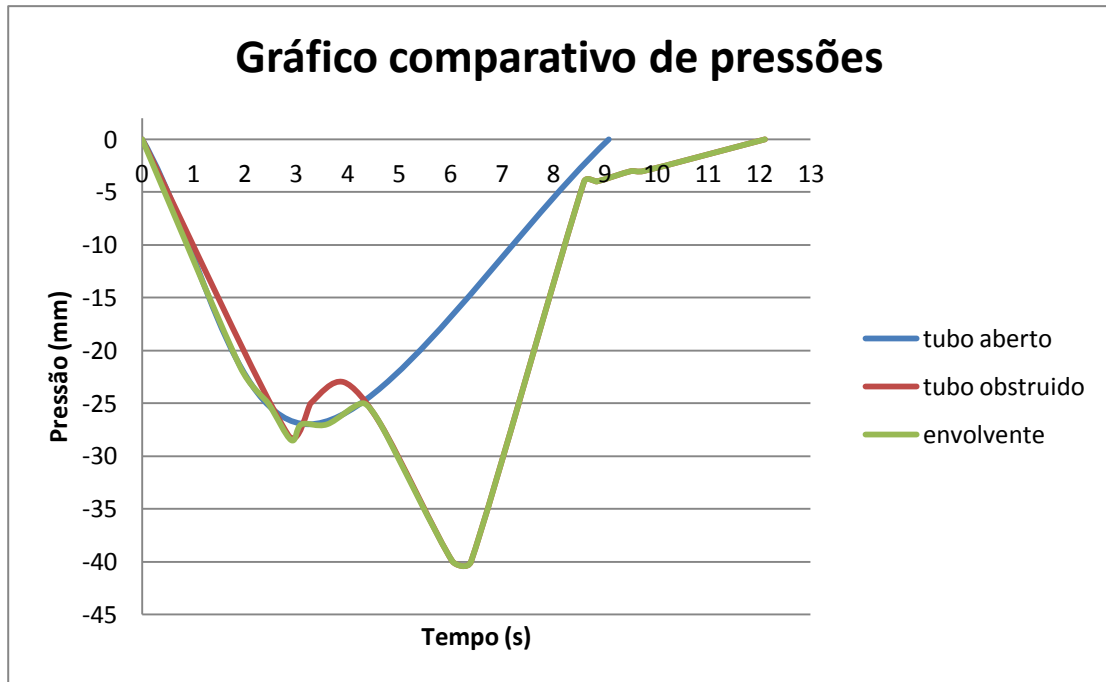


Figura 51 - Gráfico comparativo de pressões 2 curvas a 45°

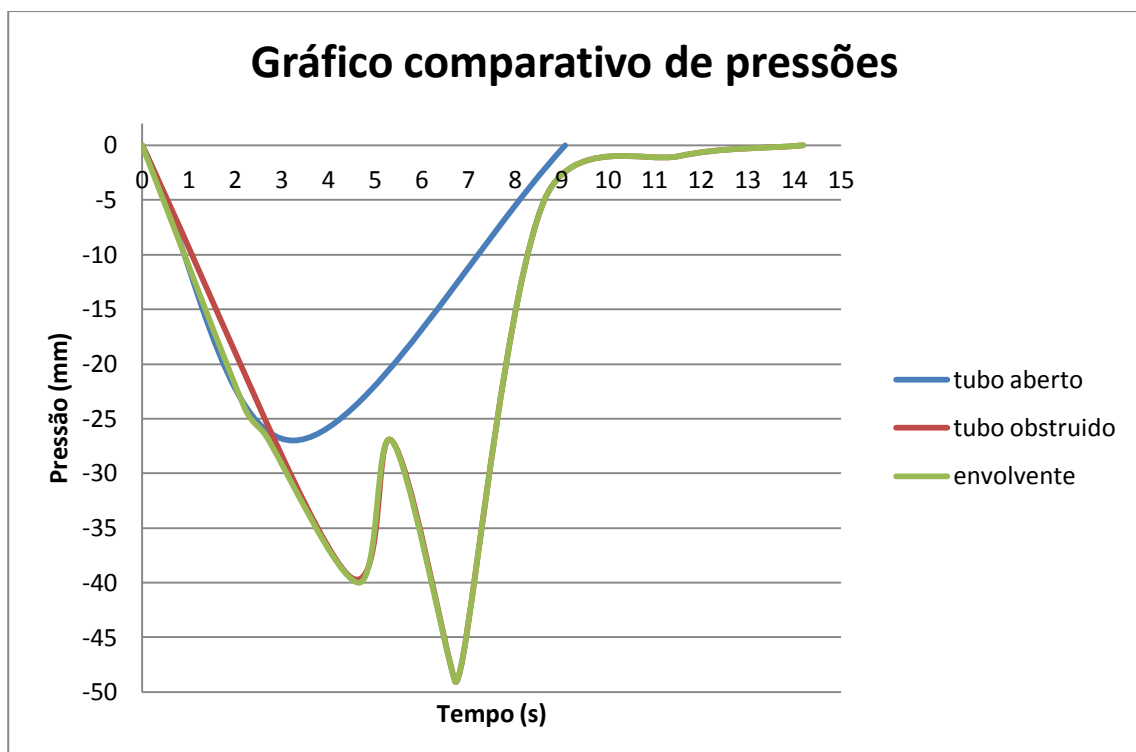


Figura 52 - Gráfico comparativo de pressões 2 curvas a 45° com rotação 43,75°

Os gráficos de velocidades apresentados correspondem à configuração do tubo de queda aberto para a atmosfera, na altura máxima de descargas e aos três tipos de concordâncias na base do tubo de queda, estão expressos nos gráficos das figuras n.º 53, 54 e 55.

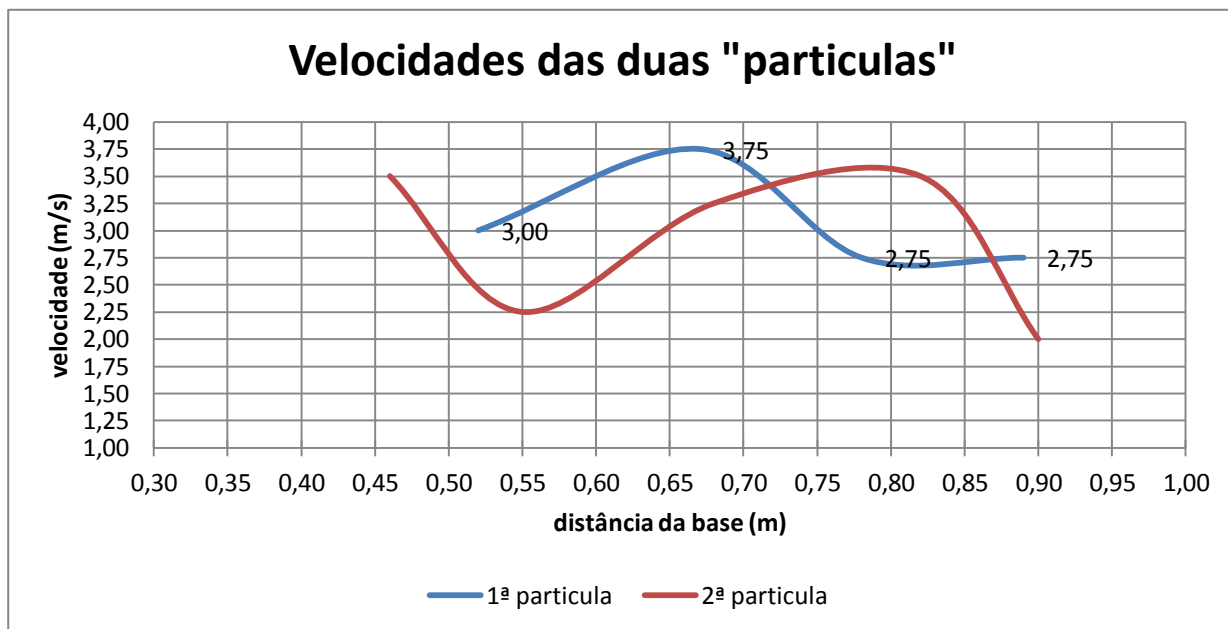


Figura 53 - Gráfico de velocidades de duas partículas, curva a 90°

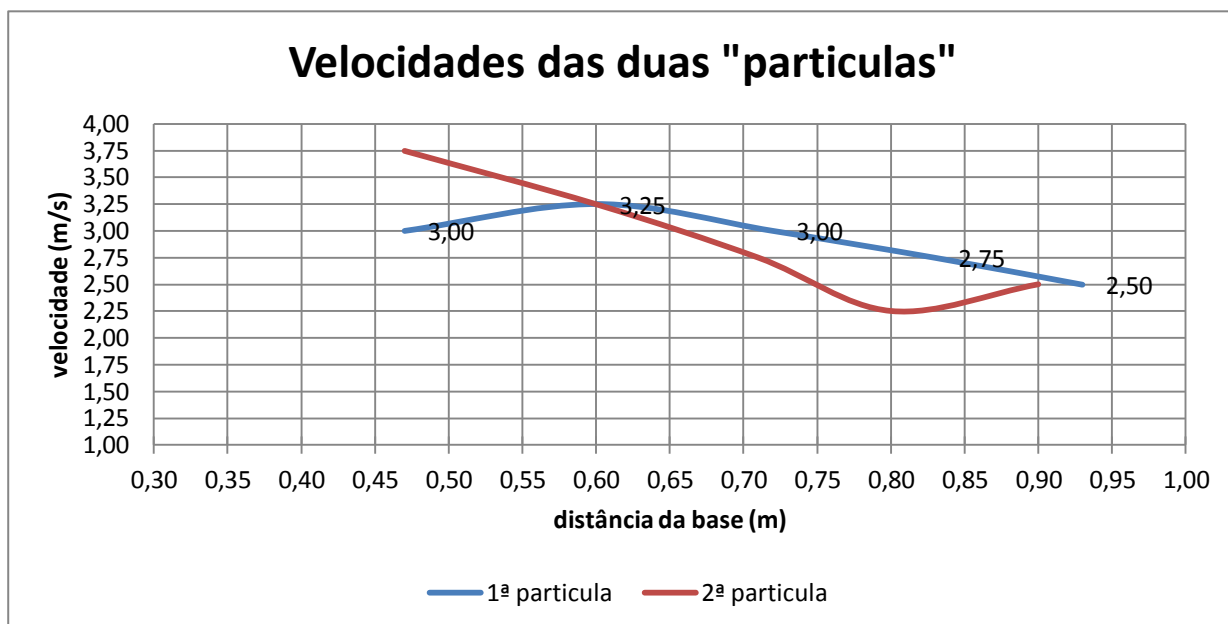


Figura 54 - Gráfico de velocidades de duas partículas, 2 curvas a 45° com rotação 43,75°

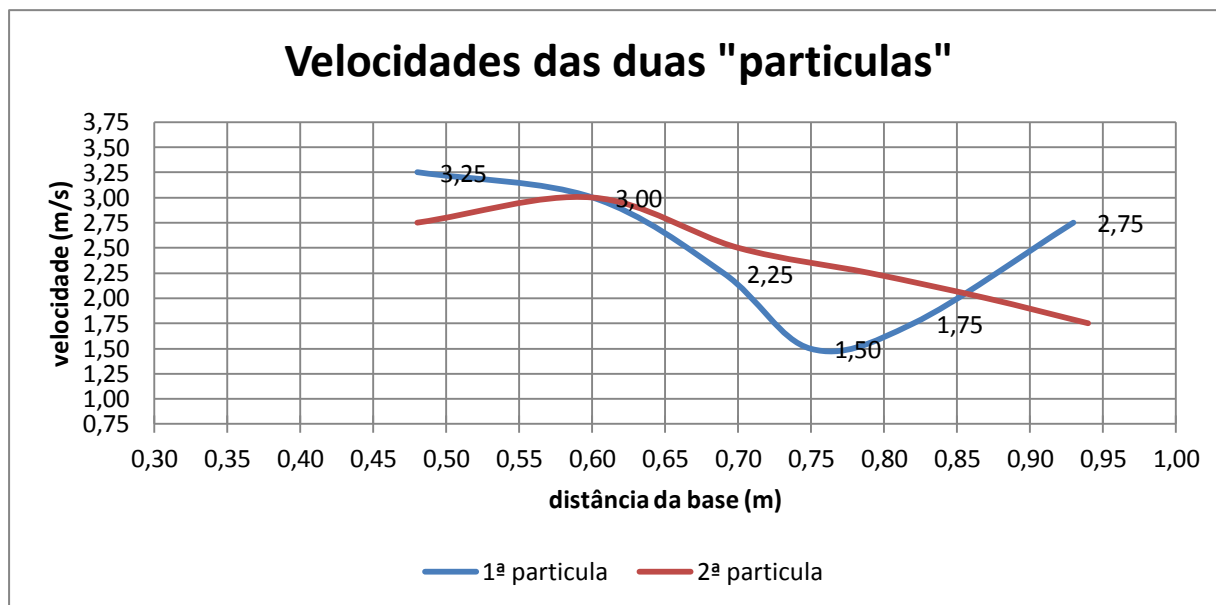


Figura 55 - Gráfico de velocidades de duas partículas, curva a 90°

Os gráficos de ensaios de velocidades das partículas introduzidas no fluxo são apresentados nos anexos E, F e G.

Os gráficos E1, E2, E3, F1, F2 e F3 são gráficos que comparam ensaios de descargas com o tubo de queda aberto e obstruído, dando origem a resultados comparativos de velocidades, expressos nos gráficos G1, G2 e G3, para o primeiro nível de descargas.

No segundo nível de descargas comparam-se os gráficos E4, E5, E6, F4, F5 e F6, que dão origem aos gráficos Sintetizados G4, G5 e G6, onde se expressa as envolventes das respetivas descargas. Podem comparar-se também os valores dos gráficos do primeiro nível de descargas com os do segundo nível de descargas.

5.3.4. Medição do Ressalto e Regolfo associados

O ressalto (e regolfo associados) gerado na base do tubo de queda, pela descarga de dois níveis de alturas diferentes, é localizado no coletor. O fluxo criado após o ressalto é anelar, onde o escoamento de ar é elevado e o volume de água circula como uma película na parede do tubo. Realizaram-se medições ao escoamento, no tubo coletor onde o ressalto é medido em comprimento, até ao ponto máximo onde o escoamento toca a parte superior do tubo.

O escoamento depois de deixar esta turbulência, passa para uma fase em que o seu movimento é intermitente passando rapidamente a ondulado estratificado

Foram realizadas medições ao escoamento no coletor, após o tubo de queda conforme a tabela n.º 20 (comprimento do ressalto/regolfo quando o tubo de queda se encontra aberto para a atmosfera) e tabela n.º 21 (comprimento do ressalto/regolfo quando o tubo de queda se encontra obstruído).

Quintela (1994), conclui que no regime rápido, as pequenas perturbações só se propagam para jusante, em virtude de a velocidade relativa de propagação para montante ser inferior à velocidade do escoamento.

As tabelas onde estão expressos os valores do comprimento do ressalto/regolfo, quer em tubo de queda aberto para a atmosfera, quer obstruído estão disponíveis no anexo H.

Tabela 20 - Comprimento do ressalto/regolfo (tubo de queda aberto para a atmosfera)

	Curva a 90º	2 Curvas 45º	2 Curvas 45º rotação
Altura 1,72m			
1 sanita	0,48	0,00	0,61
WC completo	0,64	0,00	0,75
Altura 2,92m			
1 sanita	0,65	0,00	0,65
2 sanitas	0,68	0,55	0,79
3 sanitas	0,78	0,67	0,86

Tabela 21 - Comprimento do ressalto/regolfo (tubo de queda obstruído)

	Curva a 90º	2 Curvas 45º	2 Curvas 45º rotação
Altura 1,72m			
1 sanita	0,48	0,00	0,56
WC completo	0,64	0,00	0,68
Altura 2,92m			
1 sanita	0,48	0,00	0,58
2 sanitas	0,66	0,53	0,73
3 sanitas	0,72	0,62	0,82

* comprimento em metros

* o ressalto/regolfo é medido em comprimento até ao ponto máximo, onde o fluxo toca a parte superior do tubo

Da análise da figura 56 e 57, utilizando a mesma configuração de acessórios (2 curvas a 45º rodadas de 43,75º), pode-se observar que a figura 56 é aquela que tem o comprimento do ressalto/regolfo mais comprido face a esta configuração estar com o tubo aberto para a atmosfera.



Figura 56 - Comprimento ressalto/regolfo (Tubo aberto, 2 curvas 45º rot. 43,75º)

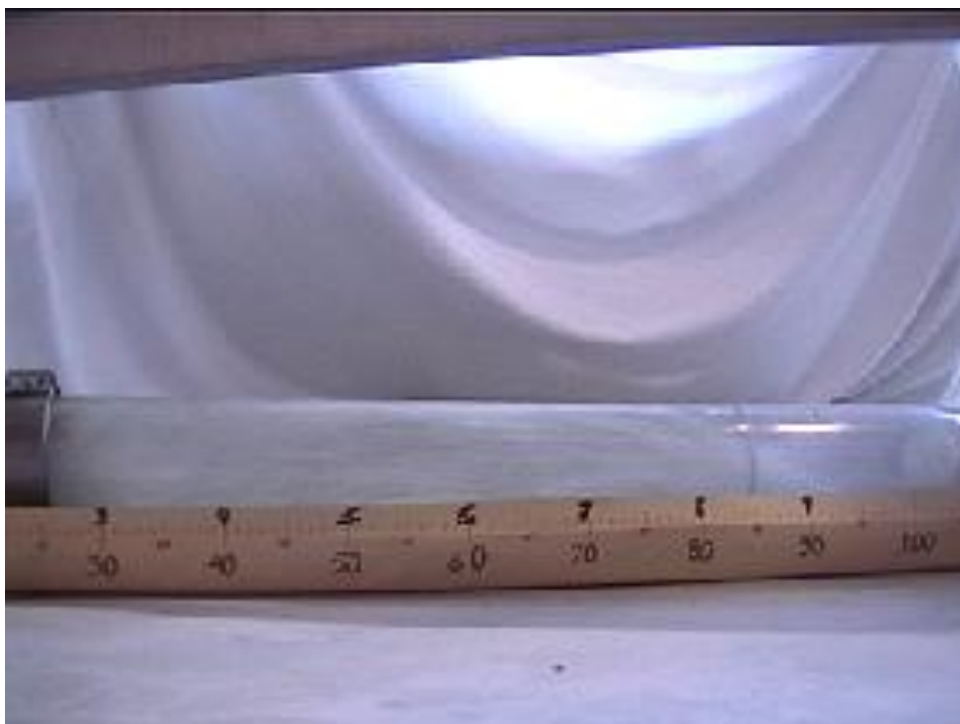


Figura 57 - Comprimento ressalto/regolfo (tubo Obstruído, 2 curvas 45° rot. 43,75°)

Comparando a figura 58 e 59, com a mesma configuração de acessórios (2 curvas a 45°), observa-se que a figura 59 é aquela que tem a maior extensão do ressalto, face a esta configuração estar com o tubo aberto para a atmosfera.



Figura 58 - Comprimento ressalto/regolfo (tubo obstruído, 2 curvas 45°)

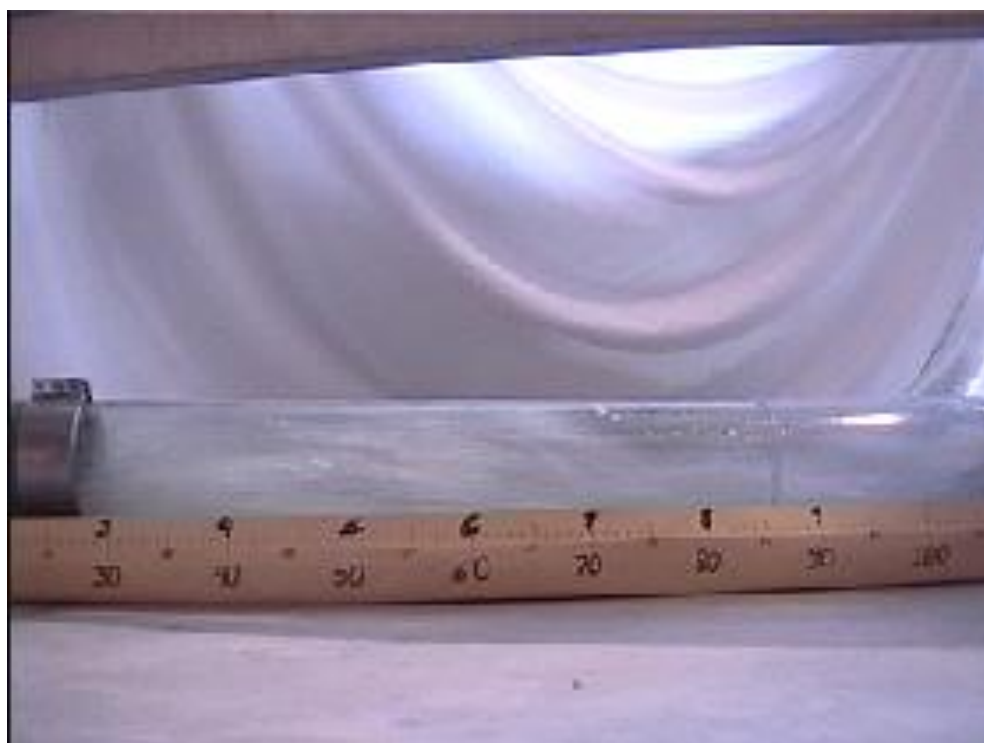


Figura 59 - Comprimento ressalto/regolfo (tubo aberto, 2 curvas 45°)

Capítulo 6

Conclusões

6.1. Principais resultados obtidos e análise conclusiva

Comparando os registos de gráficos de depressão e de velocidades das partículas podem-se tirar algumas conclusões.

Da observação dos gráficos de pressão podem tirar-se as seguintes conclusões:

1 - Quando o tubo de queda está obstruído registam-se maiores valores depressão em todas as configurações de sistema apresentado.

2 - Com o tubo de queda obstruído, o ressalto/regolfo prolonga-se por muito mais tempo relativamente ao tubo de queda aberto para a atmosfera.

3 - As maiores depressões apresentadas situam-se na configuração com o tubo de queda obstruído e na utilização de uma curva a 90° entre o tubo de queda e o coletor.

4 - Com o tubo de queda obstruído e com a utilização de baixos caudais, os valores são muito idênticos em todas as configurações, mas quando se aumentam os caudais de água, a configuração de duas curvas a 45° tende a apresentar menores depressões absolutas.

5 - Com o tubo de queda aberto para a atmosfera e para diferentes configurações de sistemas, os valores de depressão são idênticos, aumentando estes em valor absoluto com o aumento do caudal de água.

6 - Com o tubo de queda aberto para a atmosfera, diferentes configurações de sistemas e diferentes caudais, não se registaram depressões em dispositivos de descarga situados entre 1,72 e 1,79m de altura em relação ao coletor.

7 - Na utilização de duas curvas a 45°, gera menor valor absoluto de pressões e maior tempo de fecho hídrico quando o tubo se encontra obstruído.

Analisando-se os gráficos de velocidades das "partículas" medidas durante a realização dos ensaios, pode-se concluir:

1 - a velocidade da "partícula" aumenta ou diminui por vezes, pelo embolo criado na concordância.

2 - o embolo criado suga a partícula e uma maior quantidade de água, fazendo-a circular a maior velocidade. Na parte final da sucção temos falta de água no dispositivo e conseqüente maior entrada de ar, fazendo com que a partícula diminuía de velocidade, promovida pela menor quantidade de água no embolo.

3 - nas duas curvas a 45° sem rotação, verifica-se uma maior velocidade relativamente às outras curvas analisadas e linhas de velocidade média com menor amplitude.

Da análise à tabela do comprimento do ressalto/regolfo gerado na base do tubo de queda, pela descarga de dois níveis de alturas diferentes, pode-se concluir que:

1 - O escoamento criado após o ressalto é do tipo anelar, onde o fluxo de ar é elevado e o volume de água circula como uma película na parede do tubo.

2 - O escoamento anelar depois de deixar a turbulência, passa para uma fase em que o seu movimento é intermitente passando rapidamente a ondulado estratificado.

3 - Os maiores comprimentos de ressalto/regolfo registaram-se com o tubo de queda aberto para a atmosfera e com a configuração de acessórios de 2 curvas a 45° rodadas de 43,75°.

4 - Os menores comprimentos de ressalto/regolfo registaram-se com a configuração de acessórios de com duas curvas a 45°, com o tubo de queda aberto para a atmosfera ou obstruído.

5 - na configuração de duas curvas a 45°, para a menor altura com qualquer quantidade de água e na altura maior com menor quantidade de água não se registam ressalto/regolfo.

Para concluir, pode afirmar-se que a configuração de duas curvas a 45° gera:

- **Menores valores de pressão negativa**
- **Maiores velocidades médias em cada descarga**
- **Menores comprimentos de ressalto/regolfo**

6.2 Sugestões para trabalhos futuros

O presente trabalho ficou limitado à configuração da torre hidráulica do D.E.C.U.A, não permitindo alterar a configuração dos aparelhos de descarga e as tubagens. Sendo a torre hidráulica um modelo laboratorial, muito importante na visualização do comportamento de inúmeras situações de descarga e de múltiplas configurações de acessórios e aparelhos sanitários, tem as suas limitações como qualquer sistema.

Para trabalhos futuros sugere-se que se aumente a distância entre as duas curvas a 45°, prolongando assim a concordância entre o tubo de queda e o coletor. Pode ser feito um estudo com diversas curvas a 30°.

Com a realização dos ensaios, concluiu-se que a depressão no tubo de queda aumentava com maiores caudais, como era expectável. As configurações apresentadas na torre hidráulica podem ser aceitáveis em pequenos edifícios, já não sendo aceitáveis em alguns edifícios públicos, com uma maior simultaneidade de caudais, daí que seria pertinente simular também uma descarga deste género.

Ao realizar os respetivos ensaios não foi possível alterar a estrutura da torre hidráulica, logo não se alterou o comprimento dos tubos nem da configuração.

Não foi possível a colocação de sondas ao longo do tubo coletor, nem perfurando este para medição de velocidade real e nem a visualização das partículas. Outro problema constatado reporta-se aos acessórios de concordância entre o tubo de queda e o coletor, que eram opacos, não permitindo a visualização e análise dos fenómenos aí gerados.

Seria pertinente realizar o ensaio com mais de três sanitas, tanto para o tubo de queda aberto para a atmosfera como com este obstruído, afim de aferir se as conclusões tiradas são verdadeiras quando os caudais simultâneos aumentam.

Outro estudo a realizar no futuro será o de saber a partir de que altura (do coletor à ligação com o ramal de entrega no tubo de queda) as depressões começam a fazer-se sentir, já que este estudo apenas contemplou duas alturas de entrega dos ramais no tubo de queda, com o mesmo diâmetro.

Referências Bibliográficas

Silva Afonso, A. (2001). Dissertação de Doutoramento "Contributos para o Dimensionamento de Redes de Águas em Edifícios Especiais - Aplicação de Modelos Matemáticos". Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.

Silva Afonso, A. (2012). Apontamentos sobre Instalações Hidráulicas Prediais – Tomo I – Instalações Prediais de Aguas e Esgotos, Universidade de Aveiro.

Sakaue, K. (2010). Development of Next Generation Drainage System. CIB W062 International Symposium, Sydney-Austrália.

Swaffield J. A., Boldy A. P., Galowin L. S.. (1992). The engineered design of building drainage systems. Ashgate Publishing Limited.

Martins, J. G. (2007). Distribuição e drenagem de águas. Universidade Fernando Pessoa, Porto.

Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Aguas e de Drenagem de Águas Residuais (1995). Diário da Republica.

EN - 12056 (2000). Gravity drainage systems inside building – Part 2: Sanitary pipework, layout and calculation. European Committee for Standardization, Bruxelas.

Sankey, Mark, Yang Zhi, Glandden Lynn, et al., (2009). "SPRITE MRI of Bubbly flow in a Horizontal Pipe". Published by Elsevier Inc.

Alves, G. E., (1954). "Cocurrent Liquid-Gas flow in a pipeline contractor". American Institute of Chemical Engineers progress 50

Taitel Y., Dukler A. E., (1976). A Model for Predicting Flow Regime Transition in Horizontal and Near Horizontal Gas – Liquid Flow. AIChE Journal vol. 22 pag. 47-55

Kajiyu, R., Sakaue, K., et al., (2008). CFD Simulation and Experimental Study of Flow Characteristic of Siphon Drainage System. CIB W062 International Symposium Hong Kong.

Lee, Wong, Mui, (2010). Determination of Terminal Velocity of Stack Flow by Numerical Simulation. CIB W062 International Symposium, Australia.

Cheng, Liao, et al., (2010). Empirical Study on Drainage Stack Terminal Water Velocity. Departement of Architecture, National Taiwan University of Science and Technology. Taipei, Taiwan

Valsir, (2009). "Manual Técnico L02 - 400 Sistema Drenagem para Edifícios - Características, Dimensionamento, Cálculo, Instalação e Ensaio", Itália

Quintela, A. (1993). "Hidráulica" (4ª edição). Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa

Anexo A

Norma EN 997:2012-05 (F)

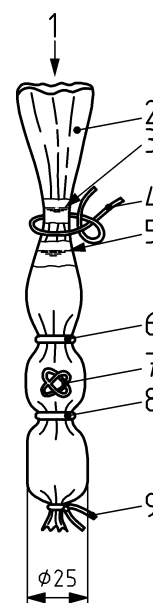
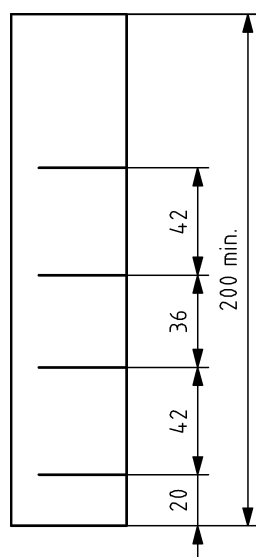
Annexe E

(normative)

Préparation des corps d'épreuve

- 1) Humidifier le boyau synthétique et le couper selon le gabarit de la Figure E.1. Le boyau synthétique coupé sera lié en bas selon la Figure E.2 avec un fil d'un diamètre de 1 mm.
- 2) Insérer un élément de détection en métal d'un diamètre interne de 14 mm (diamètre du fil égal à 1,6 mm, masse de 1,53 g), constitué d'acier inoxydable, ou une bague d'un diamètre interne de 10 mm (diamètre du fil égal à 2,0 mm) en argent. Remplir de 37 ml d'eau et serrer avec du fil en haut. Positionner ensuite les joints toriques de diamètre 10/14, conformément à la Figure E.2.
- 3) Vérifier que le corps d'épreuve est complètement rempli d'eau, conformément à la Figure E.3.
- 4) Pour le protéger, le corps d'épreuve doit être enveloppé d'une gaze tubulaire et l'ensemble attaché avec du fil de lin, comme illustré sur les Figures E.4 et E.5.
- 5) Pour finir, contrôler les corps d'épreuve avec un gabarit, conformément à la Figure E.6.

Dimensions en millimètres



Légende

- | | |
|---|-------------------------------|
| 1 | 37 ml d'eau |
| 2 | Boyau synthétique |
| 3 | Niveau d'eau après nouage |
| 4 | Fil |
| 5 | Niveau d'eau avant nouage |
| 6 | Joint torique |
| 7 | Élément de détection en métal |
| 8 | Joint torique |
| 9 | Fil |

Figure E.1 — Gabarit de mesure

Figure E.2 — Emplacement des nœuds

EN 997:2012 (F)

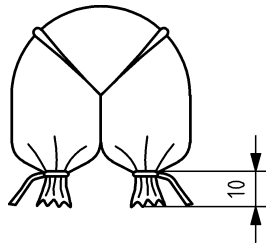


Figure E.3 — Vérification de la mise en place du corps d'épreuve

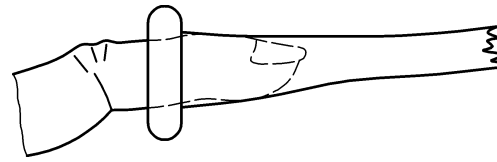


Figure E.4 — Enroulement de la gaze tubulaire sur le corps d'épreuve

Dimensions en millimètres

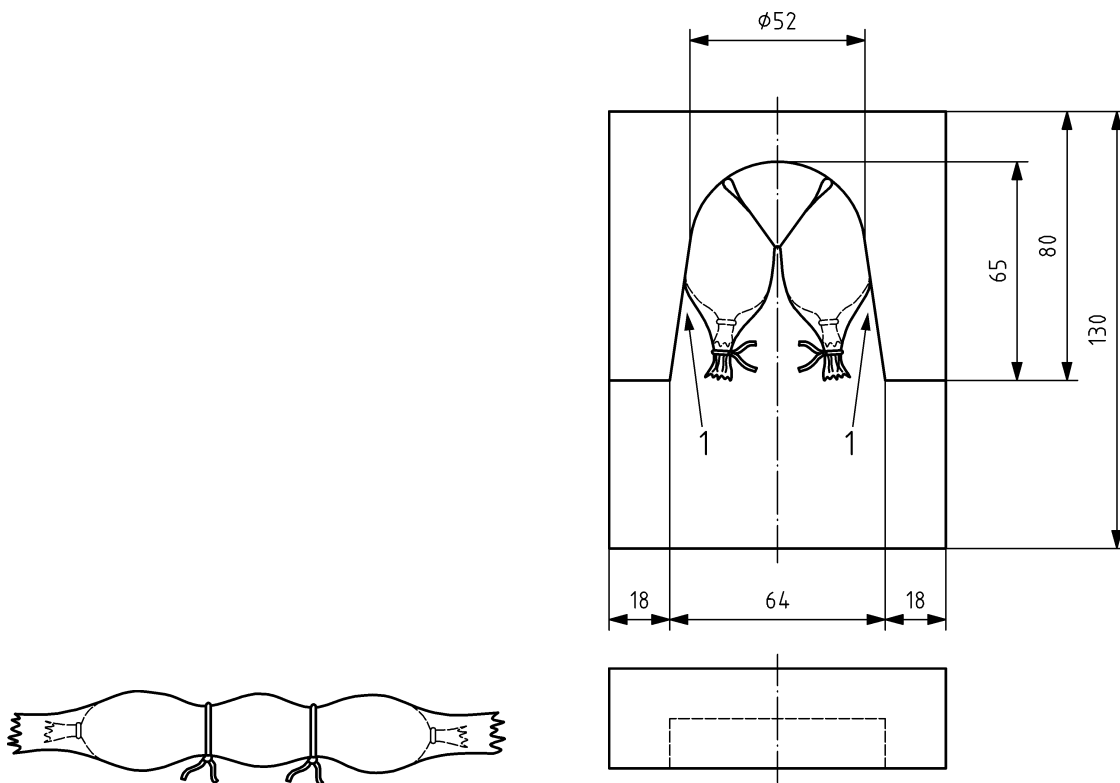


Figure E.5 — Corps d'épreuve recouvert de gaze tubulaire

Légende

- 1 Position du corps d'épreuve sans tension dans le gabarit

Figure E.6 — Gabarit pour vérifier la configuration finale du corps d'épreuve

Anexo B

Gráficos de pressões (tubo aberto para a atmosfera)

B1 - Gráfico de pressões para 1 curva 90° e altura de 1,72m

B2 - Gráfico de pressões para 2 curvas 45° e altura de 1,77m

B3 - Gráfico de pressões para 2 curvas 45° c/ rotação 43,75° e altura de 1,79m

B4 - Gráfico de pressões para 1 curva 90° e altura de 2,94m

B5 - Gráfico de pressões para 2 curvas 45° e altura de 2,99m

B6 - Gráfico de pressões para 2 curvas 45° c/ rotação 43,75° e altura de 3,01m

TUBO DE QUEDA ABERTO PARA A ATMOSFERA - Colocação de 1 curva a 90º

Anexo B1
Tubo queda aberto
1 curva a 90º

Descarga de 1 Sanita a 1,72m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,31	0,14	3,50
0,45	0,09	2,25
0,54	0,08	2,00
0,62	0,07	1,75
0,69	0,06	1,50
0,75	0,05	1,25
0,80	0,07	1,75
0,87	0,06	1,50
0,93		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,62	0,32	1,94

Intervalo entre partículas 0,20 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,30	0,07	1,75
0,37	0,06	1,50
0,43	0,05	1,25
0,48	0,05	1,25
0,53	0,07	1,75
0,60	0,10	2,50
0,70	0,08	2,00
0,78	0,05	1,25
0,83	0,05	1,25
0,88	0,05	1,25
0,93		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,53	0,40	1,33

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00		0,00
0,00		0,00

Descarga de Sanita + Lavatorio + Bidê a 1,72m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,22	0,09	2,25
0,31	0,08	2,00
0,39	0,07	1,75
0,46	0,08	2,00
0,54	0,06	1,50
0,60	0,07	1,75
0,67	0,06	1,50
0,73	0,05	1,25
0,78		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,56	0,32	1,75

Intervalo entre partículas 4,08 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,22	0,09	2,25
0,31	0,10	2,50
0,41	0,09	2,25
0,50	0,09	2,25
0,59	0,08	2,00
0,67	0,08	2,00
0,75	0,08	2,00
0,83		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,61	0,28	2,18

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00		0,00
0,00		0,00

TUBO DE QUEDA ABERTO PARA A ATMOSFERA - Colocação de 2 curvas a 45º

Anexo B2
Tubo queda aberto
2 curvas a 45º

Descarga de 1 Sanita a 1,77m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,38	0,04	1,00
0,42	0,04	1,00
0,46	0,03	0,75
0,49	0,03	0,75
0,52	0,03	0,75
0,55	0,03	0,75
0,58	0,04	1,00
0,62	0,04	1,00
0,66	0,04	1,00
0,70	0,04	1,00
0,74	0,04	1,00
0,78	0,06	1,50
0,84	0,03	0,75
0,87	0,06	1,50
0,93		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,55	0,56	0,98

Intervalo entre partículas: 0,84 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,37	0,08	2,00
0,45	0,09	2,25
0,54	0,08	2,00
0,62	0,08	2,00
0,70	0,04	1,00
0,74	0,05	1,25
0,79	0,08	2,00
0,87	0,07	1,75
0,94		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,57	0,32	1,78

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00		0,00
0,00		0,00

Descarga de Sanita + Lavatorio + Bidé a 1,77m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,35	0,07	1,75
0,42	0,08	2,00
0,50	0,08	2,00
0,58	0,06	1,50
0,64	0,06	1,50
0,70	0,06	1,50
0,76	0,06	1,50
0,82	0,06	1,50
0,88	0,06	1,50
0,94		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,59	0,36	1,64

Intervalo entre partículas: 1,36 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,42	0,14	3,50
0,56	0,12	3,00
0,68	0,12	3,00
0,80	0,07	1,75
0,87	0,07	1,75
0,94		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,52	0,20	2,60

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00		0,00
0,00		0,00

TUBO DE QUEDA ABERTO PARA A ATMOSFERA - Colocação de 2 curvas a 45º rotação 43,75º

Anexo B3
Tubo queda aberto
2 curvas a 45º rotação 43,75º

Descarga de 1 Sanita a 1,79m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,36	0,11	2,75
0,47		2,50
0,57		2,25
0,66		2,25
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,30	0,24	1,25

Intervalo entre particulas 0,24 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,30	0,09	2,25
0,39		2,50
0,49	0,09	2,25
0,58	0,05	1,25
0,88		1,25
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,33	0,28	1,18

Pressões		
t (s)	t (s) acum	- (mm)

Descarga de Sanita + Lavatório + Bidé a 1,79m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,36	0,10	2,50
0,46		2,75
0,57	0,09	2,25
0,66	0,09	2,25
0,75		2,25
0,84	0,06	1,50
0,90		1,25
0,95	0,05	1,25
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,35	0,28	1,25

Intervalo entre particulas 0,56 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,30	0,13	3,25
0,43		2,50
0,53	0,11	2,75
0,64	0,09	2,25
0,73		2,75
0,84	0,11	2,75
0,87		0,75
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,34	0,24	1,42

Pressões		
t (s)	t (s) acum	- (mm)

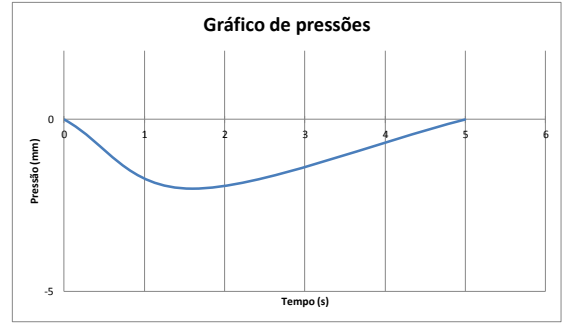
Descarga de 1 Sanita a 2,94m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,76		
0,80	0,04	1,00
0,87	0,07	1,75
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,11	0,08	1,38

Intervalo entre partículas 0,64 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,42		
0,54	0,12	3,00
0,63	0,09	2,25
0,72	0,09	2,25
0,80	0,08	2,00
0,87	0,07	1,75
0,93	0,06	1,50
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,51	0,24	2,13

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
1,60	1,60	-2,00
3,40	5,00	0,00



Descarga de 2 Sanita a 2,94m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,28		
0,34	0,06	1,50
0,47	0,13	3,25
0,59	0,12	3,00
0,73	0,14	3,50
0,90	0,18	4,50
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,63	0,20	3,15

Intervalo entre partículas 0,52 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,34		
0,47	0,13	3,25
0,59	0,12	3,00
0,69	0,10	2,50
0,77	0,08	2,00
0,85	0,08	2,00
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,51	0,20	2,55

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,28	2,28	-20,00
4,52	6,80	0,00



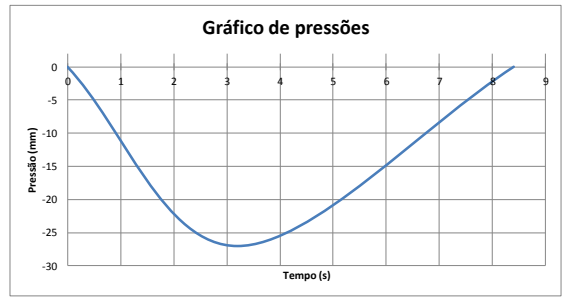
Descarga de 3 Sanita a 2,94m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,40		
0,52	0,12	3,00
0,67	0,15	3,75
0,78	0,11	2,75
0,89	0,11	2,75
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,49	0,16	3,06

Intervalo entre partículas 0,40 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,32		
0,46	0,14	3,50
0,55	0,09	2,25
0,68	0,13	3,25
0,82	0,14	3,50
0,90	0,08	2,00
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,58	0,20	2,90

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
3,20	3,20	-27,00
5,20	8,40	0,00



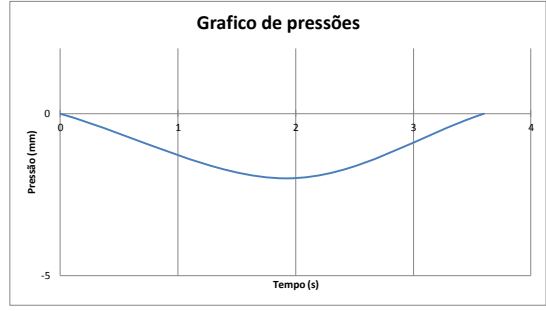
Descarga de 1 Sanita a 2,99m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,45		
0,57	0,12	3,00
0,71	0,14	3,50
0,81	0,10	2,50
0,90	0,09	2,25
0,98	0,08	2,00
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,53	0,20	2,65

Intervalo entre partículas: 0,20 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,40		
0,50	0,10	2,50
0,59	0,09	2,25
0,68	0,09	2,25
0,78	0,10	2,50
0,87	0,09	2,25
0,95	0,08	2,00
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,55	0,24	2,29

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
1,92	1,92	-2,00
1,68	3,60	0,00



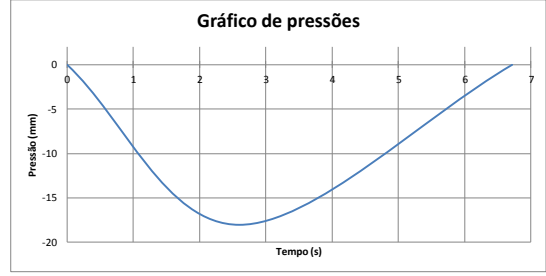
Descarga de 2 Sanita a 2,99m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,35		
0,47	0,12	3,00
0,60	0,13	3,25
0,72	0,12	3,00
0,82	0,10	2,50
0,92	0,10	2,50
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,57	0,20	2,85

Intervalo entre partículas: 0,68 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,38		
0,47	0,09	2,25
0,60	0,13	3,25
0,75	0,15	3,75
0,83	0,08	2,00
0,95	0,12	3,00
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,57	0,20	2,85

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,60	2,60	-18,00
4,12	6,72	0,00



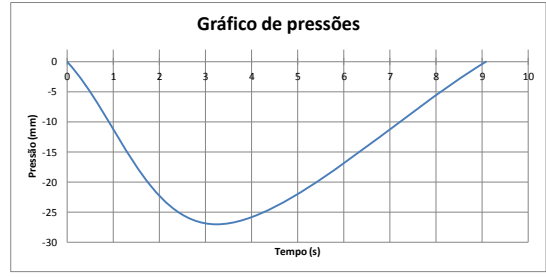
Descarga de 3 Sanita a 2,99m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,35		
0,47	0,12	3,00
0,60	0,13	3,25
0,72	0,12	3,00
0,83	0,11	2,75
0,93	0,10	2,50
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,58	0,20	2,90

Intervalo entre partículas: 0,56 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,32		
0,47	0,15	3,75
0,60	0,13	3,25
0,71	0,11	2,75
0,80	0,09	2,25
0,90	0,10	2,50
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,58	0,20	2,90

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
3,24	3,24	-27,00
5,84	9,08	0,00



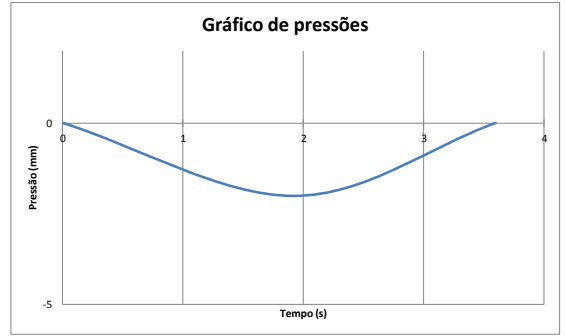
Descarga de 1 Sanita a 3,01m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,30		
0,41	0,11	2,75
0,41	0,09	2,25
0,50	0,09	2,25
0,59	0,08	2,00
0,67	0,08	2,00
0,75	0,06	1,50
0,81	0,05	1,25
0,86	0,06	1,50
0,92		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,62	0,32	1,94

Intervalo entre partículas 0,52 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,37	0,13	3,25
0,50	0,11	2,75
0,61	0,10	2,50
0,71	0,10	2,50
0,81	0,06	1,50
0,87		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,50	0,20	2,50

Pressões		
t (s)	t (s) acum	- (mm)
0,00	0,00	0,00
1,92	1,92	-2,00
1,68	3,60	0,00



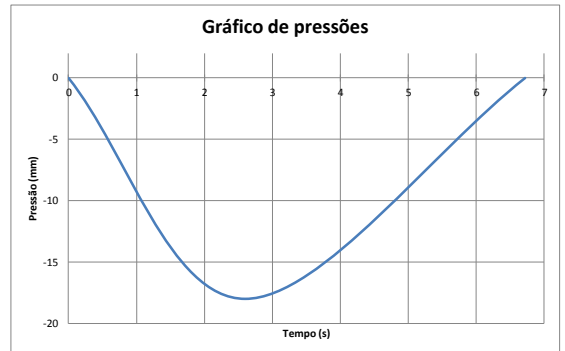
Descarga de 2 Sanita a 3,01m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,41		
0,51	0,10	2,50
0,61	0,10	2,50
0,69	0,08	2,00
0,75	0,06	1,50
0,84	0,09	2,25
0,92	0,08	2,00
		0,00
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,51	0,24	2,13

Intervalo entre partículas 1,32 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,37	0,12	3,00
0,49	0,09	2,25
0,58	0,07	1,75
0,65	0,08	2,00
0,73	0,07	1,75
0,80	0,07	1,75
0,87	0,07	1,75
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,50	0,24	2,08

Pressões		
t (s)	t (s) acum	- (mm)
0,00	0,00	0,00
2,60	2,60	-18,00
4,12	6,72	0,00



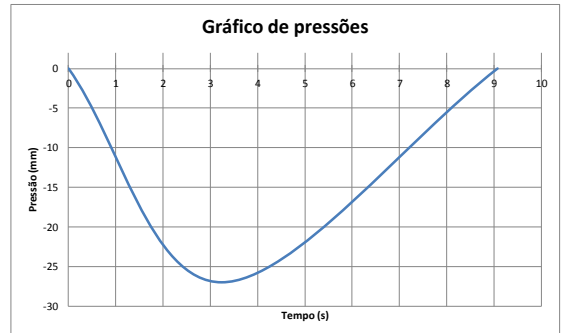
Descarga de 3 Sanita a 3,01m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,35		
0,48	0,13	3,25
0,60	0,12	3,00
0,69	0,09	2,25
0,75	0,06	1,50
0,82	0,07	1,75
0,93	0,11	2,75
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,58	0,24	2,42

Intervalo entre partículas 0,56 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,37	0,11	2,75
0,48	0,11	2,75
0,60	0,12	3,00
0,70	0,10	2,50
0,79	0,09	2,25
0,87	0,08	2,00
0,94	0,07	1,75
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,57	0,24	2,38

Pressões		
t (s)	t (s) acum	- (mm)
0,00	0,00	0,00
3,24	3,24	-27,00
5,84	9,08	0,00



Anexo C

Gráficos de pressões (tubo obstruído)

C1 - Gráfico de pressões para 1 curva 90° e altura de 1,72m

C2 - Gráfico de pressões para 2 curvas 45° e altura de 1,77m

C3 - Gráfico de pressões para 2 curvas 45° c/ rotação 43,75° e altura de 1,79m

C4 - Gráfico de pressões para 1 curva 90° e altura de 2,94m

C5 - Gráfico de pressões para 2 curvas 45° e altura de 2,99m

C6 - Gráfico de pressões para 2 curvas 45° c/ rotação 43,75° e altura de 3,01m

TUBO DE QUEDA OBSTRUIDO - Colocação de 1 curva a 90º

Anexo C1
Tubo queda obstruído
1 curva a 90º

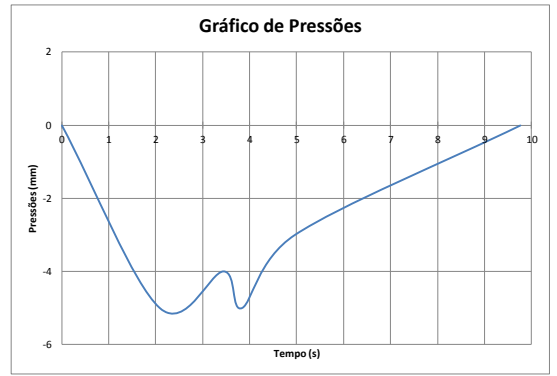
Descarga de 1 sanita a 1,72m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,32	0,08	2,00
0,40	0,08	2,00
0,48	0,09	2,25
0,57	0,07	1,75
0,64	0,06	1,50
0,70	0,06	1,50
0,76	0,06	1,50
0,82	0,07	1,75
0,89	0,06	1,50
0,95		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,63	0,36	1,75

Intervalo entre partículas - 1,98 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,33	0,08	2,00
0,41	0,05	1,25
0,46	0,08	2,00
0,54	0,06	1,50
0,60	0,06	1,50
0,66	0,07	1,75
0,73	0,07	1,75
0,80	0,04	1,00
0,84	0,04	1,00
0,88	0,04	1,00
0,92		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,59	0,40	1,48

Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,08	2,08	-5,00
1,36	3,44	-4,00
0,40	3,84	-5,00
1,12	4,96	-3,00
4,80	9,76	0,00



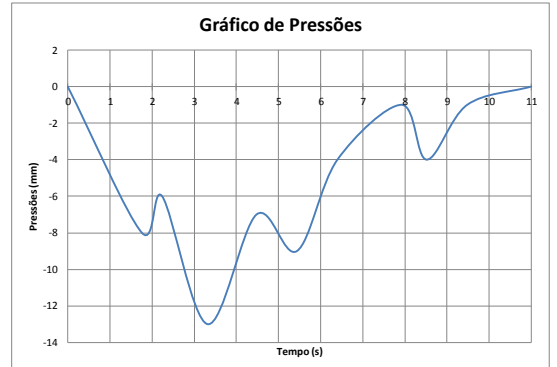
Descarga de Sanita + Lavatorio + Bidé a 1,72m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,29	0,07	1,75
0,36	0,06	1,50
0,42	0,07	1,75
0,49	0,05	1,25
0,54	0,06	1,50
0,60	0,03	0,75
0,63	0,04	1,00
0,67	0,05	1,25
0,72	0,03	0,75
0,75	0,05	1,25
0,80	0,05	1,25
0,85		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,56	0,44	1,27

Intervalo entre partículas - 0,98 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,26	0,08	2,00
0,34	0,09	2,25
0,43	0,07	1,75
0,50	0,07	1,75
0,57	0,07	1,75
0,64	0,07	1,75
0,71	0,05	1,25
0,76	0,05	1,25
0,81	0,07	1,75
0,88	0,05	1,25
0,93	0,03	0,75
0,96		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,70	0,44	1,59

Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
1,76	1,76	-8,00
0,48	2,24	-6,00
1,08	3,32	-13,00
1,16	4,48	-7,00
0,96	5,44	-9,00
0,96	6,40	-4,00
1,52	7,92	-1,00
0,60	8,52	-4,00
0,96	9,48	-1,00
1,52	11,00	0,00



TUBO DE QUEDA OBSTRUÍDO - Colocação de 2 curvas a 45°

Anexo C2
Tubo queda obstruído
2 curvas a 45°

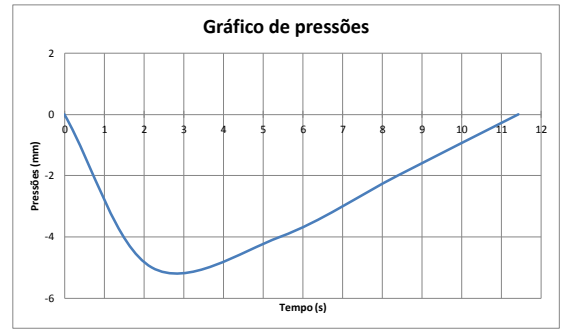
Descarga de 1 sanita a 1,77m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,35		
0,48	0,13	3,25
0,57	0,09	2,25
0,70	0,13	3,25
0,80	0,10	2,50
0,87	0,07	1,75
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,52	0,20	2,60

Intervalo entre partículas: 2,88 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,39		
0,49	0,10	2,50
0,56	0,07	1,75
0,64	0,08	2,00
0,72	0,08	2,00
0,79	0,07	1,75
0,85	0,06	1,50
0,91	0,06	1,50
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,52	0,28	1,86

Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,20	2,20	-5,00
3,24	5,44	-4,00
2,96	8,40	-2,00
3,04	11,44	0,00



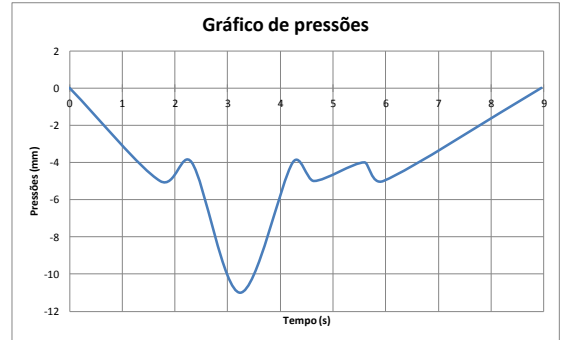
Descarga de Sanita + Lavatório + Bidê a 1,77m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,37		
0,47	0,10	2,50
0,55	0,08	2,00
0,64	0,09	2,25
0,72	0,08	2,00
0,79	0,07	1,75
0,85	0,06	1,50
0,92	0,07	1,75
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,55	0,28	1,96

Intervalo entre partículas: 0,68 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,36		
0,47	0,11	2,75
0,58	0,11	2,75
0,69	0,11	2,75
0,79	0,10	2,50
0,88	0,09	2,25
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,52	0,20	2,60

Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
1,72	1,72	-5,00
0,60	2,32	-4,00
0,92	3,24	-11,00
1,00	4,24	-5,00
0,40	4,64	-5,00
0,96	5,60	-4,00
0,36	5,96	-5,00
3,00	8,96	0,00



TUBO DE QUEDA OBSTRUIDO - Colocação de 2 curvas a 45º rotação 43,75º

Anexo C3
Tubo queda obstruído
2 curvas a 45º rotação 43,75º

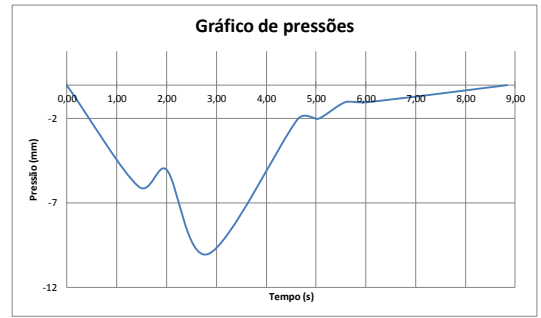
Descarga de 1 sanita a 1,79m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,38	0,10	2,50
0,48	0,10	2,50
0,58	0,10	2,50
0,68	0,08	2,00
0,76	0,07	1,75
0,83	0,07	1,75
0,90		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,52	0,24	2,17

Intervalo entre partículas 2,00 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,30	0,11	2,75
0,41	0,10	2,50
0,51	0,09	2,25
0,60	0,05	1,25
0,65	0,06	1,50
0,71	0,05	1,25
0,76	0,07	1,75
0,83	0,07	1,75
0,90	0,06	1,50
0,96		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,66	0,36	1,83

Pressões		
t (s)	t acum (s)	- (mm)
0,00	0,00	0,00
1,44	1,44	-6,00
0,56	2,00	-5,00
0,84	2,84	-10,00
1,80	4,64	-2,00
0,40	5,04	-2,00
0,56	5,60	-1,00
0,48	6,08	-1,00
2,76	8,84	0,00



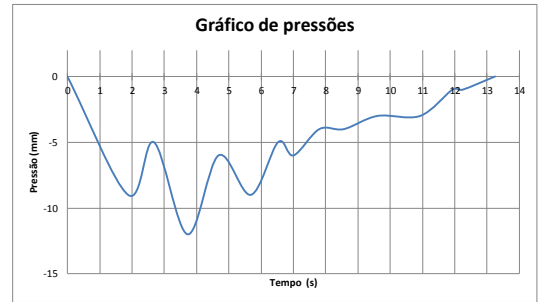
Descarga de Sanita + Lavatorio + Bidê a 1,79m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,35	0,08	2,00
0,43	0,09	2,25
0,52	0,09	2,25
0,61	0,09	2,25
0,70	0,06	1,50
0,76	0,08	2,00
0,84	0,06	1,50
0,90		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,55	0,28	1,96

Intervalo entre partículas 1,08 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,34	0,10	2,50
0,44	0,10	2,50
0,54	0,09	2,25
0,63	0,10	2,50
0,73	0,09	2,25
0,82	0,09	2,25
0,91		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,57	0,24	2,38

Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
1,88	1,88	-9,00
0,80	2,68	-5,00
1,04	3,72	-12,00
0,96	4,68	-6,00
1,00	5,68	-9,00
0,84	6,52	-5,00
0,48	7,00	-6,00
0,80	7,80	-4,00
0,76	8,56	-4,00
1,04	9,60	-3,00
1,32	10,92	-3,00
1,00	11,92	-1,00
0,32	12,24	-1,00
1,00	13,24	0,00



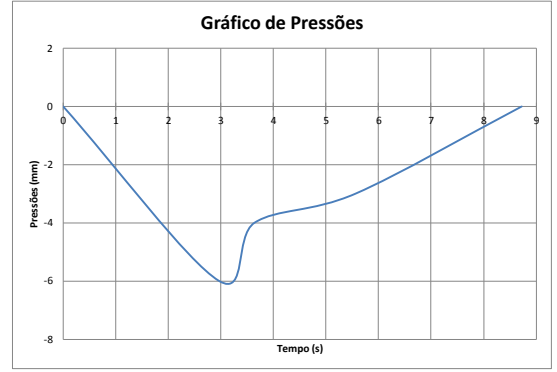
Descarga de 1 Sanita a 2,94m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,33		
0,42	0,09	2,25
0,48	0,07	1,75
0,62	0,14	3,50
0,71	0,09	2,25
0,78	0,07	1,75
0,85	0,07	1,75
0,90	0,05	1,25
0,96	0,06	1,50
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,64	0,32	2,00

Intervalo entre partículas 0,08 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,31		
0,38	0,07	1,75
0,46	0,08	2,00
0,54	0,08	2,00
0,60	0,06	1,50
0,66	0,06	1,50
0,73	0,07	1,75
0,79	0,06	1,50
0,84	0,05	1,25
0,87	0,03	0,75
0,90	0,03	0,75
0,95	0,05	1,25
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,64	0,44	1,45

Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,96	2,96	-6,00
0,68	3,64	-4,00
1,92	5,56	-3,00
3,16	8,72	0,00



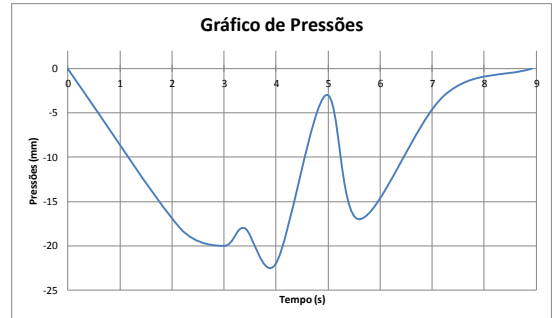
Descarga de 2 Sanita a 2,94m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,34		
0,48	0,14	3,50
0,59	0,11	2,75
0,68	0,09	2,25
0,78	0,10	2,50
0,87	0,09	2,25
0,95	0,08	2,00
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,61	0,24	2,54

Intervalo entre partículas 0,24 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,35		
0,48	0,14	3,50
0,60	0,12	3,00
0,70	0,10	2,50
0,83	0,13	3,25
0,90	0,07	1,75
0,96	0,06	1,50
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,62	0,24	2,58

Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,16	2,16	-18,00
0,84	3,00	-20,00
0,40	3,40	-18,00
0,60	4,00	-22,00
0,96	4,96	-3,00
0,64	5,60	-17,00
1,64	7,24	-3,00
1,68	8,92	0,00



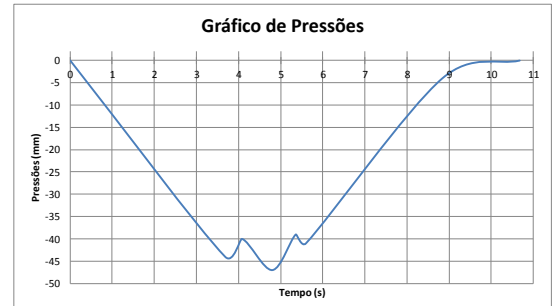
Descarga de 3 Sanita a 2,94m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,34		
0,48	0,14	3,50
0,59	0,11	2,75
0,69	0,10	2,50
0,77	0,08	2,00
0,86	0,09	2,25
0,93	0,07	1,75
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,59	0,24	2,46

Intervalo entre partículas 0,68 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,37		
0,51	0,14	3,50
0,65	0,14	3,50
0,75	0,10	2,50
0,87	0,12	3,00
0,95	0,08	2,00
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,58	0,20	2,90

Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
3,68	3,68	-44,00
0,40	4,08	-40,00
0,72	4,80	-47,00
0,56	5,36	-39,00
0,24	5,60	-41,00
3,24	8,84	-4,00
1,84	10,68	0,00



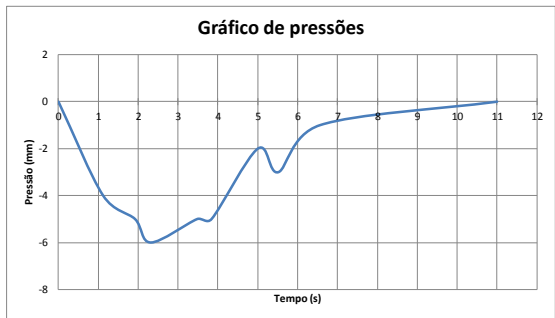
Descarga de 1 Sanita a 2,99m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,34		
0,48	0,14	3,50
0,57	0,09	2,25
0,65	0,08	2,00
0,74	0,09	2,25
0,83	0,09	2,25
0,92	0,09	2,25
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,58	0,24	2,42

Intervalo entre partículas 0,12 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,38		
0,52	0,14	3,50
0,65	0,13	3,25
0,78	0,13	3,25
0,87	0,09	2,25
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,49	0,16	3,06

Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
1,12	1,12	-4,00
0,80	1,92	-5,00
0,40	2,32	-6,00
1,16	3,48	-5,00
0,36	3,84	-5,00
1,16	5,00	-2,00
0,52	5,52	-3,00
1,04	6,56	-1,00
4,44	11,00	0,00



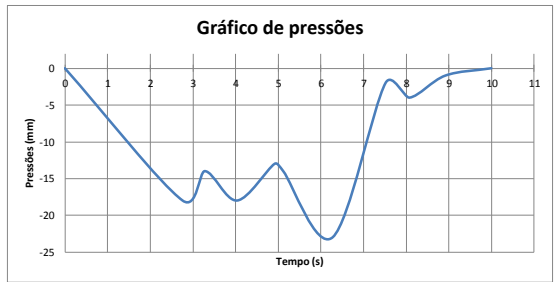
Descarga de 2 Sanita a 2,99m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,45		
0,57	0,12	3,00
0,68	0,11	2,75
0,79	0,11	2,75
0,90	0,11	2,75
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,45	0,16	2,81

Intervalo entre partículas 1,24 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,37		
0,51	0,14	3,50
0,63	0,12	3,00
0,73	0,10	2,50
0,85	0,12	3,00
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,48	0,16	3,00

Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,76	2,76	-18,00
0,52	3,28	-14,00
0,76	4,04	-18,00
0,88	4,92	-13,00
0,20	5,12	-14,00
1,16	6,28	-23,00
1,24	7,52	-2,00
0,56	8,08	-4,00
0,84	8,92	-1,00
1,08	10,00	0,00



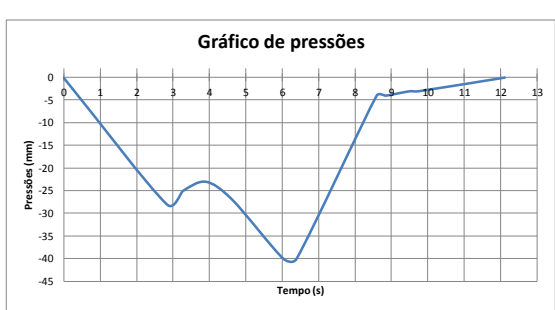
Descarga de 3 Sanita a 2,99m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,33		
0,44	0,11	2,75
0,56	0,12	3,00
0,67	0,11	2,75
0,79	0,12	3,00
0,88	0,09	2,25
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,55	0,20	2,75

Intervalo entre partículas 0,76 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,39		
0,48	0,09	2,25
0,60	0,10	2,50
0,70	0,10	2,50
0,79	0,09	2,25
0,89	0,10	2,50
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,48	0,20	2,40

Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,84	2,84	-28,00
0,44	3,28	-25,00
0,64	3,92	-23,00
0,72	4,64	-27,00
1,40	6,04	-40,00
0,36	6,40	-40,00
2,20	8,60	-4,00
0,24	8,84	-4,00
0,68	9,52	-3,00
0,24	9,76	-3,00
2,36	12,12	0,00



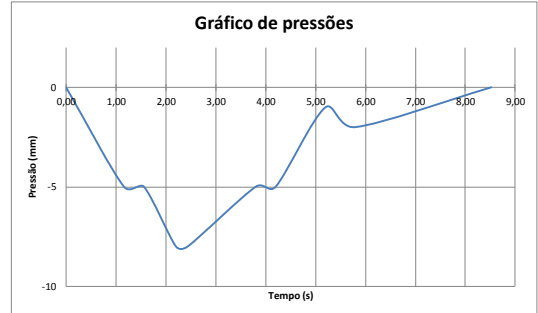
Descarga de 1 Sanita a 3,01m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,29	0,10	2,50
0,39	0,08	2,00
0,47	0,10	2,50
0,57	0,08	2,00
0,65	0,06	1,50
0,71	0,06	1,50
0,77	0,05	1,25
0,82	0,05	1,25
0,87	0,06	1,50
0,93		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,64	0,36	1,78

Intervalo entre partículas: 0,80 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,34	0,12	3,00
0,46	0,10	2,50
0,56	0,09	2,25
0,65	0,09	2,25
0,74	0,08	2,00
0,84	0,09	2,25
0,93		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,57	0,24	2,38

Pressões		
t (s)	t acum (s)	- (mm)
0,00	0,00	0,00
1,16	1,16	-5,00
0,40	1,56	-5,00
0,64	2,20	-8,00
0,24	2,44	-8,00
1,36	3,80	-5,00
0,40	4,20	-5,00
1,00	5,20	-1,00
0,60	5,80	-2,00
2,72	8,52	0,00



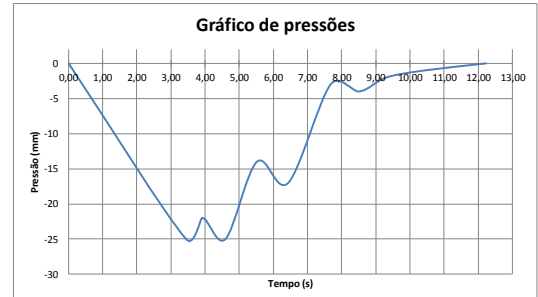
Descarga de 2 Sanita a 3,01m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,33	0,11	2,75
0,44	0,10	2,50
0,54	0,09	2,25
0,65	0,09	2,25
0,74	0,08	2,00
0,82	0,06	1,50
0,88		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,53	0,24	2,21

Intervalo entre partículas: 0,44 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,43	0,11	2,75
0,54	0,11	2,75
0,65	0,10	2,50
0,75	0,08	2,00
0,83	0,09	2,25
0,92		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,49	0,20	2,45

Pressões		
t (s)	t acum (s)	- (mm)
0,00	0,00	0,00
3,44	3,44	-25,00
0,48	3,92	-22,00
0,68	4,60	-25,00
0,92	5,52	-14,00
0,92	6,44	-17,00
1,24	7,68	-3,00
0,84	8,52	-4,00
0,80	9,32	-2,00
1,12	10,44	-1,00
1,80	12,24	0,00



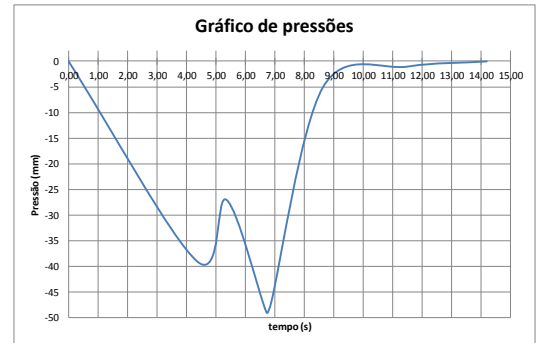
Descarga de 3 Sanita a 3,01m de altura

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,32	0,12	3,00
0,44	0,09	2,25
0,53	0,07	1,75
0,60	0,07	1,50
0,66	0,06	1,50
0,72	0,08	2,00
0,80	0,08	2,00
0,88	0,07	1,75
0,95		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,63	0,32	1,97

Intervalo entre partículas: 0,36 s

comprimento (m)	diferença (m)	velocidade (m/s)
0,35	0,10	2,50
0,45	0,10	2,50
0,55	0,09	2,25
0,64	0,08	2,00
0,72	0,07	1,75
0,85	0,07	1,75
0,92		
Total percorrido		
Comp (m)	Temp (s)	V (m/s)
0,51	0,24	2,13

Pressões		
t (s)	t acum (s)	- (mm)
0,00	0,00	0,00
4,36	4,36	-39,00
1,00	5,36	-27,00
1,36	6,72	-49,00
0,16	6,88	-47,00
1,76	8,64	-5,00
2,88	11,52	-1,00
2,68	14,20	0,00



Anexo D

Gráficos de Comparativo de pressões (tubo Aberto/obstruído)

D1 - Gráfico de pressões para 1 curva 90° e altura de 1,72m

D2 - Gráfico de pressões para 2 curvas 45° e altura de 1,77m

D3 - Gráfico de pressões para 2 curvas 45° c/ rotação 43,75° e altura de 1,79m

D4 - Gráfico de pressões para 1 curva 90° e altura de 2,94m

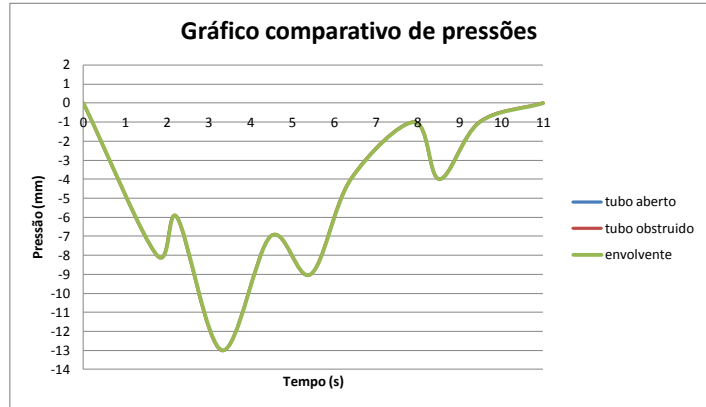
D5 - Gráfico de pressões para 2 curvas 45° e altura de 2,99m

D6 - Gráfico de pressões para 2 curvas 45° c/ rotação 43,75° e altura de 3,01m

Descarga de Sanita + Lavatorio + Bidê a 1,72m de altura

Pressões	
t (s)	(mm)
0,00	0,00
0,00	0,00

Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
1,76	1,76	-8,00
0,48	2,24	-6,00
1,08	3,32	-13,00
1,16	4,48	-7,00
0,96	5,44	-9,00
0,96	6,40	-4,00
1,52	7,92	-1,00
0,60	8,52	-4,00
0,96	9,48	-1,00
1,52	11,00	0,00



Descarga de 1 Sanita a 1,72m de altura

Pressões	
t (s)	(mm)
0,00	0,00
0,00	0,00

Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,08	2,08	-5,00
1,36	3,44	-4,00
0,40	3,84	-5,00
1,12	4,96	-3,00
4,80	9,76	0,00

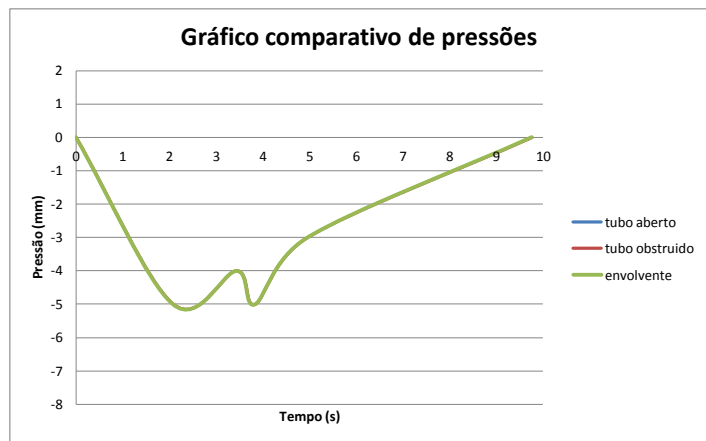


GRÁFICO COMPARATIVO DE PRESSÕES - TUBO DE QUEDA ABERTO / OBSTRUÍDO - Colocação de 2 curvas a 45º

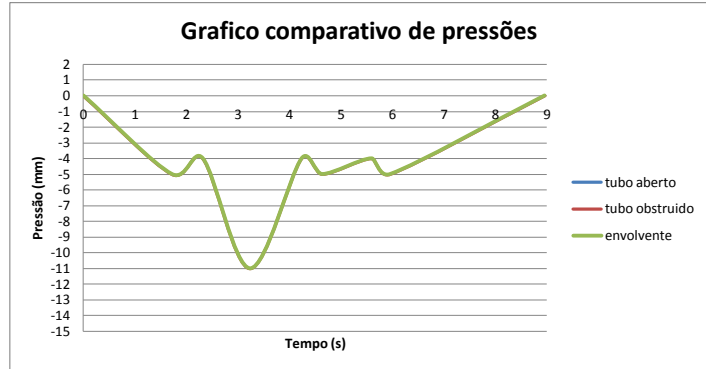
Anexo D2

Gráfico comparativo
2 curvas a 45º

Descarga de Sanita + Lavatorio + Bidé a 1,77m de altura

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00		0,00
0,00		0,00

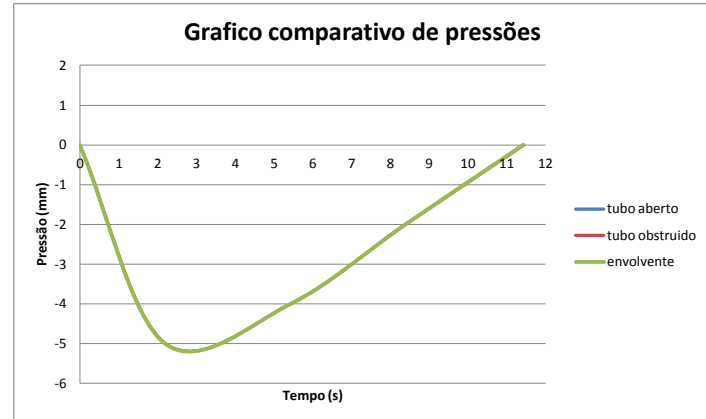
Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
1,72	1,72	-5,00
0,60	2,32	-4,00
0,92	3,24	-11,00
1,00	4,24	-4,00
0,40	4,64	-5,00
0,96	5,60	-4,00
0,36	5,96	-5,00
3,00	8,96	0,00



Descarga de 1 Sanita a 1,77m de altura

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00		0,00
0,00		0,00

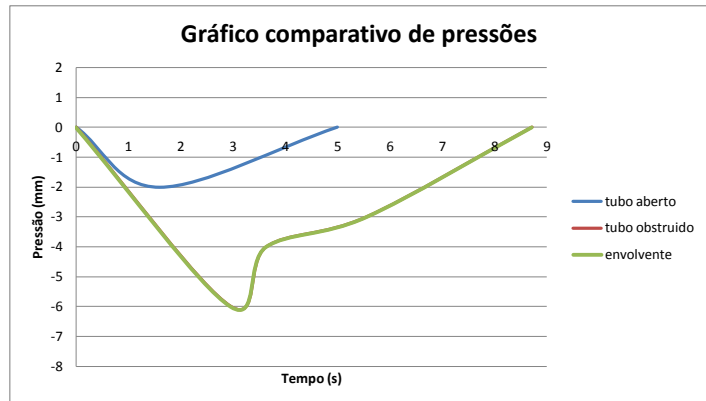
Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,20	2,20	-5,00
3,24	5,44	-4,00
2,96	8,40	-2,00
3,04	11,44	0,00



Descarga de 1 Sanita a 2,94m de altura

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
1,60	1,60	-2,00
3,40	5,00	0,00

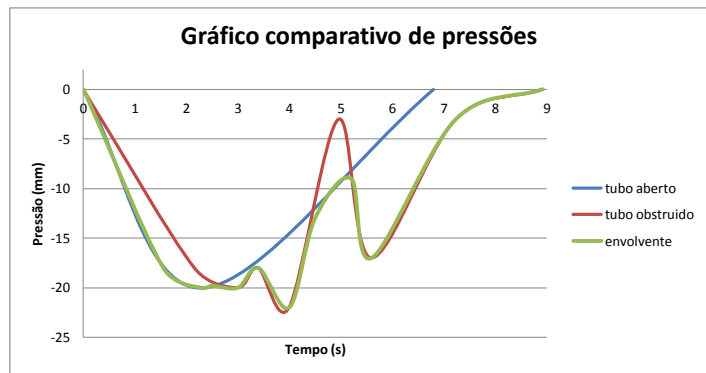
Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,96	2,96	-6,00
0,68	3,64	-4,00
1,92	5,56	-3,00
3,16	8,72	0,00



Descarga de 2 Sanita a 2,94m de altura

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,28	2,28	-20,00
4,52	6,80	0,00

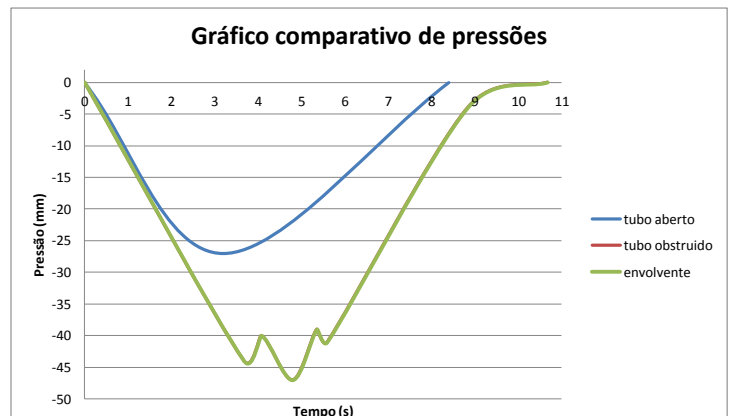
Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,16	2,16	-18,00
0,84	3,00	-20,00
0,40	3,40	-18,00
0,60	4,00	-22,00
0,96	4,96	-3,00
0,64	5,60	-17,00
1,64	7,24	-3,00
1,68	8,92	0,00



Descarga de 3 Sanita a 2,94m de altura

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
3,20	3,20	-27,00
5,20	8,40	0,00

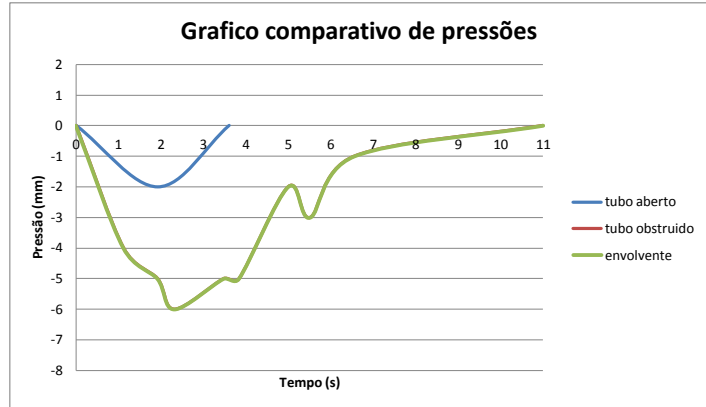
Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
3,68	3,68	-44,00
0,40	4,08	-40,00
0,72	4,80	-47,00
0,56	5,36	-39,00
0,24	5,60	-41,00
3,24	8,84	-4,00
1,84	10,68	0,00



Descarga de 1 Sanita a 2,99m de altura

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
1,92	1,92	-2,00
1,68	3,60	0,00

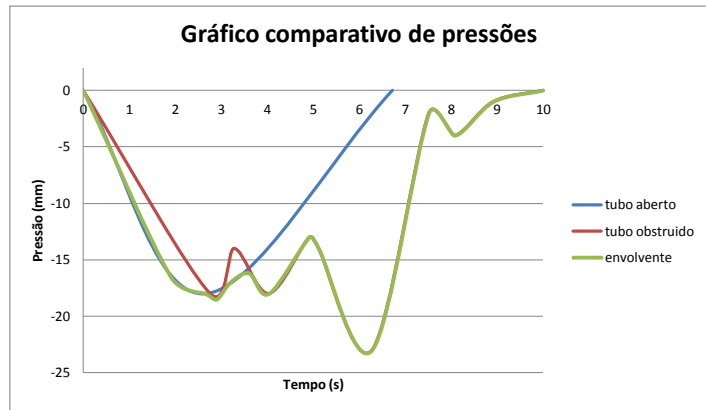
Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
1,12	1,12	-4,00
0,80	1,92	-5,00
0,40	2,32	-6,00
1,16	3,48	-5,00
0,36	3,84	-5,00
1,16	5,00	-2,00
0,52	5,52	-3,00
1,04	6,56	-1,00
4,44	11,00	0,00



Descarga de 2 Sanita a 2,99m de altura

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,60	2,60	-18,00
4,12	6,72	0,00

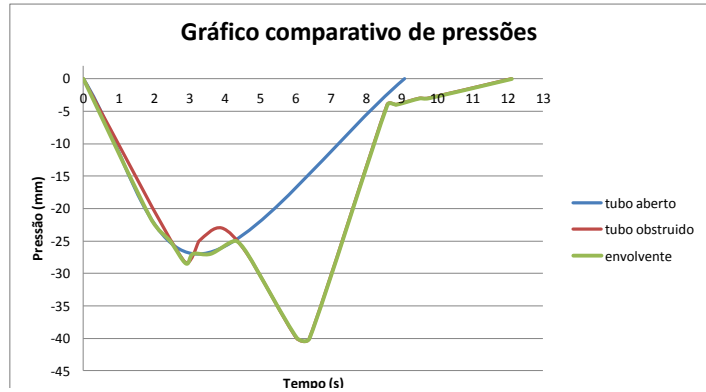
Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,76	2,76	-18,00
0,52	3,28	-14,00
0,76	4,04	-18,00
0,88	4,92	-13,00
0,20	5,12	-14,00
1,16	6,28	-23,00
1,24	7,52	-2,00
0,56	8,08	-4,00
0,84	8,92	-1,00
1,08	10,00	0,00



Descarga de 3 Sanita a 2,99m de altura

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
3,24	3,24	-27,00
5,84	9,08	0,00

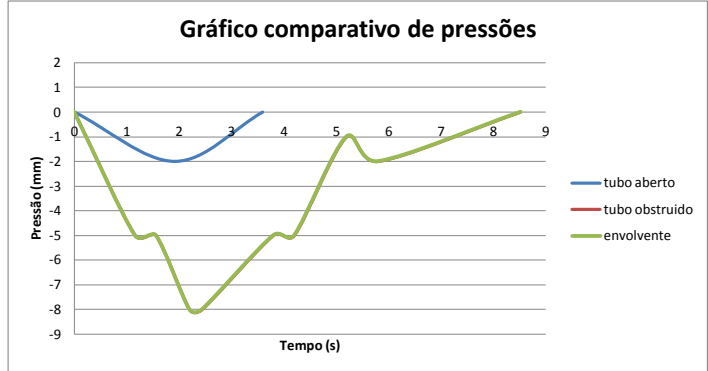
Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,84	2,84	-28,00
0,44	3,28	-25,00
0,64	3,92	-23,00
0,72	4,64	-27,00
1,40	6,04	-40,00
0,36	6,40	-40,00
2,20	8,60	-4,00
0,24	8,84	-4,00
0,68	9,52	-3,00
0,24	9,76	-3,00
2,36	12,12	0,00



Descarga de 1 Sanita a 3,01m de altura

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
1,92	1,92	-2,00
1,68	3,60	0,00

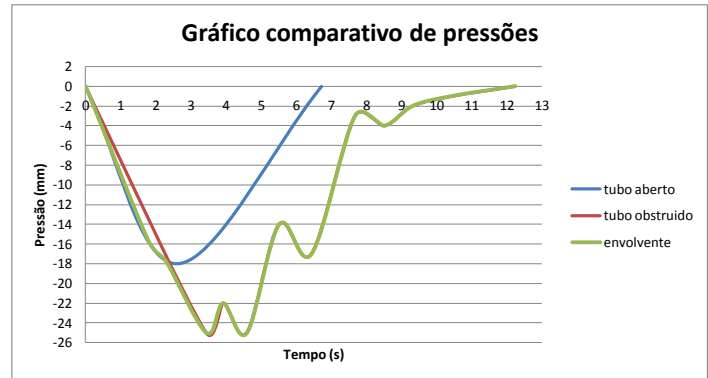
Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
1,16	1,16	-5,00
0,40	1,56	-5,00
0,64	2,20	-8,00
0,24	2,44	-8,00
1,36	3,80	-5,00
0,40	4,20	-5,00
1,00	5,20	-1,00
0,60	5,80	-2,00
2,72	8,52	0,00



Descarga de 2 Sanita a 3,01m de altura

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
2,60	2,60	-18,00
4,12	6,72	0,00

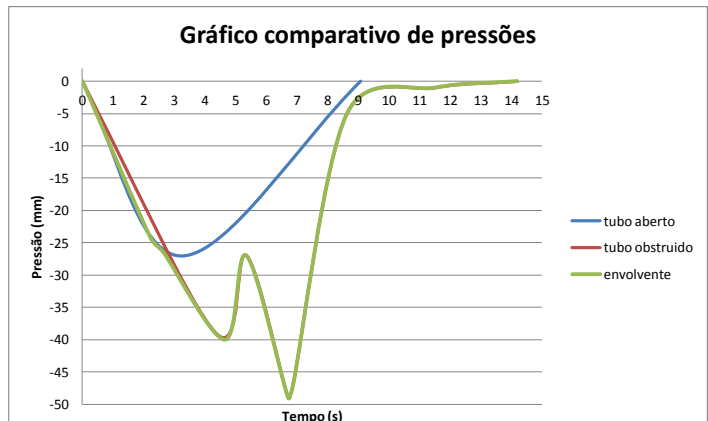
Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
3,44	3,44	-25,00
0,48	3,92	-22,00
0,68	4,60	-25,00
0,92	5,52	-14,00
0,92	6,44	-17,00
1,24	7,68	-3,00
0,84	8,52	-4,00
0,80	9,32	-2,00
1,12	10,44	-1,00
1,80	12,24	0,00



Descarga de 3 Sanita a 3,01m de altura

Pressões		
t (s)	t (s) acum	(mm)
0,00	0,00	0,00
3,24	3,24	-27,00
5,84	9,08	0,00

Pressões		
t (s)	t acum (s)	(mm)
0,00	0,00	0,00
4,36	4,36	-39,00
1,00	5,36	-27,00
1,36	6,72	-49,00
0,16	6,88	-47,00
1,76	8,64	-5,00
2,88	11,52	-1,00
2,68	14,20	0,00



Anexo E

Gráficos de Velocidades (tubo aberto para a atmosfera)

E1 - Gráfico de velocidades para 1 curva 90° e altura de 1,72m

E2 - Gráfico de velocidades para 2 curvas 45° e altura de 1,77m

E3 - Gráfico de velocidades para 2 curvas 45° c/ rotação 43,75° e altura de 1,79m

E4 - Gráfico de velocidades para 1 curva 90° e altura de 2,94m

E5 - Gráfico de velocidades para 2 curvas 45° e altura de 2,99m

E6 - Gráfico de velocidades para 2 curvas 45° c/ rotação 43,75° e altura de 3,01m

Gráfico de velocidades de duas "partículas"
 Tubo de queda aberto para a atmosfera - 1 curva a 90°
 descarga de altura de 1,72m

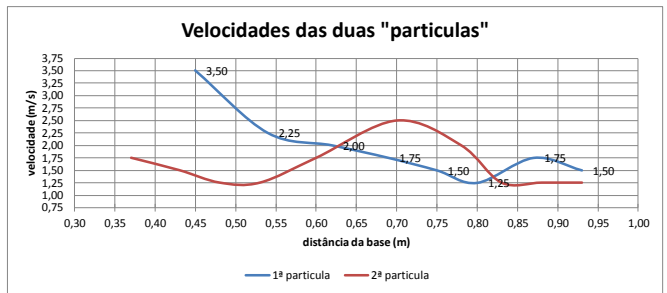
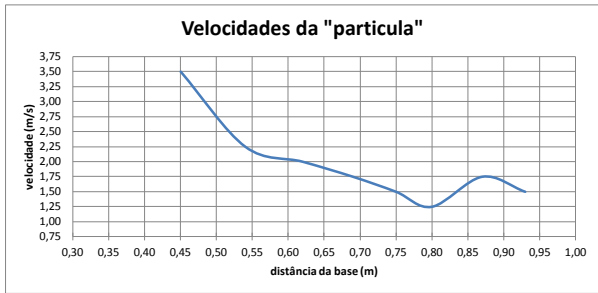
Anexo E1

Descarga 1 sanitas

1ª "partícula"											Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,31	0,45	0,54	0,62	0,69	0,75	0,80	0,87	0,93			0,62	
diferença (m)	0,14	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,07	0,06		0,40			
velocidade (m/s)	3,50	2,25	2,00	1,75	1,50	1,25	1,75	1,50		1,94			

Intervalo entre partículas 0,20 s

2ª "partícula"											Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,30	0,37	0,43	0,48	0,53	0,60	0,70	0,78	0,83	0,88		0,93	0,63
diferença (m)	0,07	0,06	0,05	0,05	0,07	0,10	0,08	0,05	0,05	0,05			0,40
velocidade (m/s)	1,75	1,50	1,25	1,25	1,75	2,50	2,00	1,25	1,25	1,25			1,58



Descarga sanitas+Lavatório+bidé

1ª "partícula"											Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,22	0,31	0,39	0,46	0,54	0,60	0,67	0,73	0,78			0,56	
diferença (m)	0,09	0,08	0,07	0,08	0,06	0,07	0,06	0,05		0,28			
velocidade (m/s)	2,25	2,00	1,75	2,00	1,50	1,75	1,50	1,25		1,75			

Intervalo entre partículas 4,08 s

2ª "partícula"											Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,22	0,31	0,41	0,50	0,59	0,67	0,75	0,83				0,61	
diferença (m)	0,09	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08					0,28	
velocidade (m/s)	2,25	2,50	2,25	2,25	2,00	2,00	2,00					2,18	

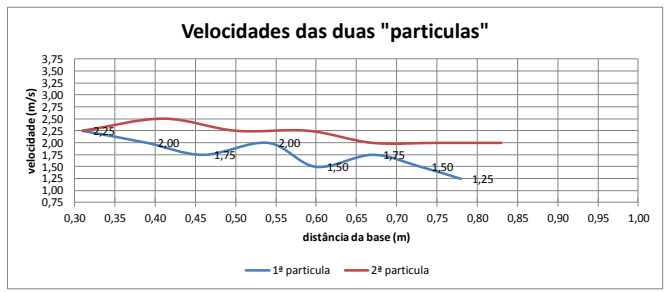
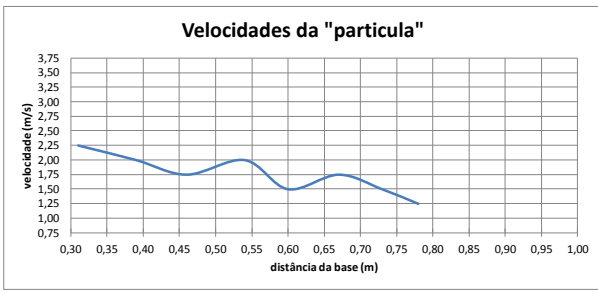


Gráfico de velocidades de duas "partículas"														
Tubo de queda aberto para a atmosfera - 2 curvas a 45°														
descarga de altura de 1,77m														

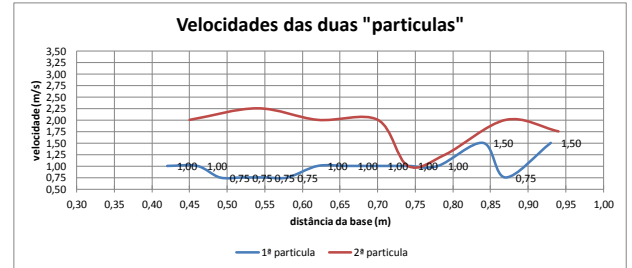
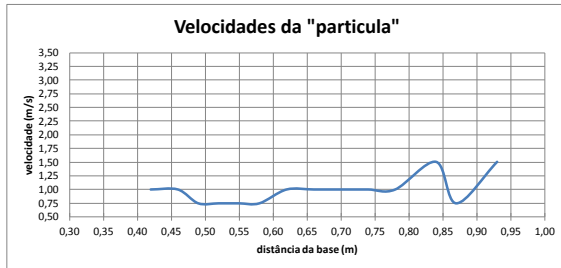
Anexo E2

Descarga 1 sanita

1ª "partícula"																		
comprimento (m)	0,38	0,42	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78	0,84	0,87	0,93	Total percorrido	Comp (m)	0,55
diferença (m)	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,03	0,06	Temp (s)		0,56	
velocidade (m/s)	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	0,75	1,50	V (m/s)		0,98	

Intervalo entre partículas 0,84 s

2ª "partícula"																		
comprimento (m)	0,37	0,45	0,54	0,62	0,70	0,74	0,79	0,87	0,94							Total percorrido	Comp (m)	0,57
diferença (m)	0,08	0,09	0,08	0,08	0,04	0,05	0,08	0,07							Temp (s)		0,32	
velocidade (m/s)	2,00	2,25	2,00	2,00	1,00	1,25	2,00	1,75							V (m/s)		1,78	

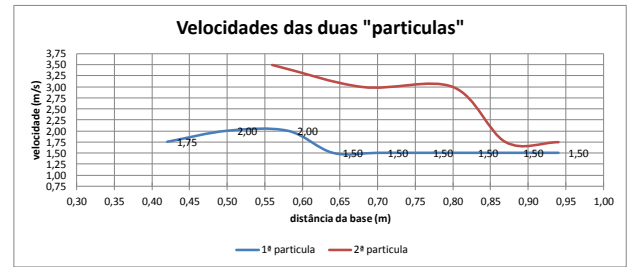
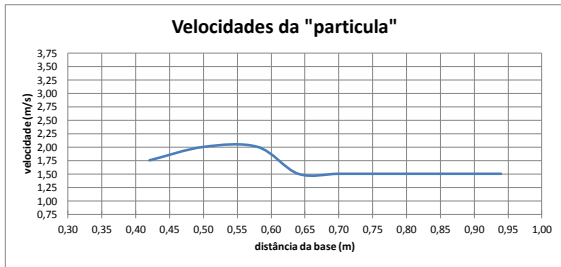


Descarga sanitas+Lavatório+bidê

1ª "partícula"																	
comprimento (m)	0,35	0,42	0,50	0,58	0,64	0,70	0,76	0,82	0,88	0,94					Total percorrido	Comp (m)	0,59
diferença (m)	0,07	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06				Temp (s)		0,36	
velocidade (m/s)	1,75	2,00	2,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50				V (m/s)		1,64	

Intervalo entre partículas 1,36 s

2ª "partícula"																	
comprimento (m)	0,42	0,56	0,68	0,80	0,87	0,94									Total percorrido	Comp (m)	0,52
diferença (m)	0,14	0,12	0,12	0,07	0,07									Temp (s)		0,20	
velocidade (m/s)	3,50	3,00	3,00	1,75	1,75									V (m/s)		2,60	



Descarga 1 sanitária

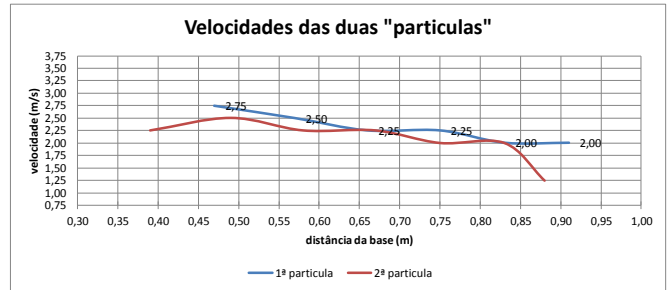
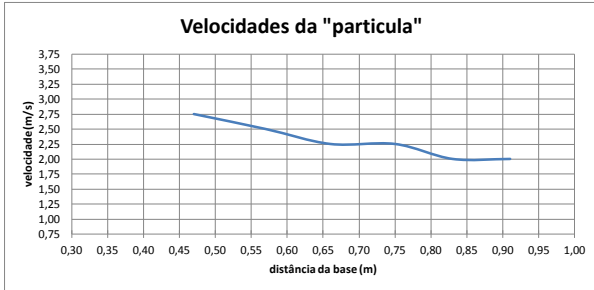
1ª "partícula"

comprimento (m)	0,36	0,47	0,57	0,66	0,75	0,83	0,91	Total percorrido:	Comp (m)	0,55
diferença (m)	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08		Temp (s)	0,24
velocidade (m/s)	2,75	2,50	2,25	2,25	2,00	2,00	2,00		V (m/s)	2,29

Intervalo entre partículas 0,24 s

2ª "partícula"

comprimento (m)	0,30	0,39	0,49	0,58	0,67	0,75	0,83	0,88	Total percorrido:	Comp (m)	0,58
diferença (m)	0,09	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,05			Temp (s)	0,28
velocidade (m/s)	2,25	2,50	2,25	2,25	2,00	2,00	1,25			V (m/s)	2,07



Descarga sanitária+Lavatório+bidê

1ª "partícula"

comprimento (m)	0,36	0,46	0,57	0,66	0,75	0,84	0,90	0,95	Total percorrido:	Comp (m)	0,59
diferença (m)	0,10	0,11	0,09	0,09	0,09	0,06	0,05			Temp (s)	0,28
velocidade (m/s)	2,50	2,75	2,25	2,25	2,25	1,50	1,25			V (m/s)	2,11

Intervalo entre partículas 0,56 s

2ª "partícula"

comprimento (m)	0,30	0,43	0,53	0,64	0,73	0,84	0,88	Total percorrido:	Comp (m)	0,58
diferença (m)	0,13	0,10	0,11	0,09	0,11	0,04			Temp (s)	0,24
velocidade (m/s)	3,25	2,50	2,75	2,25	2,75	1,00			V (m/s)	2,42

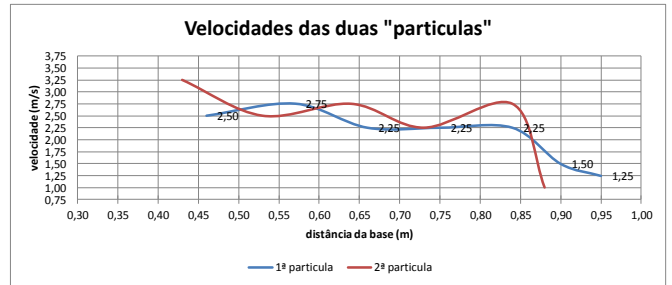
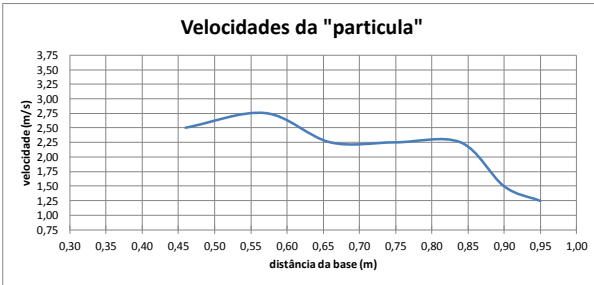


Gráfico de velocidades de duas "partículas"
 Tubo de queda Aberto para atmosfera - 1 curva a 90°
 descarga de altura de 2,94m

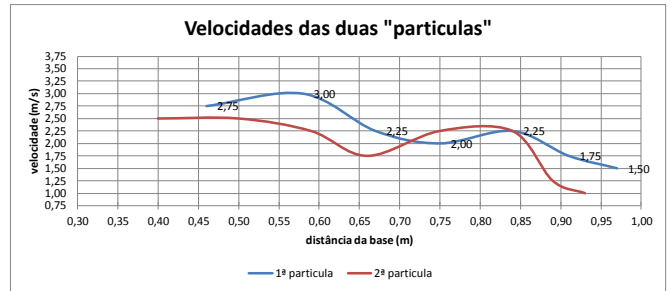
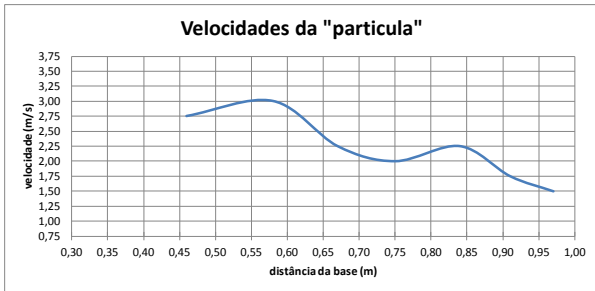
Anexo E4

Descarga 1 sanita

1ª "partícula"											Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,35	0,46	0,58	0,67	0,75	0,84	0,91	0,97				0,62	
diferença (m)	0,11	0,12	0,09	0,08	0,09	0,07	0,06					0,28	
velocidade (m/s)	2,75	3,00	2,25	2,00	2,25	1,75	1,50					2,21	

Intervalo entre partículas 0,04 s

2ª "partícula"											Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,30	0,40	0,50	0,59	0,66	0,75	0,84	0,89	0,93			0,63	
diferença (m)	0,10	0,10	0,09	0,07	0,09	0,09	0,05	0,04				0,32	
velocidade (m/s)	2,50	2,50	2,25	1,75	2,25	2,25	1,25	1,00				1,97	

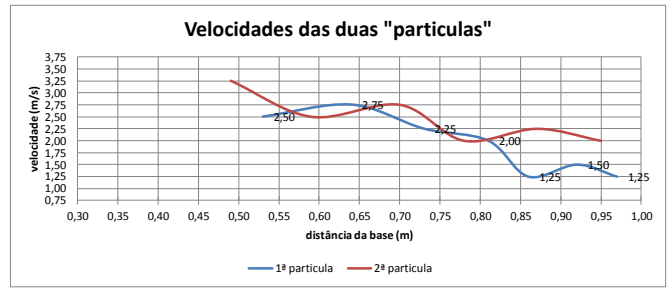
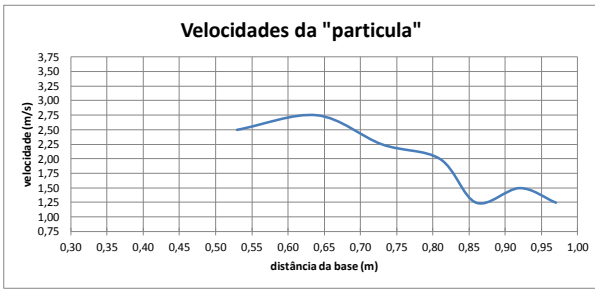


Descarga 2 sanitas

1ª "partícula"											Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,43	0,53	0,64	0,73	0,81	0,86	0,92	0,97				0,54	
diferença (m)	0,10	0,11	0,09	0,08	0,05	0,06	0,05					0,28	
velocidade (m/s)	2,50	2,75	2,25	2,00	1,25	1,50	1,25					1,93	

Intervalo entre partículas 0,16 s

2ª "partícula"											Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,36	0,49	0,59	0,70	0,78	0,87	0,95					0,59	
diferença (m)	0,13	0,10	0,11	0,08	0,09	0,08						0,24	
velocidade (m/s)	3,25	2,50	2,75	2,00	2,25	2,00						2,46	



Descarga 3 sanitas

1ª "partícula"											Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,40	0,52	0,67	0,78	0,89							0,49	
diferença (m)	0,12	0,15	0,11	0,11								0,16	
velocidade (m/s)	3,00	3,75	2,75	2,75								3,06	

Intervalo entre partículas 0,40 s

2ª "partícula"											Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,32	0,46	0,55	0,68	0,82	0,90						0,58	
diferença (m)	0,14	0,09	0,13	0,14	0,08							0,20	
velocidade (m/s)	3,50	2,25	3,25	3,50	2,00							2,90	

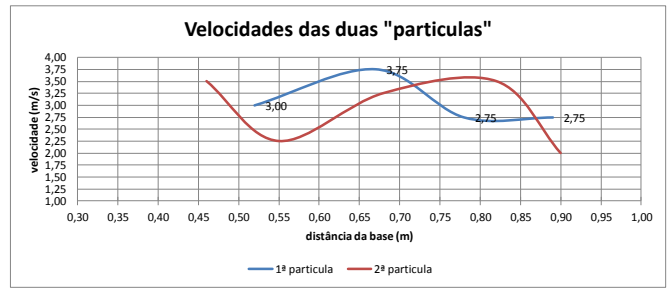
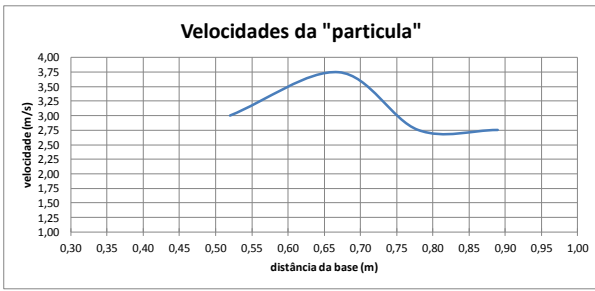


Gráfico de velocidades de duas "partículas"
 Tubo de queda Aberto para atmosfera - 2 curvas a 45º
 descarga de altura de 2,99m

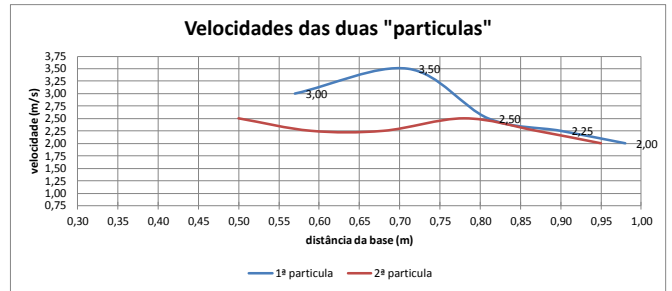
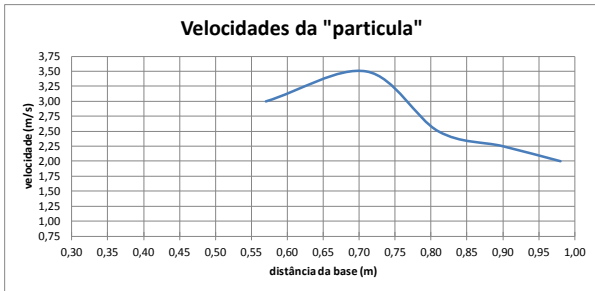
Anexo E5

Descarga 1 sanita

1ª "partícula"										Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,45	0,57	0,71	0,81	0,90	0,98						0,53
diferença (m)	0,12	0,14	0,10	0,09	0,08							0,24
velocidade (m/s)	3,00	3,50	2,50	2,25	2,00						2,65	

Intervalo entre partículas 0,20 s

2ª "partícula"										Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,40	0,50	0,59	0,68	0,78	0,87	0,95					0,55
diferença (m)	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09	0,08						0,24
velocidade (m/s)	2,50	2,25	2,25	2,50	2,25	2,00					2,29	

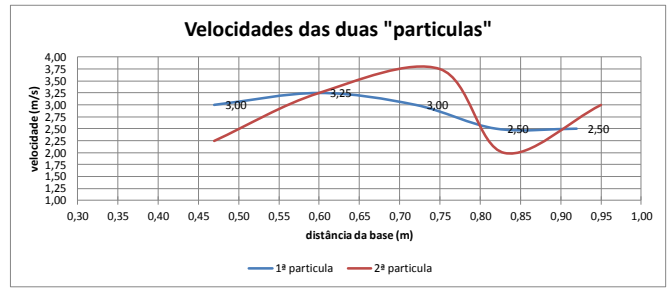
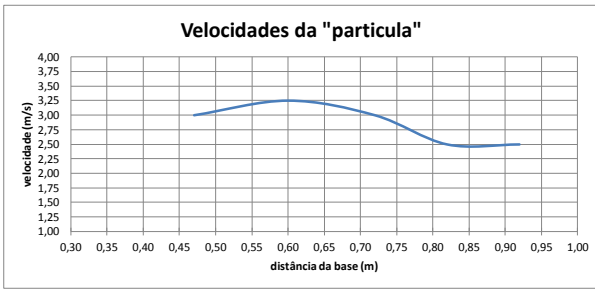


Descarga 2 sanitas

1ª "partícula"										Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,35	0,47	0,60	0,72	0,82	0,92						0,57
diferença (m)	0,12	0,13	0,12	0,10	0,10							0,20
velocidade (m/s)	3,00	3,25	3,00	2,50	2,50						2,85	

Intervalo entre partículas 0,68 s

2ª "partícula"										Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,38	0,47	0,60	0,75	0,83	0,95						0,57
diferença (m)	0,09	0,13	0,15	0,08	0,12							0,20
velocidade (m/s)	2,25	3,25	3,75	2,00	3,00						2,85	



Descarga 3 sanitas

1ª "partícula"										Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,35	0,47	0,60	0,72	0,83	0,93						0,58
diferença (m)	0,12	0,13	0,12	0,11	0,10							0,20
velocidade (m/s)	3,00	3,25	3,00	2,75	2,50						2,90	

Intervalo entre partículas 0,56 s

2ª "partícula"										Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,32	0,47	0,60	0,71	0,80	0,90						0,58
diferença (m)	0,15	0,13	0,11	0,09	0,10							0,20
velocidade (m/s)	3,75	3,25	2,75	2,25	2,50						2,90	

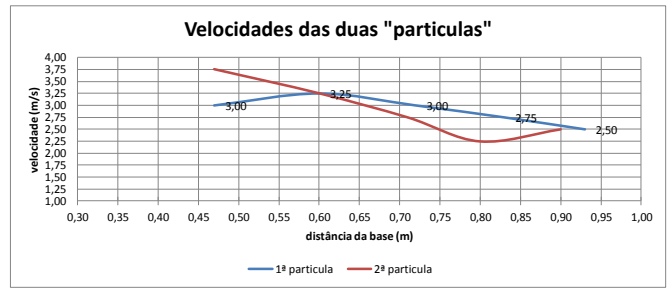
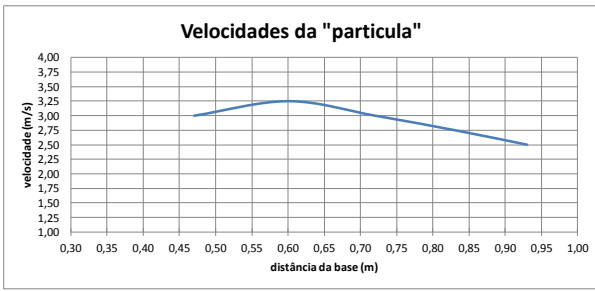


Gráfico de velocidades de duas "partículas"										
Tubo de queda Aberto para atmosfera - 2 curvas a 45° rotação a 43,75°										
descarga de altura de 3,01m										

Anexo E6

Descarga 1 sanita

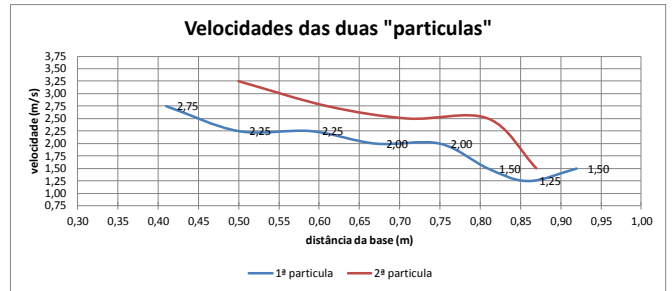
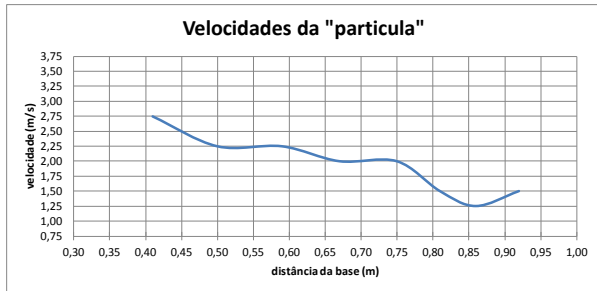
1ª "partícula"										
comprimento (m)	0,30	0,41	0,50	0,59	0,67	0,75	0,81	0,86	0,92	
diferença (m)	0,11	0,09	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	0,06		
velocidade (m/s)	2,75	2,25	2,25	2,00	2,00	1,50	1,25	1,50		

Total percorrido	Comp (m)	0,62
	Temp (s)	0,32
	V (m/s)	1,94

Intervalo entre partículas 0,52 s

2ª "partícula"										
comprimento (m)	0,37	0,50	0,61	0,71	0,81	0,87				
diferença (m)	0,13	0,11	0,10	0,10	0,06					
velocidade (m/s)	3,25	2,75	2,50	2,50	1,50					

Total percorrido	Comp (m)	0,50
	Temp (s)	0,20
	V (m/s)	2,50



Descarga 2 sanitas

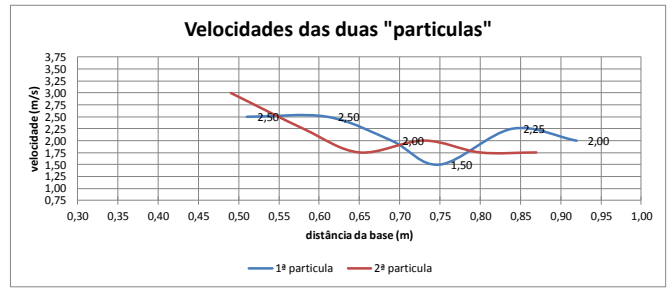
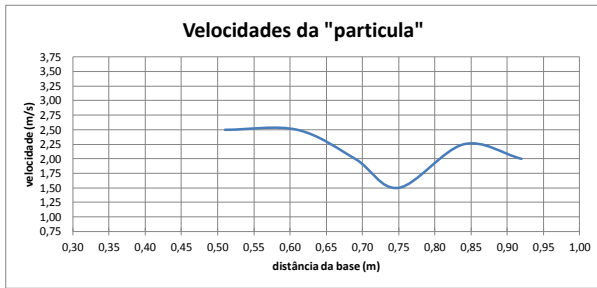
1ª "partícula"										
comprimento (m)	0,41	0,51	0,61	0,69	0,75	0,84	0,92			
diferença (m)	0,10	0,10	0,08	0,06	0,09	0,08				
velocidade (m/s)	2,50	2,50	2,00	1,50	2,25	2,00				

Total percorrido	Comp (m)	0,51
	Temp (s)	0,24
	V (m/s)	2,13

Intervalo entre partículas 1,32 s

2ª "partícula"										
comprimento (m)	0,37	0,49	0,58	0,65	0,73	0,80	0,87			
diferença (m)	0,12	0,09	0,07	0,08	0,07	0,07				
velocidade (m/s)	3,00	2,25	1,75	2,00	1,75	1,75				

Total percorrido	Comp (m)	0,50
	Temp (s)	0,24
	V (m/s)	2,08



Descarga 3 sanitas

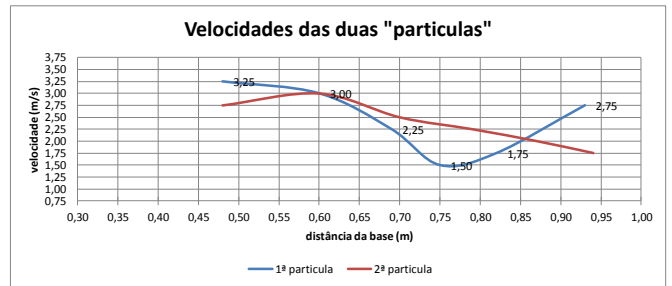
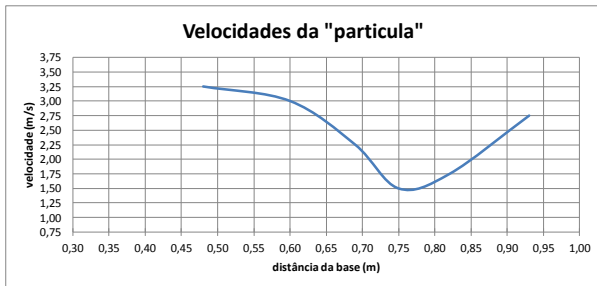
1ª "partícula"										
comprimento (m)	0,35	0,48	0,60	0,69	0,75	0,82	0,93			
diferença (m)	0,13	0,12	0,09	0,06	0,07	0,11				
velocidade (m/s)	3,25	3,00	2,25	1,50	1,75	2,75				

Total percorrido	Comp (m)	0,58
	Temp (s)	0,24
	V (m/s)	2,42

Intervalo entre partículas 0,56 s

2ª "partícula"										
comprimento (m)	0,37	0,48	0,60	0,70	0,79	0,87	0,94			
diferença (m)	0,11	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07				
velocidade (m/s)	2,75	3,00	2,50	2,25	2,00	1,75				

Total percorrido	Comp (m)	0,57
	Temp (s)	0,24
	V (m/s)	2,38



Anexo F

Gráficos de Velocidades (tubo obstruído)

F1 - Gráfico de velocidades para 1 curva 90° e altura de 1,72m

F2 - Gráfico de velocidades para 2 curvas 45° e altura de 1,77m

F3 - Gráfico de velocidades para 2 curvas 45° c/ rotação 43,75° e altura de 1,79m

F4 - Gráfico de velocidades para 1 curva 90° e altura de 2,94m

F5 - Gráfico de velocidades para 2 curvas 45° e altura de 2,99m

F6 - Gráfico de velocidades para 2 curvas 45° c/ rotação 43,75° e altura de 3,01m

Gráfico de velocidades de duas "partículas"
 Tubo de queda obstruído - 1 curva a 90°
 descarga de altura de 1,72m

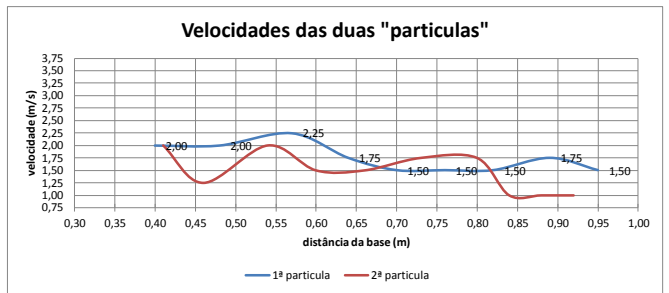
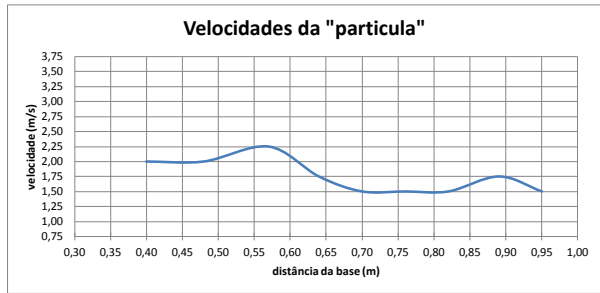
Anexo F1

Descarga 1 sanita

1ª "partícula"													Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,32	0,40	0,48	0,57	0,64	0,70	0,76	0,82	0,89	0,95				0,63	
diferença (m)	0,08	0,08	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06	0,06				0,40	
velocidade (m/s)	2,00	2,00	2,25	1,75	1,50	1,50	1,50	1,75	1,50					1,75	

Intervalo entre partículas 1,68 s

2ª "partícula"													Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,33	0,41	0,46	0,54	0,60	0,66	0,73	0,80	0,84	0,88	0,92			0,59	
diferença (m)	0,08	0,05	0,08	0,06	0,06	0,07	0,07	0,04	0,04	0,04				0,40	
velocidade (m/s)	2,00	1,25	2,00	1,50	1,50	1,75	1,75	1,00	1,00	1,00				1,48	



Descarga sanitas+Lavatório+bidé

1ª "partícula"													Total percorrido	Comp (m)		
comprimento (m)	0,29	0,36	0,42	0,49	0,54	0,60	0,63	0,67	0,72	0,75	0,80	0,85		0,89	0,93	0,64
diferença (m)	0,07	0,06	0,07	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,05	0,05	0,04		0,04	0,04	0,52
velocidade (m/s)	1,75	1,50	1,75	1,25	1,50	0,75	1,00	1,25	0,75	1,25	1,25	1,00		1,00		1,23

Intervalo entre partículas 0,88 s

2ª "partícula"													Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,26	0,34	0,43	0,50	0,57	0,64	0,71	0,76	0,81	0,88	0,93	0,96			0,70
diferença (m)	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05	0,07	0,05	0,03				0,44
velocidade (m/s)	2,00	2,25	1,75	1,75	1,75	1,75	1,25	1,25	1,75	1,25	0,75				1,59

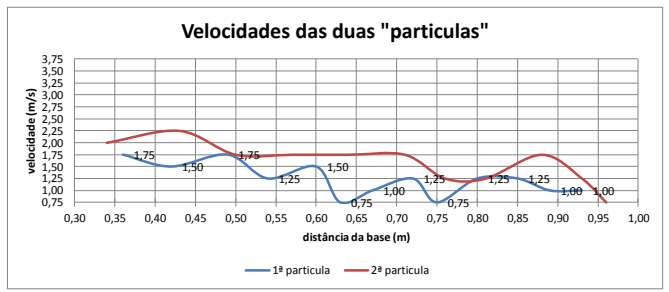
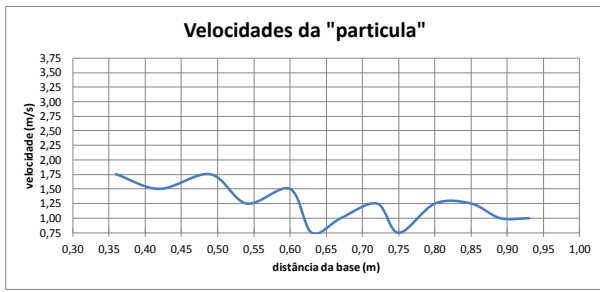


Gráfico de velocidades de duas "partículas"
 Tubo de queda obstruído - 2 curvas a 45° rotação 43,75°
 descarga de altura de 1,79m

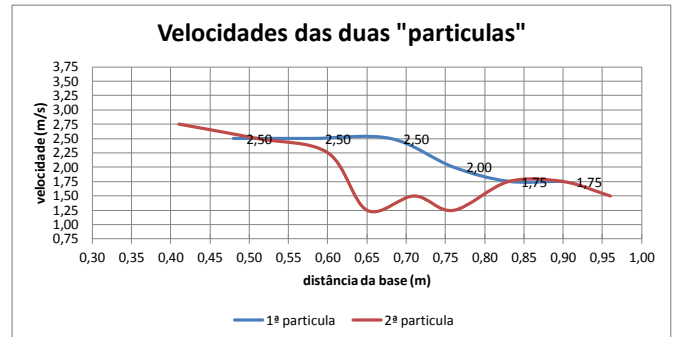
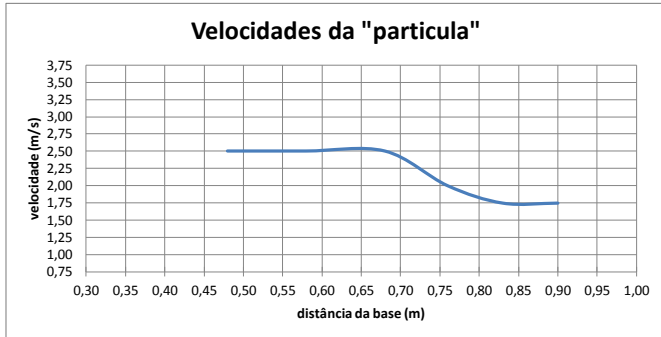
Anexo F3

Descarga 1 sanita

1ª "partícula"								Total percorrido	Total		
comprimento	(m)	0,38	0,48	0,58	0,68	0,76	0,83		0,90	Comp (m)	0,52
diferença	(m)	0,10	0,10	0,10	0,08	0,07	0,07			Temp (s)	0,24
velocidade	(m/s)	2,50	2,50	2,50	2,00	1,75	1,75		V (m/s)	2,17	

Intervalo entre partículas 2,00 s

2ª "partícula"													Total percorrido	Total	
comprimento	(m)	0,30	0,41	0,51	0,60	0,65	0,71	0,76	0,83	0,90	0,96			Comp (m)	0,66
diferença	(m)	0,11	0,10	0,09	0,05	0,06	0,05	0,07	0,07	0,06				Temp (s)	0,36
velocidade	(m/s)	2,75	2,50	2,25	1,25	1,50	1,25	1,75	1,75	1,50			V (m/s)	1,83	



Descarga sanitas+Lavatório+bidê

1ª "partícula"								Total percorrido	Total			
comprimento	(m)	0,35	0,43	0,52	0,61	0,70	0,76		0,84	0,90	Comp (m)	0,55
diferença	(m)	0,08	0,09	0,09	0,09	0,06	0,08		0,06		Temp (s)	0,28
velocidade	(m/s)	2,00	2,25	2,25	2,25	1,50	2,00	1,50		V (m/s)	1,96	

Intervalo entre partículas 1,08 s

2ª "partícula"										Total percorrido	Total	
comprimento	(m)	0,34	0,44	0,54	0,63	0,73	0,82	0,91			Comp (m)	0,57
diferença	(m)	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09	0,09				Temp (s)	0,24
velocidade	(m/s)	2,50	2,50	2,25	2,50	2,25	2,25			V (m/s)	2,38	

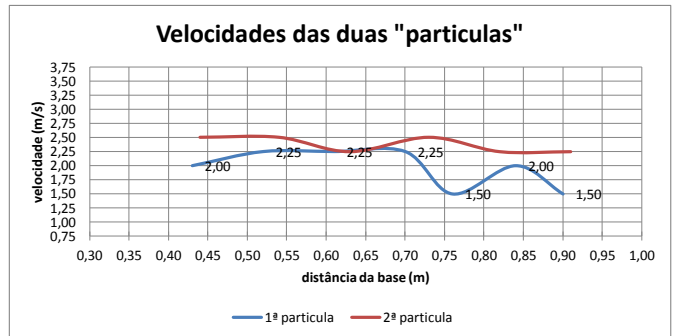
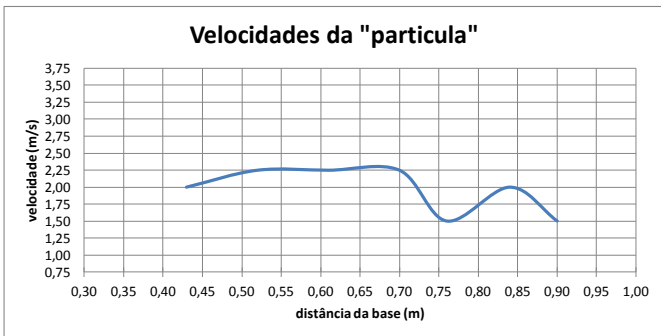


Gráfico de velocidades de duas "partículas"
 Tubo de queda obstruído - 1 curva a 90°
 descarga de altura de 2,94m

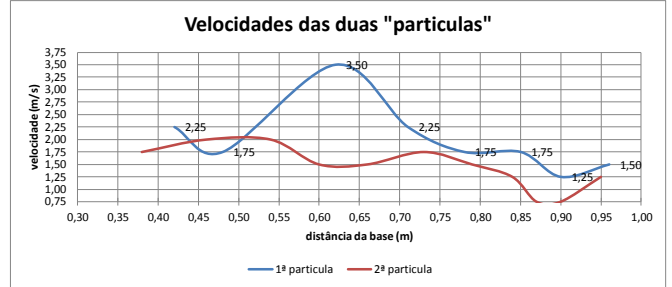
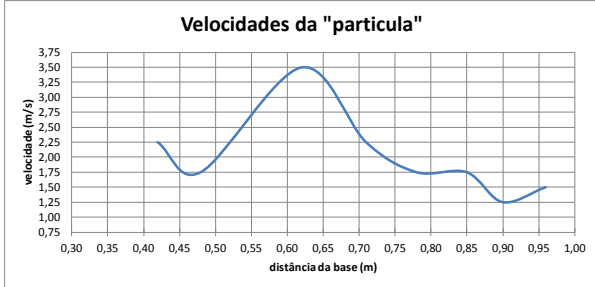
Anexo F4

Descarga 1 sanita

1ª "partícula"											Total percorrido		
comprimento (m)	0,33	0,42	0,48	0,62	0,71	0,78	0,85	0,90	0,96			Comp (m)	0,63
diferença (m)	0,09	0,06	0,14	0,09	0,07	0,07	0,05	0,06		Temp (s)		0,44	
velocidade (m/s)	2,25	1,50	3,50	2,25	1,75	1,75	1,25	1,50		V (m/s)	1,97		

Intervalo entre partículas 2,88 s

2ª "partícula"														Total percorrido		
comprimento (m)	0,31	0,38	0,46	0,54	0,60	0,66	0,73	0,79	0,84	0,87	0,90	0,95			Comp (m)	0,64
diferença (m)	0,07	0,08	0,08	0,06	0,06	0,07	0,06	0,05	0,03	0,03	0,05		Temp (s)		0,44	
velocidade (m/s)	1,75	2,00	2,00	1,50	1,50	1,75	1,50	1,25	0,75	0,75	1,25		V (m/s)	1,45		

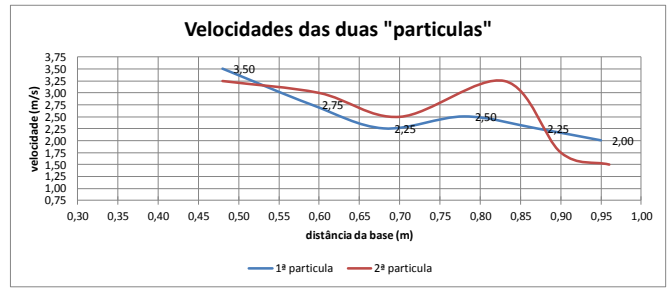
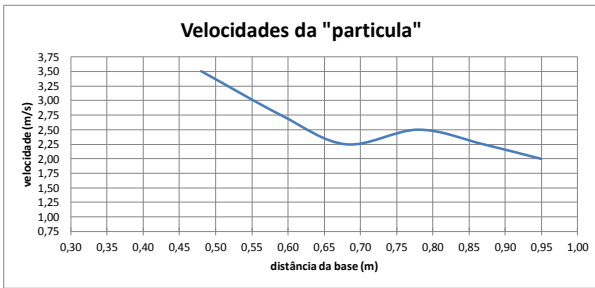


Descarga 2 sanitas

1ª "partícula"											Total percorrido		
comprimento (m)	0,37	0,47	0,55	0,64	0,72	0,79	0,85	0,92		Comp (m)		0,55	
diferença (m)	0,10	0,08	0,09	0,08	0,07	0,06	0,07		Temp (s)	0,28			
velocidade (m/s)	2,50	2,00	2,25	2,00	1,75	1,50	1,75		V (m/s)	1,96			

Intervalo entre partículas 0,68 s

2ª "partícula"														Total percorrido		
comprimento (m)	0,36	0,47	0,58	0,69	0,79	0,88									Comp (m)	0,52
diferença (m)	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09										Temp (s)	0,20
velocidade (m/s)	2,75	2,75	2,75	2,50	2,25									V (m/s)	2,60	



Descarga 3 sanitas

1ª "partícula"											Total percorrido		
comprimento (m)	0,37	0,47	0,55	0,64	0,72	0,79	0,85	0,92		Comp (m)		0,55	
diferença (m)	0,10	0,08	0,09	0,08	0,07	0,06	0,07		Temp (s)	0,28			
velocidade (m/s)	2,50	2,00	2,25	2,00	1,75	1,50	1,75		V (m/s)	1,96			

Intervalo entre partículas 0,68 s

2ª "partícula"														Total percorrido		
comprimento (m)	0,36	0,47	0,58	0,69	0,79	0,88									Comp (m)	0,52
diferença (m)	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09										Temp (s)	0,20
velocidade (m/s)	2,75	2,75	2,75	2,50	2,25									V (m/s)	2,60	

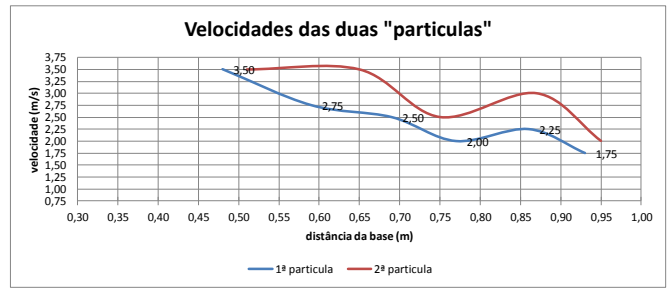
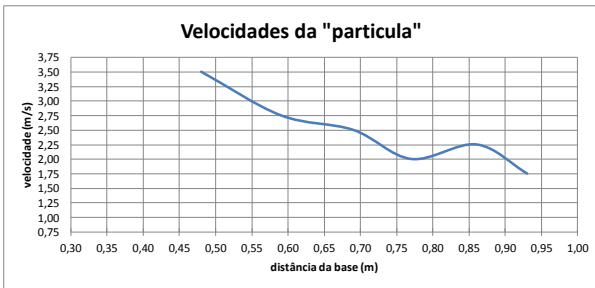


Gráfico de velocidades de duas "partículas"

Tubo de queda obstruído - 2 curvas a 45°

descarga de altura de 2,99m

Anexo F5

Descarga 1 sanita

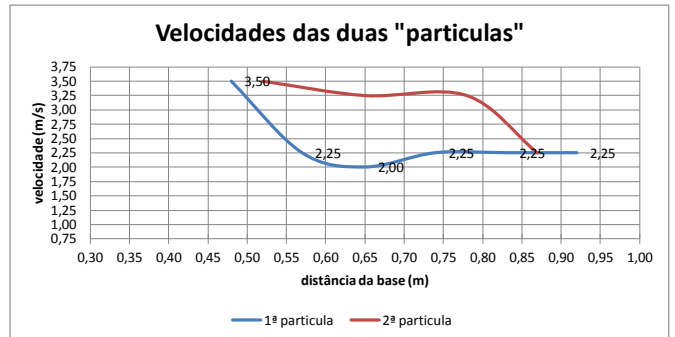
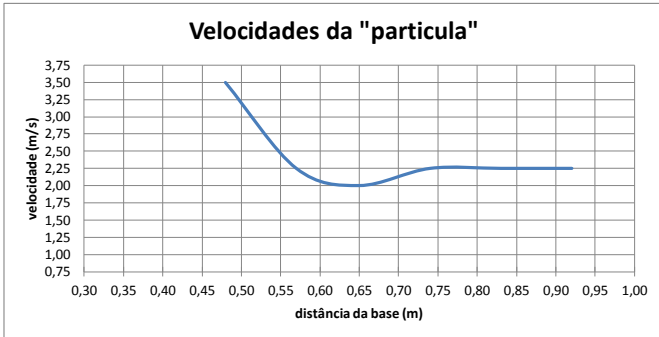
1ª "partícula"

comprimento (m)	0,34	0,48	0,57	0,65	0,74	0,88	0,92	Total percorrido	Comp (m)	0,58
diferença (m)	0,14	0,09	0,08	0,09	0,14	0,04			Temp (s)	0,24
velocidade (m/s)	3,50	2,25	2,00	2,25	3,50	1,00			V (m/s)	2,42

Intervalo entre partículas 0,12 s

2ª "partícula"

comprimento (m)	0,38	0,52	0,65	0,78	0,87						Total percorrido	Comp (m)	0,49
diferença (m)	0,14	0,13	0,13	0,09								Temp (s)	0,16
velocidade (m/s)	3,50	3,25	3,25	2,25								V (m/s)	3,06



Descarga 2 sanitas

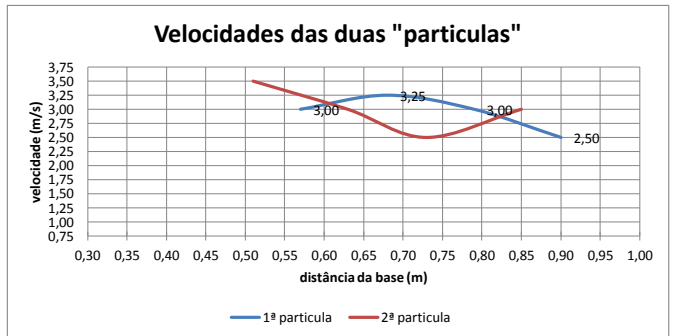
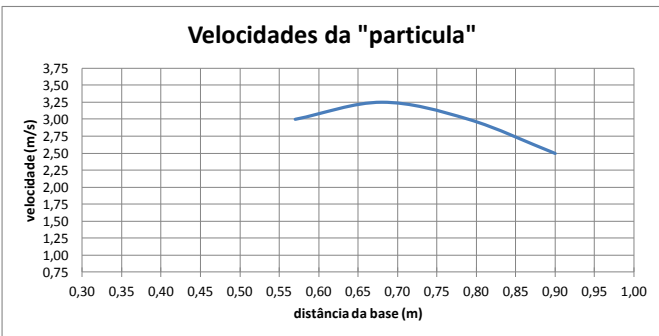
1ª "partícula"

comprimento (m)	0,45	0,57	0,68	0,79	0,90			Total percorrido	Comp (m)	0,45
diferença (m)	0,12	0,11	0,11	0,11					Temp (s)	0,16
velocidade (m/s)	3,00	2,75	2,75	2,75					V (m/s)	2,81

Intervalo entre partículas 1,24 s

2ª "partícula"

comprimento (m)	0,37	0,51	0,63	0,73	0,85			Total percorrido	Comp (m)	0,48
diferença (m)	0,14	0,12	0,10	0,12					Temp (s)	0,16
velocidade (m/s)	3,50	3,00	2,50	3,00					V (m/s)	3,00



Descarga 3 sanitas

1ª "partícula"

comprimento (m)	0,33	0,44	0,56	0,67	0,79	0,88		Total percorrido	Comp (m)	0,55
diferença (m)	0,11	0,12	0,11	0,12	0,09				Temp (s)	0,20
velocidade (m/s)	2,75	3,00	2,75	3,00	2,25				V (m/s)	2,75

Intervalo entre partículas 0,76 s

2ª "partícula"

comprimento (m)	0,39	0,48	0,60	0,70	0,79	0,89		Total percorrido	Comp (m)	0,50
diferença (m)	0,09	0,12	0,10	0,09	0,10				Temp (s)	0,20
velocidade (m/s)	2,25	3,00	2,50	2,25	2,50				V (m/s)	2,50

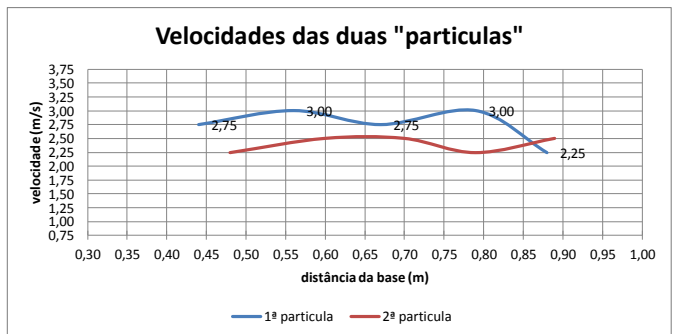
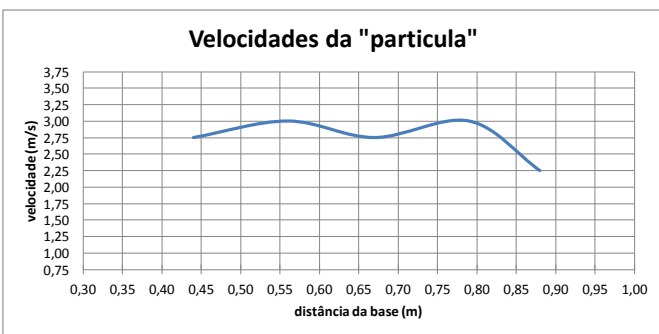


Gráfico de velocidades de duas "partículas"

Tubo de queda obstruído - 2 curvas a 45° rotação 43,75°
descarga de altura de 3,01m

Anexo F6

Descarga 1 sanita

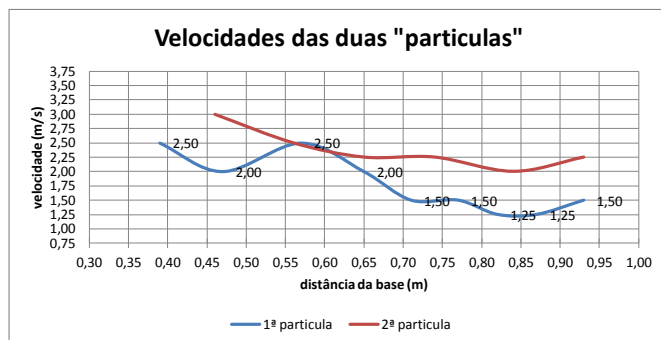
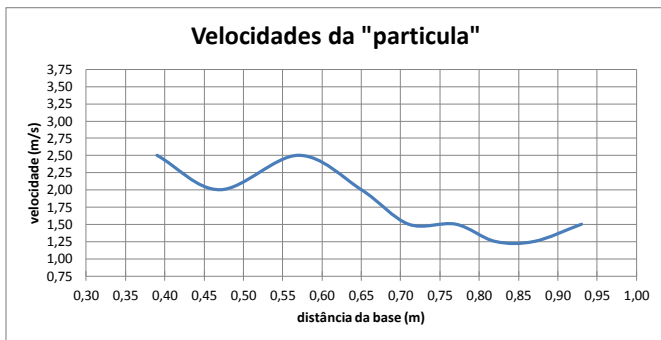
1ª "partícula"

comprimento	(m)	0,29	0,39	0,47	0,57	0,65	0,71	0,77	0,82	0,87	0,93	Total percorrido	Comp (m)	0,64
diferença	(m)	0,10	0,08	0,10	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06			Temp (s)	0,36
velocidade	(m/s)	2,50	2,00	2,50	2,00	1,50	1,50	1,25	1,25	1,50			V (m/s)	1,78

Intervalo entre partículas 0,80 s

2ª "partícula"

comprimento	(m)	0,34	0,46	0,56	0,65	0,74	0,84	0,93					Total percorrido	Comp (m)	0,59
diferença	(m)	0,12	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09							Temp (s)	0,24
velocidade	(m/s)	3,00	2,50	2,25	2,25	2,50	2,25							V (m/s)	2,46



Descarga 2 sanitas

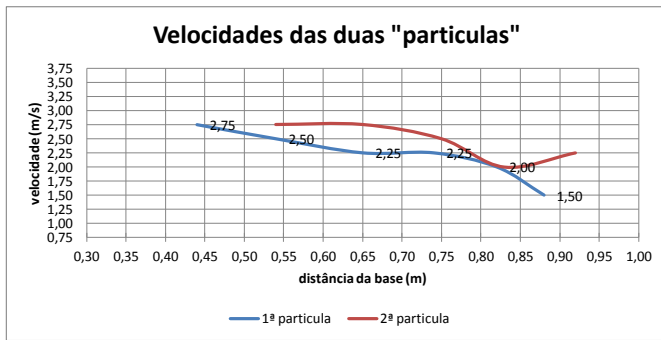
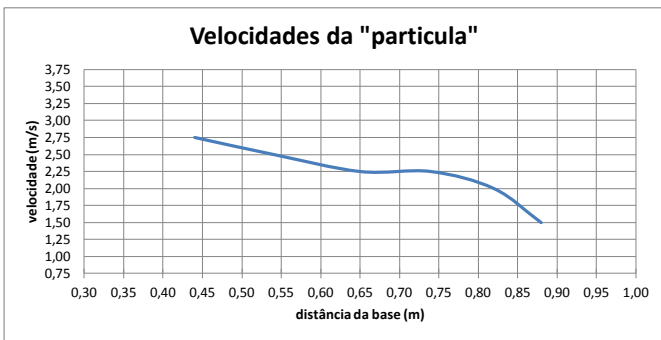
1ª "partícula"

comprimento	(m)	0,33	0,44	0,54	0,65	0,74	0,82	0,88				Total percorrido	Comp (m)	0,55
diferença	(m)	0,11	0,10	0,11	0,09	0,08	0,06						Temp (s)	0,24
velocidade	(m/s)	2,75	2,50	2,75	2,25	2,00	1,50						V (m/s)	2,29

Intervalo entre partículas 0,44 s

2ª "partícula"

comprimento	(m)	0,43	0,54	0,65	0,75	0,83	0,92					Total percorrido	Comp (m)	0,49
diferença	(m)	0,11	0,11	0,10	0,08	0,09							Temp (s)	0,20
velocidade	(m/s)	2,75	2,75	2,50	2,00	2,25							V (m/s)	2,45



Descarga 3 sanitas

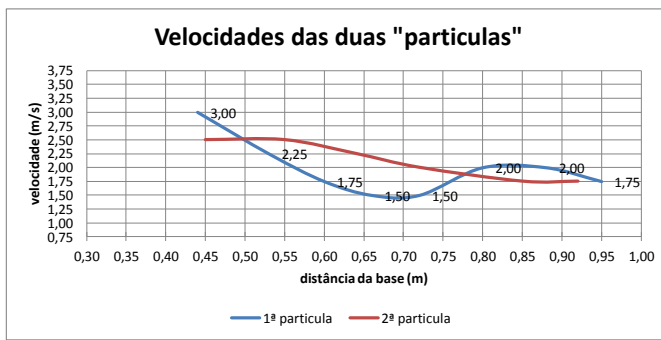
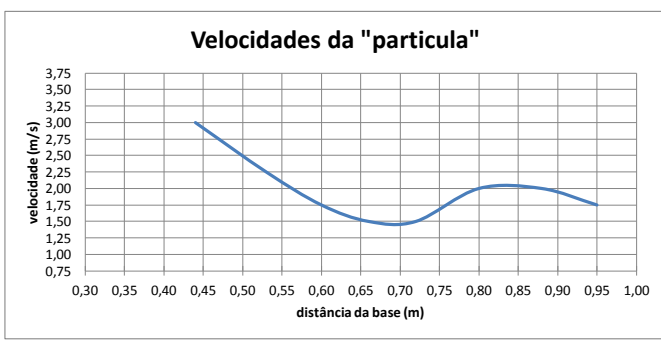
1ª "partícula"

comprimento	(m)	0,32	0,44	0,53	0,60	0,66	0,72	0,80	0,88	0,95		Total percorrido	Comp (m)	0,63
diferença	(m)	0,12	0,09	0,07	0,06	0,06	0,08	0,08	0,07				Temp (s)	0,32
velocidade	(m/s)	3,00	2,25	1,75	1,50	1,50	2,00	2,00	1,75				V (m/s)	1,97

Intervalo entre partículas 0,36 s

2ª "partícula"

comprimento	(m)	0,36	0,45	0,55	0,64	0,72	0,85	0,92				Total percorrido	Comp (m)	0,56
diferença	(m)	0,09	0,10	0,09	0,08	0,13	0,07						Temp (s)	0,24
velocidade	(m/s)	2,25	2,50	2,25	2,00	3,25	1,75						V (m/s)	2,33



Anexo G

Gráficos de Velocidades da envolvente

(tubo aberto / obstruído)

G1 - Gráfico de velocidades para 1 curva 90° e altura de 1,72m

G2 - Gráfico de velocidades para 2 curvas 45° e altura de 1,77m

G3 - Gráfico de velocidades para 2 curvas 45° c/ rotação 43,75° e altura de 1,79m

G4 - Gráfico de velocidades para 1 curva 90° e altura de 2,94m

G5 - Gráfico de velocidades para 2 curvas 45° e altura de 2,99m

G6 - Gráfico de velocidades para 2 curvas 45° c/ rotação 43,75° e altura de 3,01m

Gráfico comparativo de velocidades
 Comparativo Tubo de queda aberto/obstruído - 1 curva a 90°
 descarga de altura de 1,72m

Anexo G1

Descarga 1 sanitas

1ª "partícula" - Aberto

comprimento (m)	0,31	0,45	0,54	0,62	0,69	0,75	0,80	0,87	0,93	Total percorrido	Comp (m)	0,62
diferença (m)	0,14	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,07	0,06			Temp (s)	0,32
velocidade (m/s)	3,50	2,25	2,00	1,75	1,50	1,25	1,75	1,50			V (m/s)	1,94

Intervalo entre partículas 0,20 s

2ª "partícula" - Aberto

comprimento (m)	0,30	0,37	0,43	0,48	0,53	0,60	0,70	0,78	0,83	0,88	0,93	Total percorrido	Comp (m)	0,63
diferença (m)	0,07	0,06	0,05	0,05	0,07	0,10	0,08	0,05	0,05	0,05			Temp (s)	0,40
velocidade (m/s)	1,75	1,50	1,25	1,25	1,75	2,50	2,00	1,25	1,25	1,25			V (m/s)	1,58

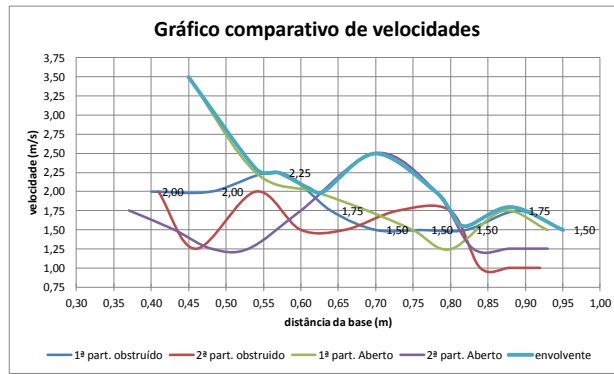
1ª "partícula" - Obstruído

comprimento (m)	0,32	0,40	0,48	0,57	0,64	0,70	0,76	0,82	0,89	0,95	Total percorrido	Comp (m)	0,63
diferença (m)	0,08	0,08	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06			Temp (s)	0,36
velocidade (m/s)	2,00	2,00	2,25	1,75	1,50	1,50	1,50	1,75	1,50			V (m/s)	1,75

Intervalo entre partículas 1,68 s

2ª "partícula" - Obstruído

comprimento (m)	0,33	0,41	0,46	0,54	0,60	0,66	0,73	0,80	0,84	0,88	0,92	Total percorrido	Comp (m)	0,59
diferença (m)	0,08	0,05	0,08	0,06	0,06	0,07	0,07	0,04	0,04	0,04			Temp (s)	0,40
velocidade (m/s)	2,00	1,25	2,00	1,50	1,50	1,75	1,75	1,00	1,00	1,00			V (m/s)	1,48



Descarga sanitas+Lavatório+bidé

1ª "partícula" - Aberto

comprimento (m)	0,22	0,31	0,39	0,46	0,54	0,60	0,67	0,73	0,78	Total percorrido	Comp (m)	0,56
diferença (m)	0,09	0,08	0,07	0,08	0,06	0,07	0,06	0,05			Temp (s)	0,32
velocidade (m/s)	2,25	2,00	1,75	2,00	1,50	1,75	1,50	1,25			V (m/s)	1,75

Intervalo entre partículas 4,08 s

2ª "partícula" - Aberto

comprimento (m)	0,22	0,31	0,41	0,50	0,59	0,67	0,75	0,83		Total percorrido	Comp (m)	0,61
diferença (m)	0,09	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08				Temp (s)	0,28
velocidade (m/s)	2,25	2,50	2,25	2,25	2,00	2,00	2,00				V (m/s)	2,18

1ª "partícula" - Obstruído

comprimento (m)	0,29	0,36	0,42	0,49	0,54	0,60	0,63	0,67	0,72	0,75	0,80	0,85	0,89	0,93	Total percorrido	Comp (m)	0,64
diferença (m)	0,07	0,06	0,07	0,05	0,06	0,03	0,04	0,05	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04			Temp (s)	0,52
velocidade (m/s)	1,75	1,50	1,75	1,25	1,50	0,75	1,00	1,25	0,75	1,25	1,25	1,00	1,00			V (m/s)	1,23

Intervalo entre partículas 0,88 s

2ª "partícula" - Obstruído

comprimento (m)	0,26	0,34	0,43	0,50	0,57	0,64	0,71	0,76	0,81	0,88	0,93	0,96		Total percorrido	Comp (m)	0,70
diferença (m)	0,08	0,09	0,07	0,07	0,07	0,07	0,05	0,05	0,07	0,05	0,03				Temp (s)	0,44
velocidade (m/s)	2,00	2,25	1,75	1,75	1,75	1,75	1,25	1,25	1,75	1,25	0,75				V (m/s)	1,59

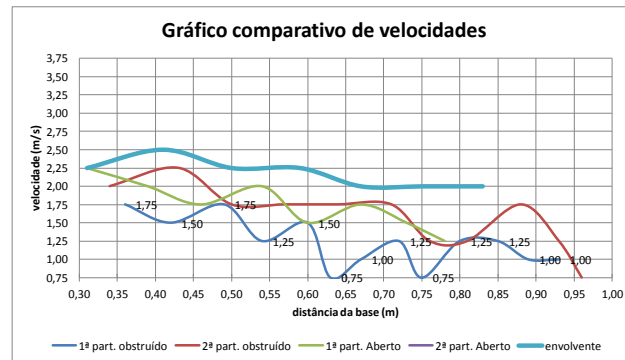


Gráfico comparativo de velocidades

Tubo de queda abert/obstruído - 2 curvas a 45°
descarga de altura de 1,77m

Anexo G2

Descarga 1 sanit

1ª "partícula" - Aberto

comprimento (m)	0,38	0,42	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78	0,84	0,87	0,93	Total percorrido	Comp (m)	0,55
diferença (m)	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,03	0,06	Temp (s)		0,56	
velocidade (m/s)	1,00	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,50	0,75	1,50	V (m/s)		0,98	

Intervalo entre partículas 0,84 s

2ª "partícula" - Aberto

comprimento (m)	0,37	0,45	0,54	0,62	0,70	0,74	0,79	0,87	0,94							Total percorrido	Comp (m)	0,57
diferença (m)	0,08	0,09	0,08	0,08	0,04	0,05	0,08	0,07							Temp (s)		0,32	
velocidade (m/s)	2,00	2,25	2,00	2,00	1,00	1,25	2,00	1,75							V (m/s)		1,78	

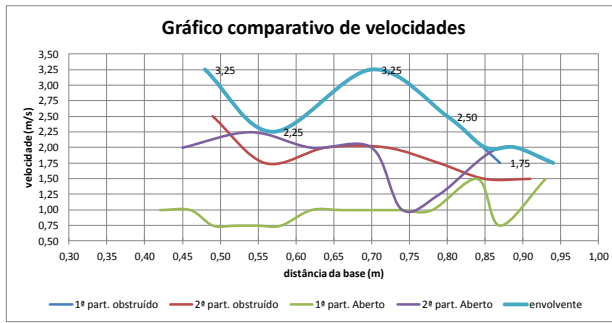
1ª "partícula" - Obstruído

comprimento (m)	0,35	0,48	0,57	0,70	0,80	0,87										Total percorrido	Comp (m)	0,39
diferença (m)	0,13	0,09	0,13	0,10	0,07										Temp (s)		0,16	
velocidade (m/s)	3,25	2,25	3,25	2,50	1,75										V (m/s)		2,44	

Intervalo entre partículas 2,88 s

2ª "partícula" - Obstruído

comprimento (m)	0,39	0,49	0,56	0,64	0,72	0,79	0,85	0,91								Total percorrido	Comp (m)	0,42
diferença (m)	0,10	0,07	0,08	0,08	0,07	0,06	0,06								Temp (s)		0,24	
velocidade (m/s)	2,50	1,75	2,00	2,00	1,75	1,50	1,50								V (m/s)		1,75	



Descarga sanitas+Lavatório+bidé

1ª "partícula" - Aberto

comprimento (m)	0,35	0,42	0,50	0,58	0,64	0,70	0,76	0,82	0,88	0,94						Total percorrido	Comp (m)	0,59
diferença (m)	0,07	0,08	0,08	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06					Temp (s)		0,36	
velocidade (m/s)	1,75	2,00	2,00	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50					V (m/s)		1,64	

Intervalo entre partículas 1,36 s

2ª "partícula" - Aberto

comprimento (m)	0,42	0,56	0,68	0,80	0,87	0,94										Total percorrido	Comp (m)	0,52
diferença (m)	0,14	0,12	0,12	0,07	0,07										Temp (s)		0,20	
velocidade (m/s)	3,50	3,00	3,00	1,75	1,75										V (m/s)		2,60	

1ª "partícula" - Obstruído

comprimento (m)	0,37	0,47	0,55	0,64	0,72	0,79	0,85	0,92								Total percorrido	Comp (m)	0,45
diferença (m)	0,10	0,08	0,09	0,08	0,07	0,06	0,07								Temp (s)		0,24	
velocidade (m/s)	2,50	2,00	2,25	2,00	1,75	1,50	1,75								V (m/s)		1,88	

Intervalo entre partículas 0,68 s

2ª "partícula" - Obstruído

comprimento (m)	0,36	0,47	0,58	0,69	0,79	0,88										Total percorrido	Comp (m)	0,41
diferença (m)	0,11	0,11	0,11	0,10	0,09										Temp (s)		0,16	
velocidade (m/s)	2,75	2,75	2,75	2,50	2,25										V (m/s)		2,56	

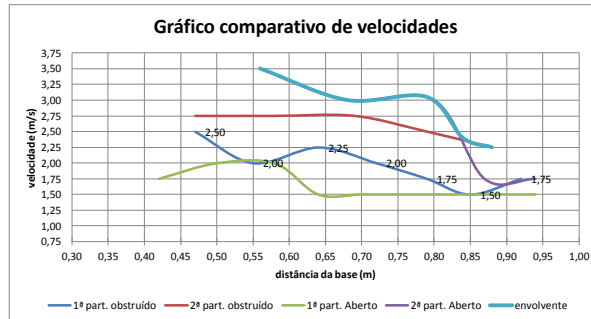


Gráfico comparativo de velocidades
 Tubo de queda abert/obstruído - 2 curvas a 45º rotação 43,75º
 descarga de altura de 1,79m

Anexo G3

Descarga 1 sanita

1ª "partícula" - Aberto

comprimento (m)	0,36	0,47	0,57	0,66	0,75	0,83	0,91	Total percorrido	Comp (m)	0,55
diferença (m)	0,11	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08		Temp (s)	0,24
velocidade (m/s)	2,75	2,50	2,25	2,25	2,00	2,00	2,00		V (m/s)	2,29

Intervalo entre partículas 0,24 s

2ª "partícula" - Aberto

comprimento (m)	0,30	0,39	0,49	0,58	0,67	0,75	0,83	0,88	Total percorrido	Comp (m)	0,58
diferença (m)	0,09	0,10	0,09	0,09	0,08	0,08	0,05			Temp (s)	0,28
velocidade (m/s)	2,25	2,50	2,25	2,25	2,00	2,00	1,25			V (m/s)	2,07

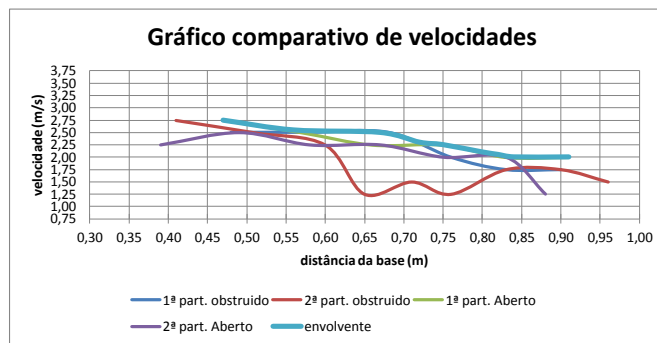
1ª "partícula" - Obstruído

comprimento (m)	0,38	0,48	0,58	0,68	0,76	0,83	0,90	Total percorrido	Comp (m)	0,52
diferença (m)	0,10	0,10	0,10	0,08	0,07	0,07	0,07		Temp (s)	0,24
velocidade (m/s)	2,50	2,50	2,50	2,00	1,75	1,75			V (m/s)	2,17

Intervalo entre partículas 2,00 s

2ª "partícula" - Obstruído

comprimento (m)	0,30	0,41	0,51	0,60	0,65	0,71	0,76	0,83	0,90	0,96	Total percorrido	Comp (m)	0,66
diferença (m)	0,11	0,10	0,09	0,05	0,06	0,05	0,07	0,07	0,06			Temp (s)	0,36
velocidade (m/s)	2,75	2,50	2,25	1,25	1,50	1,25	1,75	1,75	1,50			V (m/s)	1,83



Descarga sanitas+Lavatório+bidé

1ª "partícula" - Aberto

comprimento (m)	0,36	0,46	0,57	0,66	0,75	0,84	0,90	0,95	Total percorrido	Comp (m)	0,59
diferença (m)	0,10	0,11	0,09	0,09	0,09	0,06	0,05			Temp (s)	0,28
velocidade (m/s)	2,50	2,75	2,25	2,25	2,25	1,50	1,25			V (m/s)	2,11

Intervalo entre partículas 0,56 s

2ª "partícula" - Aberto

comprimento (m)	0,30	0,43	0,53	0,64	0,73	0,84	0,88	Total percorrido	Comp (m)	0,58
diferença (m)	0,13	0,10	0,11	0,09	0,11	0,04			Temp (s)	0,24
velocidade (m/s)	3,25	2,50	2,75	2,25	2,75	1,00			V (m/s)	2,42

1ª "partícula" - Obstruído

comprimento (m)	0,35	0,43	0,52	0,61	0,70	0,76	0,84	0,90	Total percorrido	Comp (m)	0,55
diferença (m)	0,08	0,09	0,09	0,09	0,06	0,08	0,06			Temp (s)	0,28
velocidade (m/s)	2,00	2,25	2,25	2,25	1,50	2,00	1,50			V (m/s)	1,96

Intervalo entre partículas 1,08 s

2ª "partícula" - Obstruído

comprimento (m)	0,34	0,44	0,54	0,63	0,73	0,82	0,91	Total percorrido	Comp (m)	0,57
diferença (m)	0,10	0,10	0,09	0,10	0,09	0,09			Temp (s)	0,24
velocidade (m/s)	2,50	2,50	2,25	2,50	2,25	2,25			V (m/s)	2,38

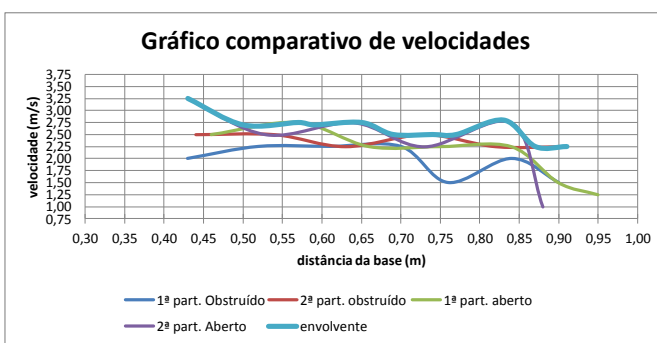


Gráfico comparativo de velocidades
 Tubo de queda aberto/obstruído - 1 curva a 90°
 descarga de altura de 2,94m

Anexo G4

Descarga 1 sanitas

1ª "partícula" - Aberto										Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,35	0,46	0,58	0,67	0,75	0,84	0,91	0,97			0,62	
diferença (m)	0,11	0,12	0,09	0,08	0,09	0,07	0,06				0,28	
velocidade (m/s)	2,75	3,00	2,25	2,00	2,25	1,75	1,50				2,21	

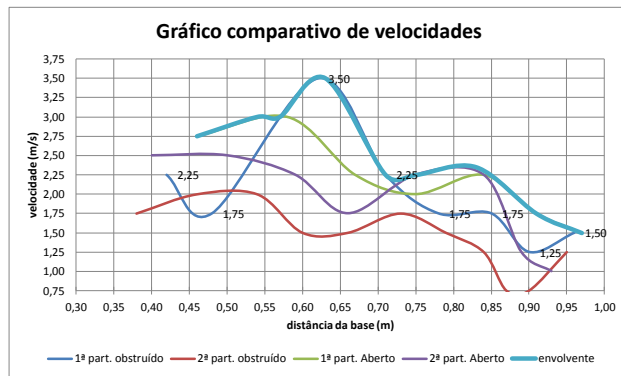
Intervalo entre partículas 0,04 s

2ª "partícula" - Aberto										Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,30	0,40	0,50	0,59	0,66	0,75	0,84	0,89	0,93			0,63
diferença (m)	0,10	0,10	0,09	0,07	0,09	0,09	0,05	0,04			0,44	
velocidade (m/s)	2,50	2,50	2,25	1,75	2,25	2,25	1,25	1,00			1,97	

1ª "partícula" - Obstruído										Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,33	0,42	0,48	0,62	0,71	0,78	0,85	0,90	0,96			0,63
diferença (m)	0,09	0,06	0,14	0,09	0,07	0,07	0,05	0,06			0,32	
velocidade (m/s)	2,25	1,50	3,50	2,25	1,75	1,75	1,25	1,50			1,97	

Intervalo entre partículas 2,88 s

2ª "partícula" - Obstruído										Total percorrido	Comp (m)				
comprimento (m)	0,31	0,38	0,46	0,54	0,60	0,66	0,73	0,79	0,84		0,87	0,90	0,95		0,64
diferença (m)	0,07	0,08	0,08	0,06	0,06	0,07	0,06	0,05	0,03		0,03	0,05		0,44	
velocidade (m/s)	1,75	2,00	2,00	1,50	1,50	1,75	1,50	1,25	0,75		0,75	1,25		1,45	



Descarga 2 sanitas

1ª "partícula" - Aberto										Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,43	0,53	0,64	0,73	0,81	0,86	0,92	0,97			0,54	
diferença (m)	0,10	0,11	0,09	0,08	0,05	0,06	0,05				0,28	
velocidade (m/s)	2,50	2,75	2,25	2,00	1,25	1,50	1,25				1,93	

Intervalo entre partículas 0,16 s

2ª "partícula" - Aberto										Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,36	0,49	0,59	0,70	0,78	0,87	0,95				0,59	
diferença (m)	0,13	0,10	0,11	0,08	0,09	0,08					0,24	
velocidade (m/s)	3,25	2,50	2,75	2,00	2,25	2,00					2,46	

1ª "partícula" - Obstruído										Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,34	0,48	0,59	0,68	0,78	0,87	0,95				0,61	
diferença (m)	0,14	0,11	0,09	0,10	0,09	0,08					0,24	
velocidade (m/s)	3,50	2,75	2,25	2,50	2,25	2,00					2,54	

Intervalo entre partículas 0,68 s

2ª "partícula" - Obstruído										Total percorrido	Comp (m)	
comprimento (m)	0,35	0,48	0,60	0,70	0,83	0,90	0,96				0,61	
diferença (m)	0,13	0,12	0,10	0,13	0,07	0,06					0,24	
velocidade (m/s)	3,25	3,00	2,50	3,25	1,75	1,50					2,54	

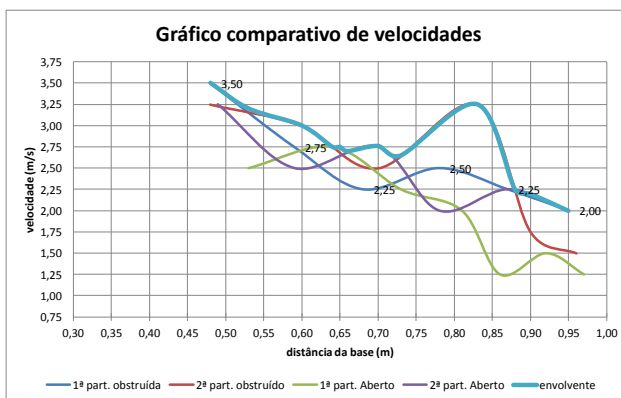


Gráfico comparativo de velocidades									
Tubo de queda aberto/obstruído - 2 curvas a 45º									
descarga de altura de 2,99m									
									Anexo G5

Descarga 1 sanita

1ª "partícula" - Aberto												
comprimento	(m)	0,45	0,57	0,71	0,81	0,90	0,98			Total percorrido	Comp (m)	0,53
diferença	(m)	0,12	0,14	0,10	0,10	0,09	0,08				Temp (s)	0,20
velocidade	(m/s)	3,00	3,50	2,50	2,25	2,00					V (m/s)	2,65

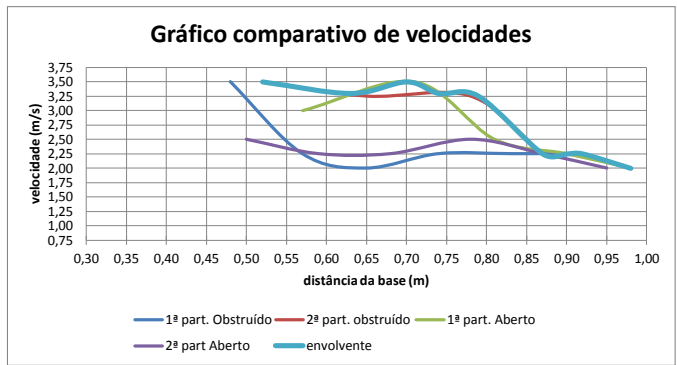
Intervalo entre partículas 0,20 s

2ª "partícula" - Aberto												
comprimento	(m)	0,40	0,50	0,59	0,68	0,78	0,87	0,95		Total percorrido	Comp (m)	0,55
diferença	(m)	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09	0,08				Temp (s)	0,24
velocidade	(m/s)	2,50	2,25	2,25	2,50	2,25	2,00				V (m/s)	2,29

1ª "partícula" - Obstruído												
comprimento	(m)	0,34	0,48	0,57	0,65	0,74	0,83	0,92		Total percorrido	Comp (m)	0,58
diferença	(m)	0,14	0,09	0,08	0,09	0,09	0,09				Temp (s)	0,24
velocidade	(m/s)	3,50	2,25	2,00	2,25	2,25	2,25				V (m/s)	2,42

Intervalo entre partículas 0,12 s

2ª "partícula" - Obstruído												
comprimento	(m)	0,38	0,52	0,65	0,78	0,87				Total percorrido	Comp (m)	0,49
diferença	(m)	0,14	0,13	0,13	0,09						Temp (s)	0,16
velocidade	(m/s)	3,50	3,25	3,25	2,25						V (m/s)	3,06



Descarga 2 sanitas

1ª "partícula" - Aberto												
comprimento	(m)	0,35	0,47	0,60	0,72	0,82	0,92			Total percorrido	Comp (m)	0,57
diferença	(m)	0,12	0,13	0,12	0,10	0,10					Temp (s)	0,20
velocidade	(m/s)	3,00	3,25	3,00	2,50	2,50					V (m/s)	2,85

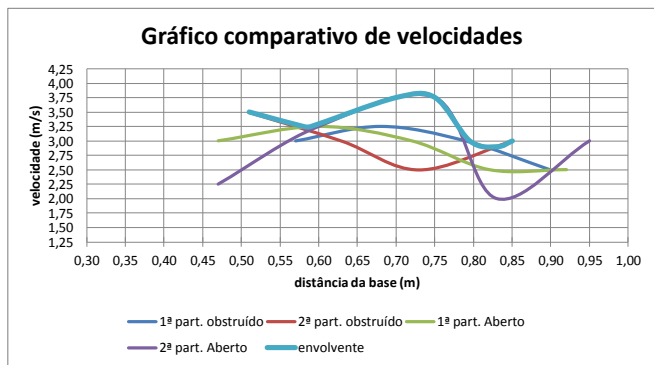
Intervalo entre partículas 0,68 s

2ª "partícula" - Aberto												
comprimento	(m)	0,38	0,47	0,60	0,75	0,83	0,95			Total percorrido	Comp (m)	0,57
diferença	(m)	0,09	0,13	0,15	0,08	0,12					Temp (s)	0,20
velocidade	(m/s)	2,25	3,25	3,75	2,00	3,00					V (m/s)	2,85

1ª "partícula" - Obstruído												
comprimento	(m)	0,45	0,57	0,68	0,79	0,90				Total percorrido	Comp (m)	0,45
diferença	(m)	0,12	0,11	0,11	0,11						Temp (s)	0,16
velocidade	(m/s)	3,00	2,75	2,75	2,75						V (m/s)	2,81

Intervalo entre partículas 1,24 s

2ª "partícula" - Obstruído												
comprimento	(m)	0,37	0,51	0,63	0,73	0,85				Total percorrido	Comp (m)	0,48
diferença	(m)	0,14	0,12	0,10	0,12						Temp (s)	0,16
velocidade	(m/s)	3,50	3,00	2,50	3,00						V (m/s)	3,00



Descarga 3 sanitas

1ª "partícula" - Aberto

comprimento	(m)	0,35	0,47	0,60	0,72	0,83	0,93												Total percurso	Comp (m)	0,58
diferença	(m)	0,12	0,13	0,12	0,11	0,10														Temp (s)	0,20
velocidade	(m/s)	3,00	3,25	3,00	2,75	2,50														V (m/s)	2,90

Intervalo entre partículas 0,56 s

2ª "partícula" - Aberto

comprimento	(m)	0,32	0,47	0,60	0,71	0,80	0,90												Total percurso	Comp (m)	0,58
diferença	(m)	0,15	0,13	0,11	0,09	0,10														Temp (s)	0,20
velocidade	(m/s)	3,75	3,25	2,75	2,25	2,50														V (m/s)	2,90

1ª "partícula" - Obstruído

comprimento	(m)	0,33	0,44	0,56	0,67	0,79	0,88												Total percurso	Comp (m)	0,55
diferença	(m)	0,11	0,12	0,11	0,12	0,09														Temp (s)	0,20
velocidade	(m/s)	2,75	3,00	2,75	3,00	2,25														V (m/s)	2,75

Intervalo entre partículas 0,76 s

2ª "partícula" - Obstruído

comprimento	(m)	0,39	0,48	0,60	0,70	0,79	0,89												Total percurso	Comp (m)	0,50
diferença	(m)	0,09	0,12	0,10	0,09	0,10														Temp (s)	0,20
velocidade	(m/s)	2,25	3,00	2,50	2,25	2,50														V (m/s)	2,50

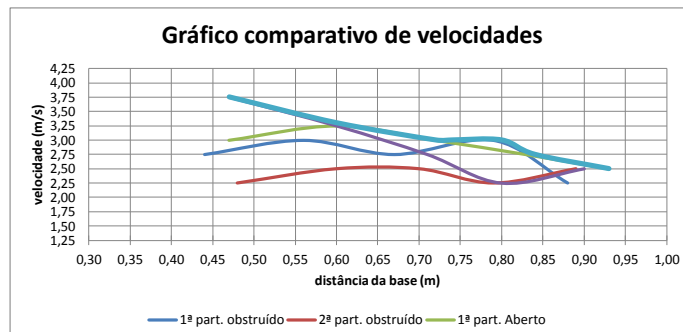


Gráfico comparativo de velocidades									
Tubo de queda aberto/obstruído - 2 curvas a 45° rotação 43,75°									
descarga de altura de 3,01m									

Anexo G6

Descarga 1 sanita

1ª "partícula" - Aberto													
comprimento	(m)	0,30	0,41	0,50	0,59	0,67	0,75	0,81	0,86	0,92	Total percorrido	Comp (m)	0,62
diferença	(m)	0,11	0,09	0,09	0,08	0,08	0,06	0,05	0,06			Temp (s)	0,32
velocidade	(m/s)	2,75	2,25	2,25	2,00	2,00	1,50	1,25	1,50			V (m/s)	1,94

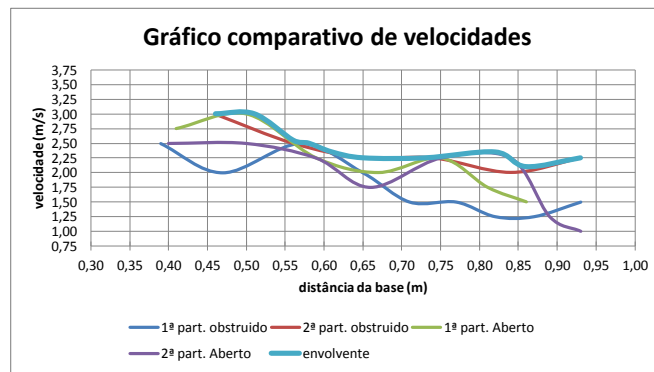
Intervalo entre partículas 0,52 s

2ª "partícula" - Aberto													
comprimento	(m)	0,37	0,50	0,61	0,71	0,81	0,87				Total percorrido	Comp (m)	0,50
diferença	(m)	0,13	0,11	0,10	0,10	0,06						Temp (s)	0,20
velocidade	(m/s)	3,25	2,75	2,50	2,50	1,50						V (m/s)	2,50

1ª "partícula" Obstruído														
comprimento	(m)	0,29	0,39	0,47	0,57	0,65	0,71	0,77	0,82	0,87	0,93	Total percorrido	Comp (m)	0,64
diferença	(m)	0,10	0,08	0,10	0,08	0,06	0,06	0,05	0,05	0,06			Temp (s)	0,36
velocidade	(m/s)	2,50	2,00	2,50	2,00	1,50	1,50	1,25	1,25	1,50			V (m/s)	1,78

Intervalo entre partículas 0,80 s

2ª "partícula" Obstruído													
comprimento	(m)	0,34	0,46	0,56	0,65	0,74	0,84	0,93			Total percorrido	Comp (m)	0,59
diferença	(m)	0,12	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09					Temp (s)	0,24
velocidade	(m/s)	3,00	2,50	2,25	2,25	2,50	2,25					V (m/s)	2,46



Descarga 2 sanitas

1ª "partícula" - Aberto													
comprimento	(m)	0,41	0,51	0,61	0,69	0,75	0,84	0,92			Total percorrido	Comp (m)	0,51
diferença	(m)	0,10	0,10	0,08	0,06	0,09	0,08					Temp (s)	0,24
velocidade	(m/s)	2,50	2,50	2,00	1,50	2,25	2,00					V (m/s)	2,13

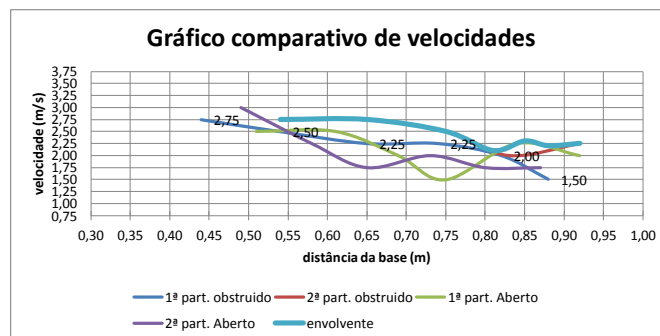
Intervalo entre partículas 1,32 s

2ª "partícula" - Aberto													
comprimento	(m)	0,37	0,49	0,58	0,65	0,73	0,80	0,87			Total percorrido	Comp (m)	0,50
diferença	(m)	0,12	0,09	0,07	0,08	0,07	0,07					Temp (s)	0,24
velocidade	(m/s)	3,00	2,25	1,75	2,00	1,75	1,75					V (m/s)	2,08

1ª "partícula" Obstruído													
comprimento	(m)	0,33	0,44	0,54	0,65	0,74	0,82	0,88			Total percorrido	Comp (m)	0,55
diferença	(m)	0,11	0,10	0,11	0,09	0,08	0,06					Temp (s)	0,24
velocidade	(m/s)	2,75	2,50	2,75	2,25	2,00	1,50					V (m/s)	2,29

Intervalo entre partículas 0,44 s

2ª "partícula" obstruído													
comprimento	(m)	0,43	0,54	0,65	0,75	0,83	0,92				Total percorrido	Comp (m)	0,49
diferença	(m)	0,11	0,11	0,10	0,08	0,09						Temp (s)	0,20
velocidade	(m/s)	2,75	2,75	2,50	2,00	2,25						V (m/s)	2,45



Descarga 3 sanitas

1ª "partícula" - Aberto

comprimento	(m)	0,35	0,48	0,60	0,69	0,75	0,82	0,93											Total percorrido	Comp (m)	0,58
diferença	(m)	0,13	0,12	0,09	0,06	0,07	0,07	0,11												Temp (s)	0,24
velocidade	(m/s)	3,25	3,00	2,25	1,50	1,75	1,75	2,75												V (m/s)	2,42

Intervalo entre partículas 0,56 s

2ª "partícula" - Aberto

comprimento	(m)	0,37	0,48	0,60	0,70	0,79	0,87	0,94											Total percorrido	Comp (m)	0,57
diferença	(m)	0,11	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07													Temp (s)	0,24
velocidade	(m/s)	2,75	3,00	2,50	2,25	2,00	1,75													V (m/s)	2,38

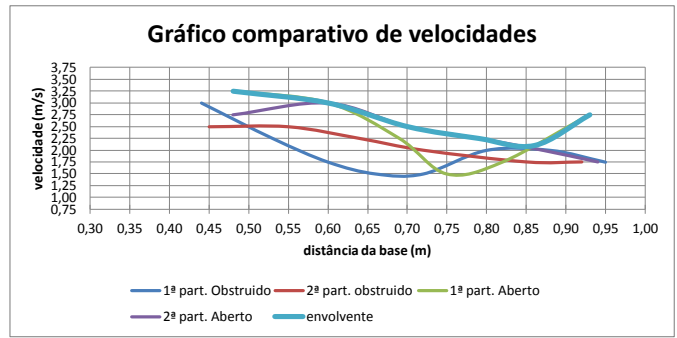
1ª "partícula" - Obstruído

comprimento	(m)	0,32	0,44	0,53	0,60	0,66	0,72	0,80	0,88	0,95									Total percorrido	Comp (m)	0,63
diferença	(m)	0,12	0,09	0,07	0,06	0,06	0,08	0,08	0,07											Temp (s)	0,32
velocidade	(m/s)	3,00	2,25	1,75	1,50	1,50	2,00	2,00	1,75											V (m/s)	1,97

Intervalo entre partículas 0,36 s

2ª "partícula" - Obstruído

comprimento	(m)	0,36	0,45	0,55	0,64	0,72	0,85	0,92											Total percorrido	Comp (m)	0,56
diferença	(m)	0,09	0,10	0,09	0,08	0,13	0,07													Temp (s)	0,24
velocidade	(m/s)	2,25	2,50	2,25	2,00	3,25	1,75													V (m/s)	2,33



Anexo H

Quadro medição do ressalto/regolfo

Quadro medição ressalto/regolfo com tubo queda aberto para a atmosfera

Quadro medição ressalto/regolfo com tubo queda obstruído

Medição do comprimento do turbilhão

Quadro medição ressalto/regolfo

Anexo H

Tubo de queda aberto para a atmosfera

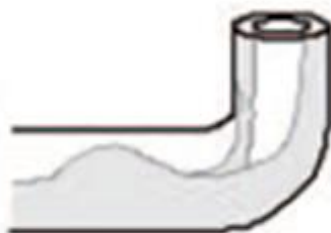
	Curva a 90º	2 Curvas 45º	2 Curvas 45º rotação
Altura 1,72m			
1 sanita	0,45	0,00	0,61
WC completo	0,64	0,00	0,75
Altura 2,92m			
1 sanita	0,65	0,00	0,65
2 sanitas	0,68	0,55	0,79
3 sanitas	0,78	0,65	0,86

Tubo de queda obstruído

	Curva a 90º	2 Curvas 45º	2 Curvas 45º rotação
Altura 1,72m			
1 sanita	0,55	0,00	0,56
WC completo	0,64	0,00	0,68
Altura 2,92m			
1 sanita	0,48	0,00	0,58
2 sanitas	0,66	0,53	0,73
3 sanitas	0,72	0,60	0,84

* medidas em metros

* o ressalto/regolfo é medido em comprimento até ao ponto máximo onde o fluxo toca a parte superior do tubo



Ressalto hidráulico