



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

ESTUDO PARA CONTROLO DA DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS NOS COLETORES A JUSANTE DA SALA DE CORTE DO DBB DO LNEC

Elaborado para o Laboratório Nacional de Engenharia Civil, I.P.

Lisboa • novembro 2020

OAC&T HIDRÁULICA E AMBIENTE

RELATÓRIO 363/2020 – **DHA/NES**

Título

ESTUDO PARA CONTROLO DA DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS NOS COLETORES A JUSANTE DA SALA DE CORTE DO DBB DO LNEC

Autoria

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Luís Mesquita David

Investigador Auxiliar, Núcleo de Engenharia Sanitária

Elsa Mesquita

Bolseira de Pós-Doutoramento, Núcleo de Engenharia Sanitária

Colaboração

DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA E AMBIENTE

Vítor Napier

Assistente Técnico, Núcleo de Engenharia Sanitária

CENTRO DE INSTRUMENTAÇÃO CIENTÍFICA

António José Nunes

Técnico Superior, Setor da Construção e Conservação das Instalações

Manuel Moreira

Técnico Superior, Setor da Construção e Conservação das Instalações

DEPARTAMENTO DE BARRAGENS DE BETÃO

Luís Dias

Técnico Superior, Núcleo de Modelação e Mecânica das Rochas

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 363/2020

Proc. 0606/1312/22571

ESTUDO PARA CONTROLO DA DEPOSIÇÃO DE SEDIMENTOS NOS COLETORES A JUSANTE DA SALA DE CORTE DO DBB DO LNEC

Resumo

Este relatório reporta o estudo para controlo da deposição de sedimentos nos coletores a jusante da sala de corte de materiais do Departamento de Barragens de Betão do LNEC. O estudo compreendeu a vistoria ao local, a caracterização do material sedimentável, a conceção e dimensionamento de uma câmara de sedimentação e o estabelecimento de um programa de manutenção do sistema de drenagem, desde a sala de corte até à estrutura a construir. Foi realizado pelo Núcleo de Engenharia Sanitária em estreita articulação com o Setor de Construção e Conservação das Instalações e com a colaboração do Departamento de Barragens de Betão, todos do LNEC.

Palavras-chave: Corte de materiais / Drenagem / Deposição nos coletores / Câmara de sedimentação / Operação e manutenção

STUDY TO CONTROL THE SEDIMENT DEPOSITION INSIDE THE SEWERS DOWNSTREAM LNEC DBB CUTTING ROOM

Abstract

This technical report concerns the study to control sediment deposition inside the sewers downstream the material cutting room at LNEC's Concrete Dams Department. The study included the inspection of the site, the characterization of the settling material, the design and dimensioning of a sedimentation box and the establishment of a maintenance program for the drainage system, from the cutting room to the structure to be built. It was carried out by LNEC's Urban Water Unit in close articulation with the Sector of Construction and Conservation of Facilities and in collaboration with the Concrete Dams Department.

Keywords: Material cutting / Drainage / In-sewer sedimentation / Settling box / Operation and maintenance

Índice

1	Introdução	1
1.1	Objeto do estudo.....	1
1.2	Metodologia do trabalho	1
1.3	Estrutura do relatório	1
2	Vistoria da sala de corte do DBB e do sistema de drenagem exterior	3
2.1	Sala de corte do DBB	3
2.2	Sistema de drenagem exterior.....	4
3	Caracterização físico-química e ensaio de sedimentabilidade da água residual resultante das operações de corte de materiais	6
3.1	Materiais e métodos.....	6
3.2	Caracterização físico-química sumária da água residual.....	7
3.3	Ensaio de sedimentabilidade em cone Imhoff	9
3.4	Ensaio exploratório de coagulação/floculação/sedimentação com cloreto de ferro.....	12
3.5	Conclusões	13
4	Dimensionamento da câmara de sedimentação.....	14
4.1	Revisão bibliográfica.....	14
4.2	Aspetos específicos e pormenores da câmara de sedimentação a construir	16
4.3	Dimensionamento da câmara de sedimentação acordado entre o NES e o SCI	17
5	Recomendação de boas práticas de utilização da sala de corte e de manutenção do sistema de drenagem a jusante decorrentes dos critérios de dimensionamento considerados	21
5.1	Regras de utilização da sala de corte.....	21
5.2	Manutenção corrente e periódica do sistema de drenagem	21
	Referências	25

Índice de figuras

Figura 2.1 – Demonstração de um corte de material durante a vistoria	3
Figura 2.2 – Caleira no pavimento da sala de corte, munida de muretes para retenção de partículas ..	4
Figura 2.3 – Localização de quatro câmaras de visita exteriores vistoriadas.....	4
Figura 2.4 – Localização e pormenor dos sedimentos da câmara de visita à saída da sala de corte do DBB (CV 1)	5
Figura 2.5 – Câmara de visita a jusante (CV 2) com uma altura significativa de depósitos relativamente secos	5
Figura 2.6 – Câmara de visita mais a jusante (CV 4), junto ao edifício do Departamento de Transportes, onde já não se observa a acumulação de sedimentos de reduzida dimensão.....	5
Figura 3.1 – Ilustração dos ensaios em cone Imhoff: a) amostra 1 aos 10 minutos e exemplar do material cortado; b) amostras 2 e 3 no final dos ensaios	9
Figura 3.2 – Aspeto da água resultante do corte dos materiais 2 e 3 (frascos grandes) e respetivos clarificados (água após sedimentação dos sólidos suspensos).....	10
Figura 3.3 – Resultados dos ensaios de sedimentabilidade em cone Imhoff.....	11
Figura 3.4 – Etapa de coagulação/floculação com diferentes concentrações de cloreto férrico (5 mg/L a 40 mg/L FeCl ₃)	12
Figura 3.5 – Água clarificada após coagulação/floculação/sedimentação com diferentes concentrações de cloreto férrico (5 mg/L a 40 mg/L FeCl ₃)	12
Figura 4.1 – Tanque de sedimentação de águas residuais (adaptado de WHO, 1996).....	14
Figura 4.2 – Desarenador de água com material em suspensão (adaptado de Cualla, 1995)	15
Figura 4.3 – Câmara de sedimentação a construir	18
Figura 4.4 – Ilustração dos critérios de dimensionamento da câmara de sedimentação a construir ...	19
Figura 4.5 – Localização da câmara de sedimentação a construir e ligação à rede de drenagem existente.....	20

Índice de quadros

Quadro 3.1 – Identificação das amostras usadas no estudo	6
Quadro 3.2 – Métodos analíticos para a caracterização físico-química sumária das amostras de água	6
Quadro 3.3 – Caracterização físico-química sumária das amostras de água residual produzida durante o corte de diferentes materiais	8
Quadro 3.4 – Caracterização físico-química das amostras de água após sedimentação (água clarificada)	8
Quadro 3.5 – Caracterização físico-química sumária das amostras de água após tratamento por coagulação/floculação/sedimentação	13
Quadro 4.1 – Número de Hazen para diferentes condições de funcionamento	19

1 | Introdução

1.1 Objeto do estudo

O Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) pretende resolver o problema da acumulação de sedimentos no sistema de coletores a jusante da sala de corte de materiais do Departamento de Barragens de Betão (DBB). Para a sua resolução, o Setor de Construção e Conservação das Instalações (SCI) do Centro de Instrumentação Científica (CIC) do LNEC propôs a construção de uma caixa de sedimentação e o Conselho Diretivo solicitou ao Núcleo de Engenharia Sanitária (NES) do Departamento de Hidráulica e Ambiente (DHA) que colaborasse na conceção da solução.

Este relatório diz respeito ao estudo realizado pelo NES para a caracterização do problema e proposta de solução, a qual foi desenvolvida em estreita colaboração com o SCI e com o DBB.

1.2 Metodologia do trabalho

A metodologia do trabalho compreendeu a realização das seguintes atividades:

1. Vistoria da sala de corte do DBB por técnicos do NES, acompanhada por responsáveis e técnicos do CIC e do DBB, incluindo a demonstração do corte de um material e a abertura de câmaras de visita do sistema de drenagem exterior.
2. Recolha de dados de utilização da sala de corte do DBB e realização de ensaios laboratoriais para caracterização físico-química de amostras de água recolhidas durante o corte de materiais representativos.
3. Revisão bibliográfica e proposta de critérios de dimensionamento da câmara de sedimentação a construir.
4. Realização de uma reunião entre o NES e o SCI para discussão e afinação de alternativas de solução, tendo em conta os critérios de dimensionamento, características locais e aspetos construtivos e de manutenção do sistema de drenagem.
5. Realização de uma reunião entre o NES, o SCI e o DBB, para discussão e definição da solução integrada de reabilitação e manutenção do sistema de drenagem.
6. Redação do relatório final.

1.3 Estrutura do relatório

Após este capítulo introdutório, no Capítulo 2 | descrevem-se as principais observações da vistoria da sala de corte do DBB e do sistema de drenagem interior e exterior, e no Capítulo 3 | apresentam-se e discutem-se os resultados da caracterização físico-química das amostras de água resultantes do corte de materiais representativos. No Capítulo 4 | faz-se uma breve revisão bibliográfica, discutem-se os critérios de dimensionamento e os condicionalismos locais, e apresenta-se o dimensionamento da

câmara de sedimentação acordado entre o NES e o SCI. No Capítulo 5 | descreve-se a solução final acordada entre o DBB, o SCI e o NES, com ênfase para os aspetos de manutenção do sistema.

2 | Vistoria da sala de corte do DBB e do sistema de drenagem exterior

2.1 Sala de corte do DBB

A vistoria da sala de corte do DBB foi realizada na manhã de 22 de maio de 2020.

Por parte do NES, foi realizada pelo Eng.º Luís Mesquita David e pela Dr.ª Elsa Mesquita. Por parte do CIC, contou com o Eng.º João Viegas, o Eng.º António José Nunes, o Eng.º Manuel Moreira e o Assistente Técnico Daniel Silva. Pelo DBB, estiveram presentes o Eng.º Luís Lamas, o Eng.º José Muralha, o Técnico Superior Luís Fernandes Dias e o Assistente Técnico André Cordeiro.

Durante a visita, foi efetuada a demonstração do corte de um material (Figura 2.1), tendo sido recolhida uma amostra de água resultante desse procedimento para análise no laboratório do NES (UQTA – Unidade de qualidade e tratamento de água). O DBB ficou de fornecer ao NES mais 3 amostras de água provenientes do corte de materiais representativos.



Figura 2.1 – Demonstração de um corte de material durante a vistoria

Realizaram-se medições dos caudais de utilização normal das mangueiras das máquinas de corte n.º 1 e n.º 2 e da mangueira de lavagem do pavimento da sala. Os valores medidos foram os seguintes:

- Máquina 1: duas medições de 30 s cada, correspondentes a 5,6 L/min e 5,0 L/min.
- Máquina 2: duas medições de 30 s cada, ambas de 8,8 L/min.
- Mangueira de lavagem do pavimento: duas medições de 20 s cada, de 21 L/min e 18 L/min.

A água utilizada pelas máquinas de corte é encaminhada para uma caleira no pavimento da sala, a qual está munida de uns muretes transversais que permitem o represamento das partículas mais pesadas. A caleira tem 22,5 cm de largura e 15 cm de altura e os muretes transversais têm 7 cm de altura (Figura 2.2). De acordo com informações fornecidas pelo DBB, são retirados da caleira cerca de dois baldes (aproximadamente 25 dm³) de sedimentos por mês.



Figura 2.2 – Caleira no pavimento da sala de corte, munida de muretes para retenção de partículas

2.2 Sistema de drenagem exterior

A inspeção da rede de drenagem exterior mostrou que o sistema se encontra assoreado desde a câmara de visita à saída do edifício da sala de corte do DBB. A Figura 2.3 identifica quatro câmaras de visita que foram vistoriadas. A Figura 2.4 mostra fotografias da câmara de visita à saída do edifício (CV 1), a qual também recebe as águas das instalações sanitárias deste. Conforme se pode observar na fotografia do lado direito da Figura 2.4, a caixa está cheia de uma massa de sedimentos finos não compactados, com uma altura que fica acima do topo interior do coletor de saída.

O sistema de coletores é unitário a jusante, isto é, drena conjuntamente as águas residuais domésticas e as águas pluviais. A Figura 2.5 apresenta uma fotografia da câmara de visita localizada imediatamente a jusante (CV 2), onde se observa uma massa compacta de material depositado relativamente seco, com uma altura de aproximadamente 1 m.

A Figura 2.6 ilustra a câmara de visita CV 4, localizada junto ao edifício do Departamento de Transportes, com maior profundidade e onde já não se observa a acumulação de sedimentos de reduzida dimensão.

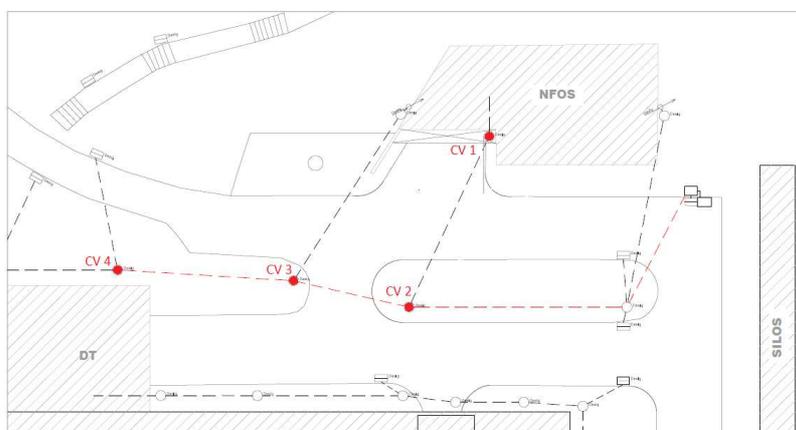


Figura 2.3 – Localização de quatro câmaras de visita exteriores vistoriadas



Figura 2.4 – Localização e pormenor dos sedimentos da câmara de visita à saída da sala de corte do DBB (CV 1)



Figura 2.5 – Câmara de visita a jusante (CV 2) com uma altura significativa de depósitos relativamente secos



Figura 2.6 – Câmara de visita mais a jusante (CV 4), junto ao edifício do Departamento de Transportes, onde já não se observa a acumulação de sedimentos de reduzida dimensão

3 | Caracterização físico-química e ensaio de sedimentabilidade da água residual resultante das operações de corte de materiais

3.1 Materiais e métodos

Para avaliar o tipo de água residual produzida na sala de corte do DBB, recolheram-se amostras de água durante a operação de corte de 4 materiais distintos identificados no Quadro 3.1. As amostragens foram efetuadas à saída da mangueira usada para o escoamento da água acumulada na mesa de corte. Recolheram-se amostras de 5 L em recipientes de polietileno. Estas foram transportadas para a UQTA – Unidade de Qualidade e Tratamento de Água do NES, onde foram armazenadas a 8 °C até serem analisadas ou submetidas a ensaios de sedimentação e de coagulação/floculação/sedimentação (C/F/S) com a adição de cloreto de ferro.

Quadro 3.1 – Identificação das amostras usadas no estudo

Identificação da Amostra	Material cortado	Data da colheita	Responsável pela colheita
1	Desconhecido (aparentemente, cimentício)	22/05/2020	NES
2	Calcário	26/05/2020	NMMR
3	Pavimento rodoviário	25/05/2020	NMMR
4	Cimentício	26/05/2020	NMMR

NMMR - Núcleo de Modelação e Mecânica das Rochas

A caracterização físico-química das amostras incluiu a determinação de turvação e sólidos suspensos totais (SST), parâmetros relacionados com o teor de partículas em suspensão na água, e a determinação de pH, condutividade elétrica e alcalinidade, para avaliar a agressividade ou o poder incrustante da água. Os métodos analíticos utilizados estão sintetizados no Quadro 3.2 e correspondem a métodos padrão de análise de águas e águas residuais (SMWWT, 2012).

Quadro 3.2 – Métodos analíticos para a caracterização físico-química sumária das amostras de água

Parâmetro	Método analítico, norma
Sólidos suspensos totais	Gravimetria, SMEWW 2540 D
Turvação	Nefelometria, SMEWW 2130 B
Alcalinidade total	Titulação potenciométrica, SMEWW 2320 B
pH	Potenciometria, SMEWW 4500-H+ B
Condutividade elétrica	Potenciometria, SMEWW 2510 B

SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd ed., 2012, published by APHA - American Public Health Association, AWWA - American Water Works Association and WEF – Water Environment Federation

A sedimentabilidade dos sólidos suspensos foi analisada recorrendo a ensaios em cone Imhoff. Para tal, colocou-se um litro de amostra bem homogeneizada num cone Imhoff e registou-se o volume de sólidos sedimentados ao longo do tempo de ensaio. No final destes ensaios e para avaliar o teor em sólidos suspensos não sedimentáveis, recolheu-se 500 mL de água clarificada, com o cuidado de não ressuspender os sólidos depositados, e determinou-se o seu teor em SST. Foi ainda estimada a densidade aparente dos sólidos sedimentáveis, por balanço de massas e considerando o volume ocupado pelos sólidos sedimentáveis, de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Densidade aparente (g/cm}^3\text{)} = \frac{(\text{SST}_1 - \text{SST}_2) \cdot V}{V_{\text{sed}}}$$

onde:

SST₁ é o teor em sólidos suspensos totais da amostra de água

SST₂ é o teor em sólidos suspensos totais da amostra de água clarificada

V é o volume de água usado no cone Imhoff,

V_{sed} é o volume ocupado pelos sólidos sedimentados.

A amostra 1 foi também submetida a um ensaio de C/F/S, com a adição cloreto de ferro (FeCl₃) como agente coagulante, para avaliar a vantagem da sua utilização deste processo na clarificação da água. Tratou-se de um ensaio exploratório, realizado em *jar-test*, com 4 concentrações distintas de FeCl₃, designadamente 5 mg/L, 10 mg/L, 20 mg/L e 40 mg/L. O coagulante foi adicionado, na forma de solução concentrada, a 800 mL da amostra 1. A mistura foi submetida a uma agitação de 150 rpm, durante 1 min. (etapa de coagulação), seguida de agitação a 30 rpm durante 20 min (etapa de floculação), terminando com um período de repouso (0 rpm) durante 30 min. (etapa de sedimentação). No fim do ensaio, foram recolhidas amostras da água clarificada para determinação dos parâmetros pH, condutividade elétrica e turvação.

3.2 Caracterização físico-química sumária da água residual

A caracterização físico-química das amostras de água provenientes do corte dos materiais utilizados neste estudo (Quadro 3.3) mostrou que, como seria de esperar, a qualidade da água residual produzida na sala de corte do DBB varia com o tipo de material cortado, embora todas as amostras de água apresentem turvações muito altas, na ordem de 1200 UNT. Embora não se tenha medido a turvação da amostra 1, com base na observação visual, pode inferir-se que a sua turvação seria da mesma ordem de grandeza da das restantes amostras. Estes valores revelam a presença de uma elevada concentração em partículas suspensas na água residual. De facto, os valores de SST variaram entre 4-6 g/L, representando teores 10-15 vezes superiores aos valores típicos de água residuais domésticas de carga média (Henze e Comeau, 2008).

Estimou-se a densidade aparente das partículas sedimentáveis (Quadro 3.3) e os resultados obtidos variaram entre 0,37 g/cm³ (amostra 1) e 0,60 g/cm³ (amostra 2). Os sólidos suspensos nas amostras 3 e 4 apresentaram densidades de valor intermédio, comparativamente às amostras 1 e 4, e idênticas entre si (0,46 g/cm³).

Quadro 3.3 – Caracterização físico-química sumária das amostras de água residual produzida durante o corte de diferentes materiais

Parâmetro (unidade)	Amostra / Material			
	1 desconhecido (tipo cimentício)	2 Calcário	3 Pavimento rodoviário	4 Cimento
Turvação (UNT)	n.d.	1202	1210	1223
SST (g/L)	5,63	5,44	3,92	4,18
Sólidos sedimentáveis (cm ³ /L)	15	9	8	9
Densidade aparente dos sólidos sedimentáveis (g/cm ³)	0,37	0,60	0,46	0,46
Alcalinidade total (mg/L CaCO ₃)	380	> 5000	2975	2788
pH	8,6	8,1	8,1	11
Condutividade elétrica (µS/cm a 25 °C)	205	238	244	607

n.d. – não determinado

Os resultados no Quadro 3.4 mostram que apenas uma fração ínfima dos sólidos suspensos (< 1 %) não é sedimentável. Assim, pode-se assumir que a quase totalidade dos sólidos suspensos nestas águas sedimentará contribuindo para a deposição de um volume de sólidos que varia entre 8 a 15 cm³ por cada litro de água resultante da operação de corte de materiais iguais ou com características idênticas aos usados neste estudo. A água sobrenadante ou água clarificada apresenta uma turvação de 20-30 UNT (ou superior, no caso da amostra 1) que, embora muito mais baixa do que a da amostra original, se deve à presença de 15 a 35 mg/L de sólidos suspensos (Quadro 3.4).

Quadro 3.4 – Caracterização físico-química das amostras de água após sedimentação (água clarificada)

Parâmetro (unidade)	Amostra / Material			
	1 desconhecido (tipo cimentício)	2 Calcário	3 Pavimento rodoviário	4 Cimento
Turvação (UNT)	> 33 ^a	33	19	20
SST (g/L)	0,035	0,023	0,015	0,015
SST água clarificada / SST (%)	0,6	0,4	0,4	0,4

^a medição não efetuada para a amostra 1; o valor apresentado tem por base a observação visual das amostras

A água resultante do corte das amostras dos materiais 1, 2 e 3 tem pH básico (pH > 7) e dentro da gama de valores normalmente detetados na água da rede de abastecimento do LNEC. A amostra 4 apresentou um valor de pH 11, indicando um elevado teor em material dissolvido com carácter alcalino proveniente do material cortado (possivelmente, carbonatos). Os valores de alcalinidade registados diferiram entre as amostras e foram muito elevados, em particular nas amostras resultantes do corte de calcário (> 5000 mg/L CaCO₃), pavimento rodoviário (2975 mg/L CaCO₃) e cimento (2788 mg/L CaCO₃), correspondendo a teores 7 a 12 vezes superiores aos encontrados em águas residuais domésticas (resultados ainda não publicados do projeto LIFE IMPETUS). Estes valores de

alcalinidade e pH sugerem a presença de iões carbonatos, bicarbonatos, silicatos, boratos, provenientes dos materiais; portanto, estas águas terão potencial para formação de incrustações nos coletores.

3.3 Ensaios de sedimentabilidade em cone Imhoff

Foram efetuados ensaios com as quatro amostras de água para conhecer a sedimentabilidade dos sólidos presentes (Figura 3.1). Para efeitos de dimensionamento da câmara de sedimentação do presente trabalho, a velocidade de queda de projeto pode ser estabelecida com base nos resultados obtidos pelo ensaio em cone Imhoff, embora uma medição rigorosa da velocidade de queda exigisse procedimentos e equipamentos mais complexos (Aiguier et al., 1996; USEPA, 2002; Hibino et al., 2014).

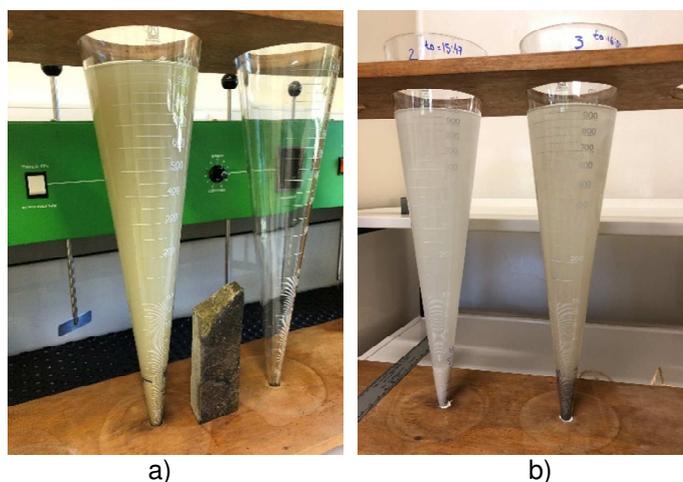


Figura 3.1 – Ilustração dos ensaios em cone Imhoff: a) amostra 1 aos 10 minutos e exemplar do material cortado; b) amostras 2 e 3 no final dos ensaios

Os resultados destes ensaios estão ilustrados na Figura 3.3, onde se apresenta, para as 4 amostras, a variação no tempo do volume de sedimentos acumulados no fundo do cone Imhoff (gráficos da esquerda). O perfil da curva referente à amostra 1 é claramente distinto do das amostras 2, 3 e 4. Nestas, ao fim de 8 a 10 minutos, a maioria dos sólidos sedimentáveis tinha-se depositado e, a partir de determinado instante, embora ainda fosse visível a queda de partículas no cone de água, registou-se uma redução do volume de sólidos depositados, resultante da compactação dos sedimentos. As águas ficaram clarificadas (Figura 3.2) embora ainda com alguma turvação (Quadro 3.4).

No caso da amostra 1, aparentemente, não terá ocorrido compactação dos sólidos sedimentados. O perfil de sedimentação desta amostra evidencia a existência de uma primeira fase, até aos 10 minutos de ensaio, durante a qual sedimentaram as partículas com velocidade de sedimentação mais rápida, correspondentes a 80 % dos sólidos sedimentáveis, seguida de uma fase mais lenta, até aos 60 minutos de ensaio, durante a qual terão sedimentado os restantes sólidos sedimentáveis (ca. 99% dos SST). Esta água não ficou tão clarificada como a das restantes amostras, nem ao fim de 3 dias. A fração de sólidos que permaneceram em suspensão (1 %) representa 35 mg/L e conferiu bastante turvação à água (Quadro 3.4).

Resta salientar que, no final dos ensaios, se observaram partículas agarradas às paredes do cone, fenómeno que evidencia as características incrustantes destas águas.



Figura 3.2 – Aspeto da água resultante do corte dos materiais 2 e 3 (frascos grandes) e respetivos clarificados (água após sedimentação dos sólidos suspensos)

Os resultados dos ensaios de sedimentabilidade foram tratados de forma a determinar uma medida indicativa da velocidade de sedimentação em função da quantidade de sedimentos depositados (Figura 3.3, gráficos da direita).

A medida indicativa da velocidade de sedimentação foi dada pela divisão de $2/3$ da altura de água no cone pelo tempo passado no instante de medição do volume de sedimentos ($2/3.H/\text{tempo}$). A adoção de uma altura de sedimentação igual a $2/3$ da altura de água no cone (i.e., do centro de gravidade) corresponde a um valor médio aproximado. As partículas sedimentadas nos segundos iniciais correspondem às partículas com maior velocidade de queda localizadas na base do cone e as últimas partículas a sedimentar serão aquelas com menor velocidade de queda, que atravessam a totalidade da altura de água do cone. Em cada um dos ensaios utilizou-se 1 L de amostra, que corresponde a 38 cm de altura de água no cone (H), ou seja $2/3.H = 25,3$ cm.

Os gráficos da direita da Figura 3.3 apresentam o volume acumulado de sedimentos no eixo das abcissas, em termos de valor medido (eixo principal) e em percentagem relativamente ao volume máximo medido (eixo secundário). Para o período de tempo com volumes crescentes (sem evidência da compactação nos registos) ajustou-se uma regressão de potência com coeficiente de determinação superior a 0,98 para todas as amostras, exceto a primeira. Para a primeira amostra, o coeficiente de determinação é de 0,97 se a regressão de potência não incluir a primeira leitura (de 5 cm³ aos 5 minutos), isto é, se for aplicada às partículas com menor velocidade de queda.

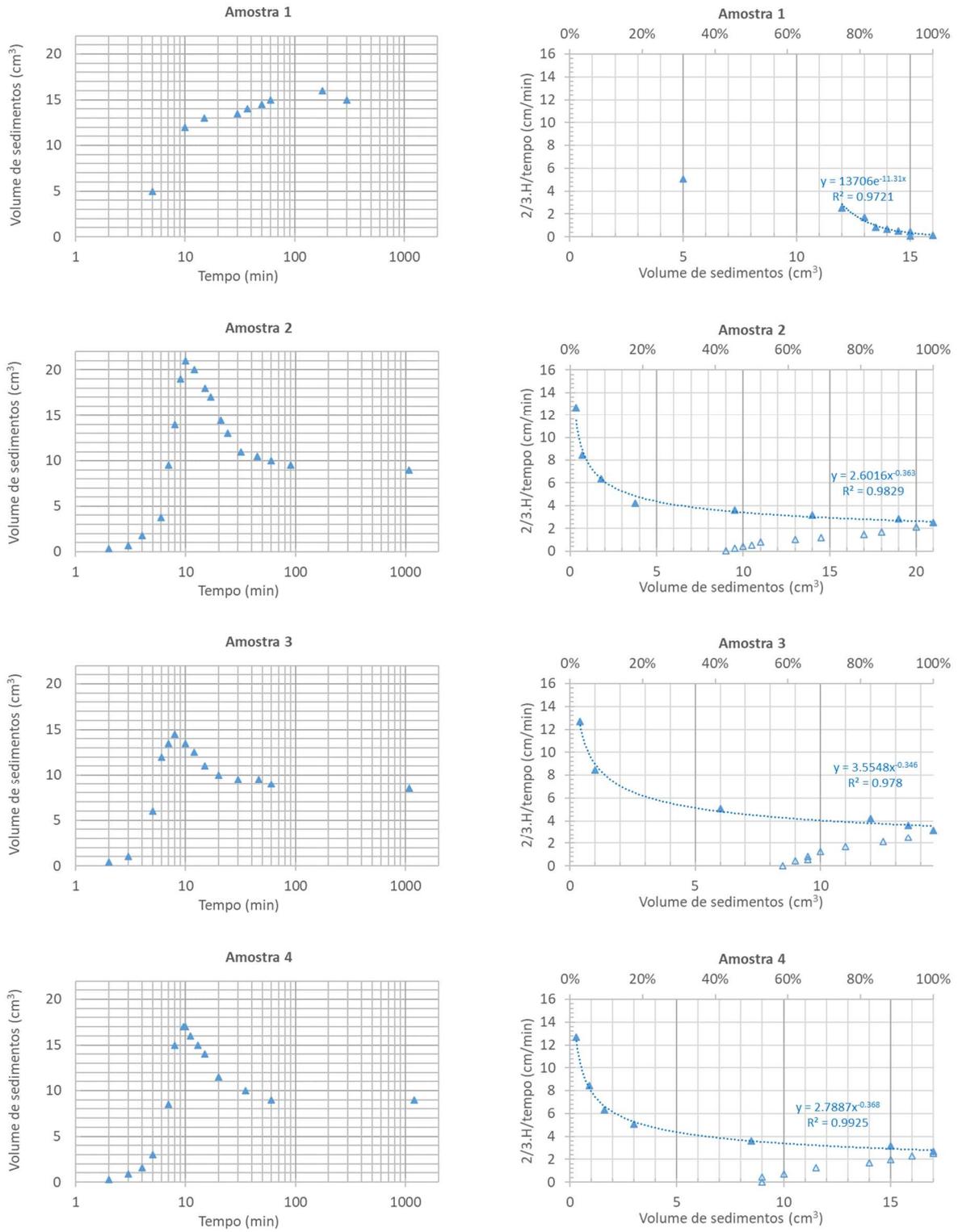


Figura 3.3 – Resultados dos ensaios de sedimentabilidade em cone Imhoff

3.4 Ensaio exploratório de coagulação/floculação/sedimentação com cloreto de ferro

Para averiguar as vantagens da aplicação de um processo de coagulação/floculação/sedimentação (C/F/S) como opção de tratamento local da água residual proveniente da sala de corte, realizou-se um ensaio laboratorial exploratório com a amostra 1. Este ensaio foi realizado só com a amostra 1 por esta ter apresentado os piores resultados de sedimentabilidade nos ensaios em cone Imhoff (3.3), i.e., por ter partículas suspensas com velocidade de queda mais baixas e por a água sobrenadante ter turbações mais elevadas do que as das restantes amostras.

A Figura 3.4 ilustra a etapa de coagulação/floculação após a adição de quatro concentrações de agente coagulante (5 mg/L, 10 mg/L, 20 mg/L e 40 mg/L FeCl_3) à água em teste. A adição de cloreto de ferro à água, seguida de agitação, promoveu a agregação das partículas suspensas tendo sido visível a formação de flocos. Os flocos de maior dimensão sedimentaram rapidamente, mesmo durante a etapa de agitação lenta. No fim do ensaio, e após 30 minutos de repouso, o sobrenadante apresentava-se bastante clarificado (Figura 3.5), com valores de turvação inferiores aos da água clarificada sem a adição de coagulante (Quadro 3.1). A água clarificada por este processo apresentou turvações mais baixas para concentrações crescentes de cloreto férrico. Observou-se também um aumento da condutividade e diminuição do pH com o aumento da concentração de coagulante (Quadro 3.5).



Figura 3.4 – Etapa de coagulação/floculação com diferentes concentrações de cloreto férrico (5 mg/L a 40 mg/L FeCl_3)



Figura 3.5 – Água clarificada após coagulação/floculação/sedimentação com diferentes concentrações de cloreto férrico (5 mg/L a 40 mg/L FeCl_3)

Quadro 3.5 – Caracterização físico-química sumária das amostras de água após tratamento por coagulação/floculação/sedimentação

Conc.de coagulante (mg/L FeCl ₃)	Água clarificada		
	pH	Condutividade elétrica (μS/cm)	Turvação (UNT)
0	8,6	205	> 33
5	7,81	253	23
10	7,24	280	12
20	7,20	327	6,8
40	6,92	439	3,8

Estes resultados mostram que a coagulação/floculação com cloreto férrico seria eficaz como tratamento local da água produzida na sala de corte, em particular para águas contendo partículas de sedimentação lenta. Porém, das quatro amostras usadas neste estudo, apenas uma é que apresentou esse comportamento. Assumindo que a maior parte dos materiais cortados na sala de corte terá características próximas dos usadas na preparação das amostras 2, 3 e 4 (calcário, pavimento rodoviário, material cimentício), a água resultante do seu corte terá partículas com sedimentação rápida, pelo que o recurso à C/F/S para controlar a deposição de sedimentos nos coletores a jusante não será vantajosa em termos de custo-benefício.

3.5 Conclusões

A caracterização físico-química das amostras de água provenientes do corte dos materiais utilizados neste estudo mostrou que a qualidade da água residual produzida na sala de corte do DBB depende do tipo de material cortado.

De facto, os valores de SST variaram entre 4-6 g/L, representando teores 10-15 vezes superiores aos valores típicos de água residuais domésticas de carga média (Henze e Comeau, 2008). Destes a grande maioria é sedimentável ao fim de 10-60 min, o que justifica a colmatção dos coletores a jusante da sala de corte do DBB.

Os resultados laboratoriais sugerem que a água resultante da operação de corte de materiais iguais ou com características idênticas aos usados neste estudo será responsável pela acumulação de um volume de sólidos de 8-15 cm³ por litro de água. A água sobrenadante, embora apresente uma turvação muito mais baixa que a original, ainda detém um teor em sólidos suspensos na ordem de 15-35 mg/L. No entanto, esta fração de sólidos não será problemática em termos de colmatção de coletores pois deverá ser arrastada pelo escoamento.

O ensaio exploratório de coagulação/floculação/sedimentação com cloreto férrico mostrou-se eficaz como tratamento local da água produzida na sala de corte, em particular para águas contendo partículas de sedimentação lenta. Porém, assumindo que a água residual produzida com o corte de materiais terá maioritariamente partículas suspensas com sedimentação rápida, o recurso a este processo para controlar a deposição de sedimentos nos coletores a jusante não será vantajoso em termos de custo-benefício.

4 | Dimensionamento da câmara de sedimentação

4.1 Revisão bibliográfica

Em linha com o proposto pelo Setor de Construção e Conservação das Instalações (SCI) do LNEC, pretende-se construir uma pequena câmara de sedimentação para capturar as partículas críticas que assoreiam o sistema de drenagem a jusante da sala de corte do DBB.

A câmara deverá ser construída no exterior do edifício, sob o passeio, e deverá ser económica e exigir poucos cuidados de manutenção. As rotinas de inspeção e remoção dos depósitos do fundo da câmara deverão ser fáceis de executar e não deverão ser necessárias em intervalos inferiores a 6 meses.

Na revisão bibliográfica não se encontraram descrições de estruturas de sedimentação do tipo enterrado de dimensão tão pequena como a que se pretende construir. As estruturas da bibliografia estão geralmente associadas à remoção de areias de sistemas de águas pluviais ou ao tratamento de águas residuais em estações de tratamento de águas residuais (ETAR), sendo dimensionadas para caudais significativamente superiores. Estas estruturas exigem geralmente uma manutenção diária e muitas estão munidas com equipamentos de remoção automática dos sedimentos, o que está fora do âmbito do presente trabalho.

A Figura 4.1 representa o perfil longitudinal de um tanque de sedimentação primária de planta retangular típica em ETAR. A Figura 4.2 representa um desarenador para águas que contenham materiais em suspensão, como argila, areia ou cascalho fino. Na bibliografia é comum encontrarem-se referências a dimensões mínimas de comprimento (L), largura (B) e altura do tanque (H), e a relações entre estas medidas, que, no entanto, se afastam bastante da escala da estrutura a construir. Nos desarenadores em ETAR, o tempo de retenção não deve ser demasiado elevado nem a velocidade de escoamento demasiado baixa, para que não sedimente matéria orgânica particulada com os SST inertes (areias e equivalentes). Esses SST orgânicos devem sedimentar na decantação primária, a jusante. Como as águas residuais da sala de corte não contêm matéria orgânica, estes cuidados não se aplicam à estrutura a construir.

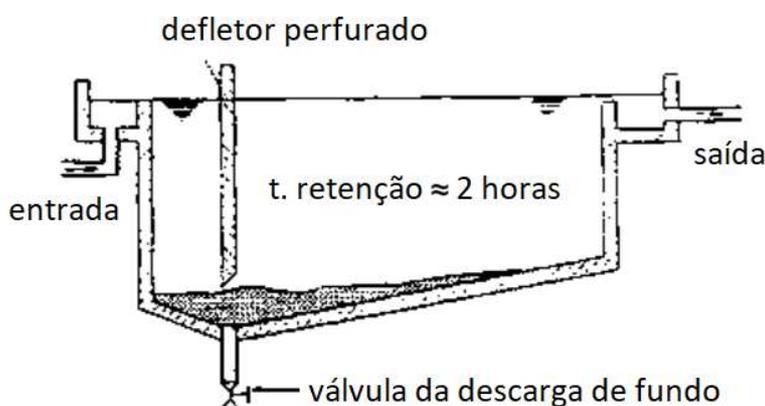


Figura 4.1 – Tanque de sedimentação de águas residuais (adaptado de WHO, 1996)

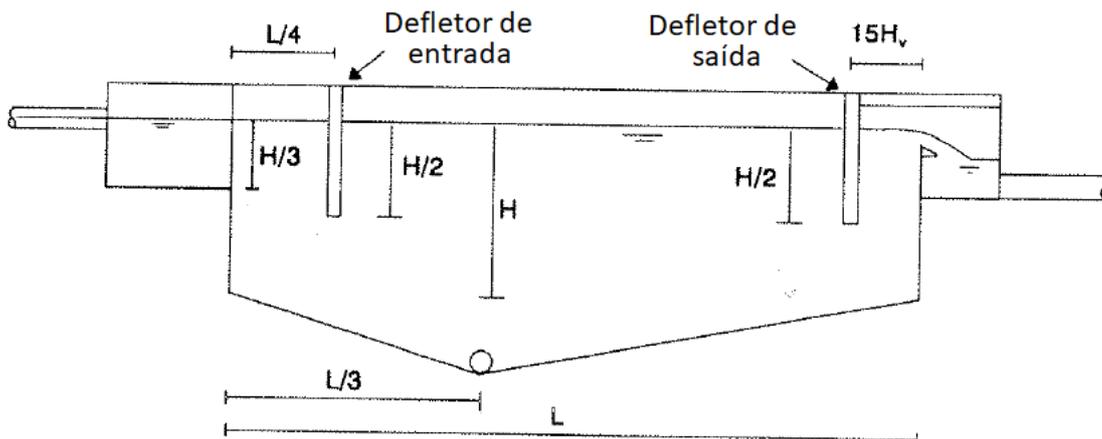


Figura 4.2 – Desarenador de água com material em suspensão (adaptado de Cualla, 1995)

O dimensionamento de órgãos de sedimentação de partículas discretas utiliza geralmente a teoria de Hazen e Stokes, que considera que a velocidade de queda de uma partícula (V_s) é:

- diretamente proporcional ao quadrado do diâmetro da partícula;
- diretamente proporcional à diferença de pesos específicos entre a partícula e a água;
- inversamente proporcional à viscosidade cinemática do fluido.

Neste trabalho, a velocidade de queda das partículas foi caracterizada com base no método expedito descrito no Capítulo 3 |, pelo que não se vai recorrer ao conceito do diâmetro das partículas. Para uma descrição mais detalhada da teoria da sedimentação, consulte-se, por exemplo, Cualla (1995, p. 156) ou Hendricks (2011, p. 95).

Considerando um tanque retangular com comprimento L , largura B e altura H , a área superficial é dada por $A_s = L \cdot B$. Para um caudal de projeto Q , a velocidade vertical do escoamento, também designada por carga hidráulica, é dada por $V_0 = Q/A_s$.

Considerando que o escoamento se distribui uniformemente através da secção transversal $A_t = B \cdot H$, que a água flui com velocidade uniforme ao longo de todo o tanque e que todas as partículas que tocam no fundo do tanque serão removidas (isto é, que não são ressuspensas), em teoria, todas as partículas com velocidade de queda (V_s) igual ou superior à carga hidráulica (V_0) sedimentarão no tanque. As partículas com velocidade de queda inferior a V_0 serão removidas dependendo do nível de entrada no tanque (Cualla, 1995, p. 156).

Na prática, o escoamento no tanque afasta-se da situação ideal, dado que:

- o escoamento não é homogéneo devido a vórtices e zonas mortas, pelo que a velocidade não é uniforme ao longo da secção vertical;
- há recirculação em algumas regiões do tanque, reduzindo o volume útil de sedimentação;
- parte das partículas depositadas no fundo pode ser ressuspensa pelo escoamento;

- particularmente nos tanques de grandes dimensões, o processo de transporte de partículas no escoamento também é perturbado pela circulação e turbulência do escoamento causadas por diferenças de temperatura e de densidade da água.

Assim, na prática, nem todas as partículas com $V_s \geq V_0$ sedimentarão no tanque, mas algumas partículas com $V_s < V_0$ também irão sedimentar no tanque. Na literatura sobre estações de tratamento de águas residuais, encontram-se algumas referências quanto à eficiência da remoção de partículas, geralmente em função do designado número de Hazen, dado por V_s/V_0 .

Segundo Cualla (1995, p. 160), em tanques sem defletores, a eficiência é de 50 % para $V_s/V_0 \approx 1$, é de 70 % para $V_s/V_0 \approx 2,3$, de 80 % para $V_s/V_0 \approx 4$ e de 87 % para $V_s/V_0 \approx 7$. Para tanques munidos com vários defletores a funcionar bem, a eficiência pode chegar aos 87 % para valores de V_s/V_0 da ordem de 2,5. Estes valores são aqui referidos a título exemplificativo, já que se tratam de sistemas de tratamento de outro tipo de águas e com dimensões muito superiores às do tanque a dimensionar.

Os tempos de retenção recomendados variam significativamente com a tipologia e os objetivos dos sistemas de sedimentação. No caso do tratamento primário de descargas de águas pluviais, geralmente associado à captura das partículas grosseiras de grandes caudais, os tempos de retenção variam geralmente entre 10 e 30 minutos. No entanto, no caso de tanques de sedimentação primária de estações de águas residuais, Metcalf & Eddy (1991) referem variações geralmente entre 90 e 150 minutos. Para o dimensionamento de desaneradores, Cualla (1995) indica uma gama que vai dos 30 minutos e 4 horas.

4.2 Aspetos específicos e pormenores da câmara de sedimentação a construir

No presente trabalho, pelos reduzidos volumes de água a tratar e de sedimentos, não se justifica, nem faria sentido, colocar uma descarga de fundo da câmara de sedimentação para remoção dos sedimentos, conforme representado na Figura 4.1 e na Figura 4.2.

No que respeita ao órgão de entrada, na Figura 4.1 e na Figura 4.2 tem-se uma caleira que distribui o caudal afluyente por toda a largura do tanque. No entanto, essa solução obrigaria a uma manutenção regular para remoção dos sedimentos, tanto na caleira como nos coletores a montante, que ficariam permanentemente em carga. No presente trabalho, importa evitar a deposição de sedimentos no coletor a montante da caixa de sedimentação, por forma a não dificultar o escoamento da caleira da sala de corte. Assim, o coletor a montante deverá ter alguma inclinação (uns 2 % para evitar a sedimentação) e terminar a uma cota ligeiramente superior à da altura de água no tanque de sedimentação.

Além disso, o coletor a montante deverá ser facilmente acessível para trabalhos de inspeção e limpeza regulares. Se a câmara de visita a montante tiver uma grade na tampa, deverá evitar-se a afluência de águas pluviais de outras áreas do pavimento ou da cobertura do edifício, para não aumentar os caudais afluentes à estrutura de sedimentação. Na limpeza do coletor, não se devem utilizar jatos de água com caudais superiores ao da mangueira de lavagem do pavimento da sala de corte (20 L/min, que será o

caudal de dimensionamento da estrutura de sedimentação). A lavagem do coletor não deverá ser efetuada em simultâneo com a lavagem do pavimento, nem nenhuma destas lavagens deve ser efetuada durante a utilização das mangueiras das máquinas.

Quanto mais extenso e fundo for o coletor entre a sala de corte do DBB e o tanque de sedimentação, maior terá de ser a profundidade do tanque de sedimentação e do descarregador de descarga deste. Assim, importa localizar o tanque de sedimentação o mais próximo possível da caleira do pavimento da sala de corte do DBB e evitar curvas no coletor que os liga (que favorecem a sedimentação).

Dado que o sistema de coletores a jusante é unitário, podendo receber caudais pluviais elevados, importa assegurar que a subida da altura de água nesses coletores não provoca a entrada de água por jusante no tanque de sedimentação.

Tal como na Figura 4.1 e na Figura 4.2, importa colocar um defletor a jusante da entrada de água no tanque, para reduzir a propagação das perturbações no tanque e para melhorar a distribuição do caudal na seção transversal do tanque. Estando-se perante caudais muito inferiores aos tratados na bibliografia, admite-se que o defletor esteja mais próximo da entrada do que o indicado na Figura 4.2.

O defletor junto à descarga de saída só deverá ser colocado se for amovível, para maior facilidade das operações de manutenção. Ambos os defletores deverão estar munidos de uma pega e poder deslocar-se dentro de uma calha, para a sua remoção durante as operações de limpeza.

Importa igualmente reduzir condições de turbulência e caudais instantâneos elevados junto ao fundo do tanque, para evitar a ressuspensão dos sedimentos depositados. Na bibliografia consultada, a altura dos tanques de sedimentação (H) varia significativamente, sendo geralmente superior a 2 m. Cualla (1995) especifica 1,5 m para a profundidade mínima e 4,5 m para a máxima. No presente caso, uma profundidade de 1,5 m abaixo do descarregador de descarga iria levar a uma escavação aparentemente excessiva para o caudal em causa, com implicações também nos trabalhos de remoção de sedimentos, que terão de ser feitos com alguma regularidade. Conforme se justificará adiante, decidiu-se por um valor de $H = 1,0$ m.

Finalmente, convirá instalar uma caixa de sifonagem a jusante, para evitar que os cheiros do sistema de drenagem unitário passem para a sala de corte ou para as caixas com tampa de grade.

4.3 Dimensionamento da câmara de sedimentação acordado entre o NES e o SCI

A reunião entre o NES e o SCI para discussão dos critérios de dimensionamento da câmara de sedimentação, sua localização e aspetos de construção e de manutenção teve lugar a 2 de julho de 2020. Pelo NES esteve presente o Eng.º Luís Mesquita David e pelo SCI o Eng.º António José Nunes e o Eng.º Manuel Moreira.

Os resultados apresentados no Capítulo 3 | indicam que a maior parte das partículas das amostras 2, 3 e 4 têm velocidade de queda superior a 2 cm/min. No entanto, o mesmo não acontece com a amostra 1, em que a velocidade de 2 cm/min só corresponde a 75 % do volume sedimentado e a

velocidade de 1 cm/min a 85 % do volume. Conforme referido anteriormente, estas velocidades foram estimadas de uma forma expedita, considerando a média da distância percorrida pelas partículas no cone Imhoff ($2/3$ de H) e desprezando os efeitos de assentamento/compactação dos sedimentos no fundo do cone.

Assim, entendeu-se que o valor da velocidade de queda de dimensionamento da câmara de sedimentação deverá ser de 2 cm/min, sendo desejável que seja inferior, da ordem de 1 cm/min, se as condições locais o permitirem.

No presente caso, se se mantiverem os muretes na caleira do pavimento da sala de corte (Figura 2.2) e se se prosseguir com a recolha manual dos sedimentos aí retidos, a câmara de sedimentação terá como principal função a captura de sedimentos de menor dimensão. Esta função mais complementar da retenção de sedimentos reforça o interesse em considerar uma velocidade de queda de dimensionamento da ordem de 1 cm/min, associada a maiores tempos de retenção e a maiores cuidados para evitar a ressuspensão dos sedimentos já depositados.

Tendo em consideração todos os fatores anteriormente descritos, foi proposta a geometria do tanque que se apresenta na Figura 4.3.

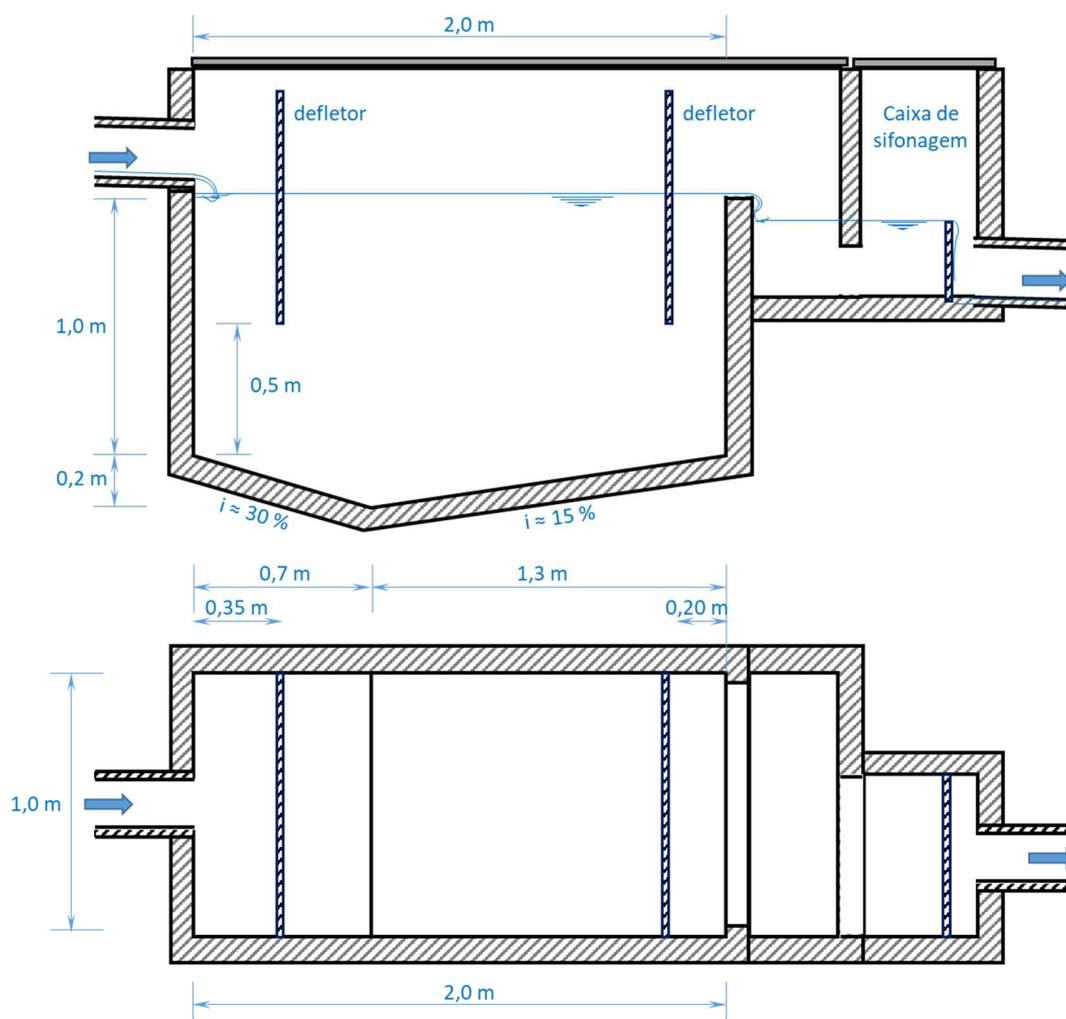


Figura 4.3 – Câmara de sedimentação a construir

A câmara de sedimentação proposta tem: $L = 2,0 \text{ m}$; $B = 1,0 \text{ m}$; $H = 1,0 \text{ m}$, de onde resulta $A_s = 2,0 \text{ m}^2$ e $A_t = 1,0 \text{ m}^2$. Esta câmara terá uma capacidade de retenção de sedimentos da ordem de 200 dm^3 ($0,5 \times 0,20 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$).

Como se ilustra na Figura 4.4, para o caudal de projeto, $Q = 20 \text{ L/min}$, a carga hidráulica é de $V_0 = 1,0 \text{ cm/min}$, igual à velocidade de queda desejável ($V_s = 1,0 \text{ cm/min}$) ou a metade da velocidade de queda a que sedimentou a maioria dos SST das amostras 2, 3 e 4, $V_s = 2,0 \text{ cm/min}$. O tempo de retenção hidráulico médio (t_{ret}) para o caudal de projeto é de 100 minutos. A escolha de uma altura mínima de $1,0 \text{ m}$ (H) assegura que a velocidade transversal do escoamento (V_t) não excede 2 cm/min .

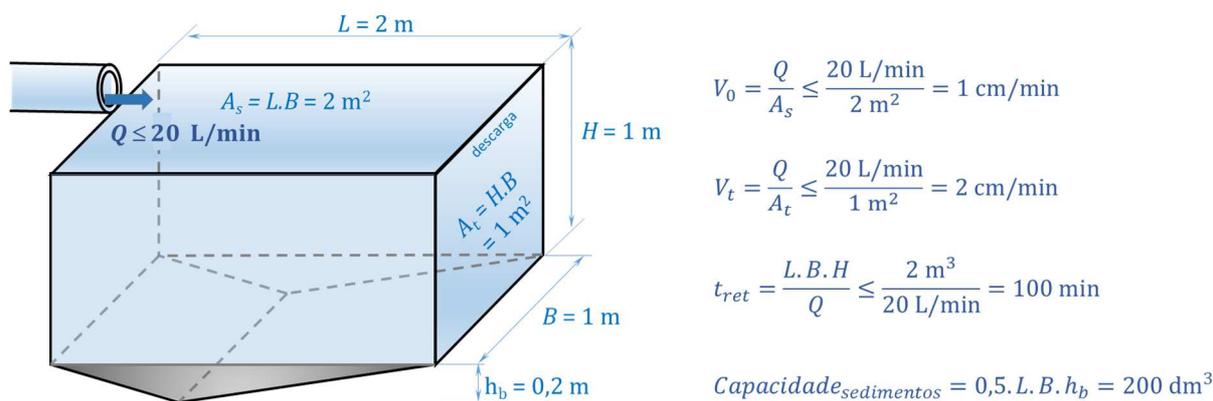


Figura 4.4 – Ilustração dos critérios de dimensionamento da câmara de sedimentação a construir

O Quadro 4.1 indica o número de Hazen (V_s/V_0) calculado considerando o caudal da máquina 1, da máquina 2, das máquinas 1 e 2 em simultâneo e da lavagem do pavimento, para as velocidades de queda (V_s) de $2,0 \text{ cm/min}$ (amostras 2, 3 e 4) e $1,0 \text{ cm/min}$ (amostra 1).

Quadro 4.1 – Número de Hazen para diferentes condições de funcionamento

N.º de Hazen = V_s/V_0	Máq. 1 Q = 5,5 L/min	Máq. 2 Q = 9,0 L/min	Máq. 1 + Máq. 2 Q = 14,5 L/min	Lavagem do pavimento Q = 20,0 L/min
para $V_s = 2,0 \text{ cm/min}$ (amostras 2, 3 e 4)	7,3	4,4	2,8	2,0
para $V_s = 1,0 \text{ cm/min}$ (amostra 1)	3,6	2,2	1,4	1,0

Os resultados do Quadro 4.1 mostram que, para o corte de materiais idênticos às amostras 2, 3 e 4 ($V_s > 2,0 \text{ cm/min}$), a estrutura de sedimentação deverá ter uma eficiência bastante aceitável.

A eficiência é bastante mais reduzida para as partículas mais finas da primeira amostra analisada ($V_s < 1,0 \text{ cm/min}$). Durante a lavagem dos pavimentos, também aumenta o risco dessas partículas entrarem em ressuspensão e serem transportadas para os coletores a jusante. No entanto, admite-se

que essas partículas mais finas serão facilmente arrastadas nos coletores pelos caudais pluviais afluentes a jusante, não se justificando aumentar a dimensão da estrutura de sedimentação. O coletor de ligação à rede de drenagem a jusante deverá ter uma inclinação não inferior a 2 %.

A Figura 4.5 mostra a localização prevista para a câmara de sedimentação e a ligação à rede de drenagem existente.

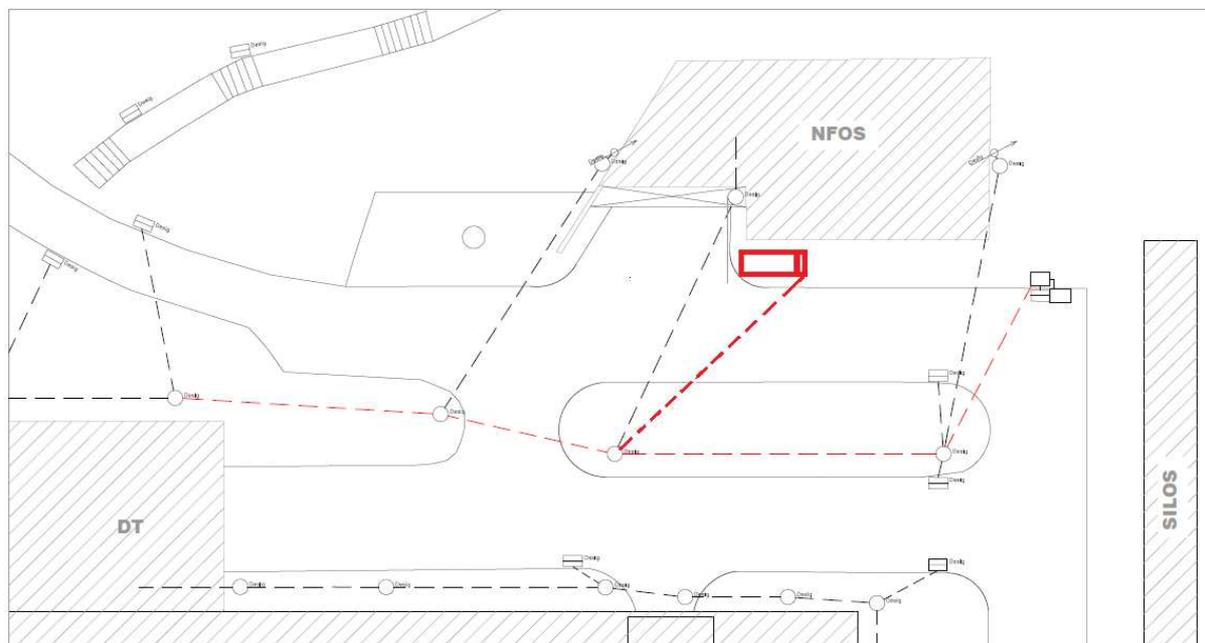


Figura 4.5 – Localização da câmara de sedimentação a construir e ligação à rede de drenagem existente

5 | Recomendação de boas práticas de utilização da sala de corte e de manutenção do sistema de drenagem a jusante decorrentes dos critérios de dimensionamento considerados

5.1 Regras de utilização da sala de corte

A câmara de sedimentação proposta no capítulo anterior foi discutida numa reunião entre o DBB, o SCI e o NES, que teve lugar a 24 de setembro de 2020. Pelo DBB estiveram presentes: o Eng.º Luís Lamas, o Eng.º José Muralha e o Técnico Superior Luís Fernandes Dias. Pelo CIC e pelo SCI, participaram o Eng.º João Viegas, o Eng.º António José Nunes e o Eng.º Manuel Moreira e, pelo NES, o Eng.º Luís Mesquita David.

Nesta reunião discutiram-se os critérios de dimensionamento da câmara de sedimentação, face à simultaneidade de utilização de água na sala de corte e face às necessidades de manutenção do sistema de drenagem.

Conforme acordado na reunião, a câmara de sedimentação foi dimensionada para um caudal de 20 L/min, dispondo de alguma folga.

Tendo em consideração os caudais medidos para a utilização normal das mangueiras (da ordem de 5,5 L/min para a máquina 1, 9,0 L/min para a máquina 2 e 20 L/min para a lavagem do pavimento), definiram-se as seguintes regras de boas práticas na utilização da sala de corte:

- Não deverá ser utilizada em simultâneo mais do que uma mangueira para lavagem do pavimento, da caleira do pavimento ou do coletor a jusante; mesmo que não haja corte de materiais, o aumento do caudal poderá levar à ressuspensão e mobilização de sedimentos depositados no fundo da câmara de sedimentação.
- Deverá evitar-se a utilização da mangueira da lavagem do pavimento em simultâneo com as mangueiras das máquinas de corte.
- Deverá evitar-se a utilização simultânea de três máquinas de corte; esta recomendação é tanto mais importante quanto maior for o caudal da máquina de corte 3, que se desconhece.

5.2 Manutenção corrente e periódica do sistema de drenagem

De acordo com a geometria apresentada na Figura 4.3 e acordada na reunião de setembro de 2020, o fundo da câmara de sedimentação tem uma capacidade de retenção de sedimentos da ordem de 200 dm³.

O aumento da altura de sedimentos na câmara de sedimentação agrava as condições para ressuspensão dos sedimentos previamente depositados no fundo da câmara e a consequente mobilização para o coletor a jusante.

De acordo com informações fornecidas pelo DBB, são retirados da caleira do pavimento da sala de corte cerca de dois baldes de sedimentos por mês, correspondentes a uma estimativa de 25 dm³ de sedimentos. É natural que exista uma fração de sedimentos mais finos que não é retida na caleira, pelo que a acumulação mensal de sedimentos deverá ser superior. Assim, se não houvesse muretes na caleira de pavimento e se não houvesse a recolha dos sedimentos a balde na sala de corte, a câmara de sedimentação teria uma capacidade de retenção de sedimentos da ordem de 6 meses.

Na reunião foram tomadas as seguintes decisões relativamente à manutenção corrente e periódica do sistema de drenagem:

Manutenção corrente da sala de corte:

É da responsabilidade de quem utiliza os equipamentos da sala de corte de materiais:

- a remoção dos sedimentos dos muretes da caleira do pavimento (ver Figura 2.2);
- efetuar o registo da atividade realizada com informação acerca dos materiais cortados e dos equipamentos utilizados, em modelo a fornecer pelo DBB.

Manutenção do coletor até à câmara de sedimentação:

- É da responsabilidade do DBB a inspeção bimestral das câmaras de visita entre a sala de corte e a câmara de sedimentação; se desta inspeção se revelar necessário, o Técnico deverá proceder à limpeza dos sedimentos acumulados nos coletores.
- A lavagem dos coletores não deve ser feita em simultâneo com outras lavagens, nomeadamente do pavimento da sala de corte.
- A periodicidade desta manutenção deverá ser ajustada à experiência adquirida e à utilização dos equipamentos de corte.

Manutenção programada da câmara de sedimentação:

- É da responsabilidade do DBB, em contacto com o SCI, a inspeção semestral da câmara de sedimentação e a eventual remoção de sedimentos do fundo.
- Esta atividade deverá consistir em:
 - Abrir as tampas da câmara de sedimentação e da caixa de sifonagem a jusante.
 - Verificar a altura de sedimentos acumulada no fundo da câmara em diferentes locais da câmara de sedimentação, dado que a acumulação de sedimentos pode não ser uniforme, procurando não agitar a água na câmara de sedimentação para evitar a ressuspensão dos sedimentos.
 - Em função da altura de sedimentos encontrada, decidir se é necessário proceder à remoção dos sedimentos ou se essa atividade pode aguardar pela próxima inspeção programada. A altura de sedimentos deverá deixar cerca de 1 m livre entre os sedimentos e a cota de descarga da câmara de sedimentação.
 - Se for necessário efetuar a remoção dos sedimentos, importa:
 - Começar por retirar a água superficial com auxílio de uma bomba hidráulica. A água retirada nunca deve ser descarregada para o sistema de coletores a

jusante, para evitar a transferência de sedimentos, nem para o pavimento exterior, sendo desejável que seja encaminhada para um canteiro, o qual deverá ter a subsequente manutenção adequada ao seu uso, a articular com o responsável da jardinagem.

- Retirar os defletores amovíveis da câmara de sedimentação, para facilitar o trabalho manual de limpeza no seu interior.
- Remover os sedimentos depositados no fundo da câmara com o auxílio de uma pá.
- Voltar a colocar os defletores amovíveis.
- Verificar se há acumulação de sedimentos a jusante do descarregador da câmara de sedimentação e na caixa de sifonagem a jusante. Se houver:
 - Remover os sedimentos com ajuda de uma pá, tendo o cuidado de não os encaminhar para o coletor a jusante. Previamente, poderá ser conveniente retirar a água superficial com auxílio de uma bomba hidráulica, encaminhando a água para um canteiro.
- Fechar as tampas da câmara de sedimentação e da caixa de sifonagem a jusante.
- Para controlo da eficácia do sistema, abrir a tampa da câmara de visita a jusante e inspecionar se há sedimentos depositados no fundo.
- A periodicidade desta manutenção deverá ser ajustada à experiência adquirida e à utilização dos equipamentos de corte.
- O DBB efetuará o registo das atividades de manutenção periódica, em modelo a elaborar pelo DBB.

Registo das atividades:

- Os registos de utilização da sala e de manutenção do sistema de coletores e da câmara de sedimentação deverão incluir a data de cada utilização ou inspeção, o resultado da inspeção, uma descrição das atividades executadas, nomeadamente remoção de sedimentos, anotações complementares e a programação da próxima inspeção.

Lisboa, LNEC, outubro de 2020

VISTOS

AUTORIA



Luís Mesquita David
Investigador Auxiliar

A Chefe do Núcleo de Engenharia Sanitária



Maria João Rosa

Elsa Mesquita
Bolsista de Pós-Doutoramento

A Diretora do Departamento de Hidráulica e
Ambiente



Helena Alegre

Referências

- AIGUIER E.; CHEBBO G.; BERTRAND-KRAJEWSKI J. L.; HEDGES P.; TYACK J. N., 1996 – **Methods for Determining the Settling Velocity Profiles of Solids in Storm Sewage**. Water Sci. Technol. (1996) 33 (9): 117–125. <https://doi.org/10.2166/wst.1996.0190>.
- CUALLA R.A.L., 1995 – **Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados**. Editorial Escuela Colombiana de Ingenieria. Quinta reimpressão: febrero de 2000.
- HENDRICKS A., 2011 – **Fundamentals of Water Treatment Unit Processes: Physical, Chemical, and Biological**. IWA Publishing. CRC Press. https://www.academia.edu/37968177/Fundamentals_of_Water_Treatment_Unit_Processes_Physical_Chemical_and_Biological_2011_.pdf.
- HENZE M.; COMEAU Y., 2008 – **Waste water characterization** – chapter 3 *in* Biological Wastewater Treatment: Principles Modelling and Design. Editores: M. Henze, M.C.M. van Loosdrecht, G.A. Ekama and D. Brdjanovic. IWA Publishing, London, UK. ISBN: 9781843391883. p. 35-36.
- HIBINO T.; TOUCH N.; NAGATSU Y.; NAKASHITA S.; KOEDA T., 2014 – **Measurement of Mud Floc—Settling Velocity Using a Laser Diffraction Particle Size Distribution Analyzer**, Coastal Engineering Journal, 56:3, 1450012-1-1450012-16, DOI: 10.1142/S0578563414500120.
- METCALF & EDDY, INC., 1991 – **Wastewater Engineering: Treatment Disposal and Reuse**, Third edition, USA, McGRAW HILL, p. 29 - 33; p. 1125 - 1135.
- SMEWW, 2012 – **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 22nd edition, USA, APHA - American Public Health Association, AWWA - American Water Works Association and WEF – Water Environment Federation.
- USEPA, 2002 – **Testing Solids Settling Apparatuses for Design and Operation of Wet-Weather Flow Solids-Liquid Separation Processes**. Research Report. EPA/600/R-02/090. U.S. Environmental Protection Agency, October 2002.
- WHO, 1996 – **Fact Sheets on Environmental Sanitation**. Fact Sheet 2.10: Simple sedimentation. "<http://helid.digicollection.org/en/d/Js13461e/2.10.html>.

