

SANDRA MARIA RIBEIRO DE CARVALHO

**TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO
SEM ABERTURA DE VALA DE
REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS**

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Eng.^o Manuel dos Santos Fonseca

Arguente: Prof.^a Doutora Eng.^a M.^a Helena V. Colaço Alegre

Orientadora: Prof.^a Eng.^a Felicita M.^a Guerreiro Pires

Co-Orientador: Eng.^o António Manuel Gonçalves Martins

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Faculdade de Engenharia e Ciências Naturais

Lisboa

2010 / 2011

SANDRA MARIA RIBEIRO DE CARVALHO

**TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO
SEM ABERTURA DE VALA DE
REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS**

Dissertação apresentada para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil no Curso de Mestrado em Engenharia Civil, conferido pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

Júri:

Presidente: Prof. Doutor Eng.º Manuel dos Santos Fonseca

Arguente: Prof.ª Doutora Eng.ª M.ª Helena V. Colaço Alegre

Orientadora: Prof.ª Eng.ª Felicita M.ª Guerreiro Pires

Co-Orientador: Eng.º António Manuel Gonçalves Martins

Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias

Faculdade de Engenharia e Ciências Naturais

Lisboa

2010 / 2011

Agradecimentos

A presente dissertação beneficiou da contribuição de várias pessoas e entidades a quem desejo manifestar o meu agradecimento.

À *Prof.^a Eng.^a Felicita Pires*, Professora da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, orientadora científica desta dissertação, o meu sincero obrigado pela orientação e pelo apoio técnico demonstrado.

Ao *Eng.^o António Martins*, co-orientador, pelo apoio técnico e humano incondicional que tantas vezes superou o expectável, e que tanto me motivou nas horas difíceis. Agradeço também a sua disponibilidade em ter proporcionado importantes contactos de entidades e ter fornecido elementos de estudo indispensáveis para a realização desta dissertação e pelo sentido prático que me deu ao longo da mesma.

Ao *Eng.^o Luís Correia*, Director da Empresa PFEIFFER MANVIA, ACE, pela sua disponibilidade, e paciência, tanta vez necessária nos inúmeros telefonemas e reuniões solicitadas para poder ter aplicações práticas neste trabalho.

À Saneamento da Costa do Estoril – SANEST, S.A., pela disponibilização de dados do caso de estudo da Reabilitação do Emissário da Cadaveira.

Aos meus colegas e grandes amigos, que directamente ou indirectamente contribuíram para a realização deste trabalho e pelo seu apoio e paciência durante os meus desabafos e fraquezas, em especial à Sílvia Tavares e ao Paulo Ferreira.

À minha Mãe, Elvira, pela sua protecção, amizade, conforto e incentivo, e por ter sempre acreditado em mim, mesmo quando eu própria já não o fazia.

Às minhas queridas sobrinhas, *Rita e Filipa*, minha irmã *Manuela* e cunhado *Mário João*, pelos momentos de descontração e boa disposição que bem serviram para aliviar o stress.

À memória do meu Pai, *Abílio*, que Deus o guarde.

Resumo

O objectivo da presente dissertação consiste na apresentação de várias técnicas de reabilitação de redes de drenagem de águas residuais sem necessidade de abertura de vala.

Para esse efeito, efectuou-se um levantamento das técnicas de reabilitação de colectores sem abertura de vala actualmente existente no mercado, tendo-se identificado cinco técnicas diferentes, organizadas em dois grandes grupos: técnicas de encamisamento (i.e., encamisamento pontual - «*short liner*» e contínuo com manga de fibras de feltro ou com manga de fibras de vidro) e técnicas de entubamento (i.e., entubamento simples - «*sliplining*» e com rebentamento por destruição da tubagem existente).

As técnicas de reabilitação que foram desenvolvidas foram aplicadas a dois casos de estudo diferentes: um encamisamento contínuo com manga de fibras de vidro (cura por radiação ultravioleta) para renovar o Emissário da Cadaveira, e um entubamento com rebentamento com tubos modulares pelo processo dinâmico, primeiro caso de entubamento realizado em Portugal para renovar um troço da rede de drenagem doméstica do novo Hospital de Cascais.

A apresentação de casos de estudo foi fundamental para perceber o funcionamento das técnicas de reabilitação, e deu um aspecto prático, essencial, a esta dissertação.

Palavras-Chave: sistemas de drenagem, reabilitação, entubamento, encamisamento.

Abstract

The aim of this present dissertation consists in the presentation of several rehabilitation techniques for collector networks of residual water drainage, without the need of ditch opening.

For that purpose, a survey of rehabilitation collector techniques without ditch opening was carried out. Five different techniques were identified and organized in two main groups: internal lining techniques (i.e., short liner and continuous) and relining techniques (i.e., sliplining and pipe - bursting).

The art rehabilitation techniques developed were applied to two different cases of studies: one continuous liner with glass fiber (cure for ultraviolet radiation) to rehabilitate the Emissary of the Cadaveira, and one pipe-bursting with modular pipes for the dynamic process, first case of relining carried out in Portugal, to renew a section of the domestic drainage network of the new Hospital in Cascais.

The presentation of these case studies was very important to understand the functioning of the rehabilitation techniques, and gave a practical aspect, which is essential in this dissertation.

Keywords: drainage systems, rehabilitation, lining, relining.

Abreviaturas, Siglas e Símbolos

AE	: Auto - Estrada
ACE	: Agrupamento Complementar de Empresas
APA	: « <i>American Psychological Association</i> »
ASTM	: « <i>American Society for Testing and Materials</i> »
CARE-S	: « <i>Computer-Aided REhabilitation of Sewer Networks</i> »
CEN	: Comissão Europeia de Normalização
CIPP	: « <i>Cured-in-Place Pipe</i> »
CCTV	: « <i>Closed - Circuit Television</i> »
CD	: Caixa Doméstica
cf.	: conforme
D	: Doméstica
DIN	: « <i>Deutsches Institut für Normung</i> »
DN	: Diâmetro Nominal
D _{int}	: Diâmetro Interior
DR	: Decreto Regulamentar
e.g.	: por exemplo
eq.	: equação
EN	: « <i>European Norm</i> »
EPI's	: Equipamentos de Protecção Individual
ETAR	: Estação de Tratamento de Águas Residuais
EU	: « <i>European Union</i> »
FC	: Fibrocimento
FF	: Ferro Fundido
FFD	: Ferro Fundido Dúctil
i.e.	: isto é
ISO	: « <i>International Organization for Standardization</i> »
IST	: Instituto Superior Técnico
LIE	: Limite Inferior de Explosividade
LNEC	: Laboratório Nacional de Engenharia Civil
MCA	: Metro Coluna de Água
MRS	: Qualidade da Resina de Polietileno
MSB	: Manual de Saneamento Básico
NP	: Norma Portuguesa
PE	: Polietileno

PEAD	: Polietileno de Alta Densidade
PEMD	: Polietileno de Média Densidade
pH	: potencial hidrogeniônico
Pig	: « <i>picture in graphics</i> »
PN	: Pressão Nominal
PP	: Polipropileno
PPc	: Polipropileno corrugado
PRFV	: Poliéster Reforçado com Fibras de Vidro
PVC	: Policloreto de Vinilo
Re	: Resistência à compressão diametral
RGSPDADAR	: Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais
S.A.	: Sociedade Anónima
SDAR	: Sistemas de Drenagem de Águas Residuais
SANEST, S.A.	: Saneamento da Costa do Estoril
SDR	: Relação de Dimensões Standart
SMAS	: Serviços Municipalizados de Água e Saneamento
SN	: Classe de Rigidez
UV	: ultravioleta
H ₂ S	: Sulfureto de Hidrogénio
H ₂ SO ₄	: Ácido Sulfúrico
k	: coeficiente de rugosidade absoluta
η	: coeficiente de rugosidade de <i>Manning-Strickler</i>
min	: minuto
m	: metro
m ²	: metro quadrado
m ³	: metro cúbico
mm	: milímetro
t	: tonelada
°	: graus
°C	: graus <i>Celsius</i>
∅	: diâmetro
θ	: valor do ângulo de fricção interna em função das condições de recobrimento
ρ	: peso específico do solo
δ	: ângulo de fricção interna do material de enchimento em graus

≈ : aproximadamente

Δ : variação

€ : Euros

ÍNDICE GERAL

Agradecimentos	1
Resumo	2
Abstract	3
Abreviaturas, Siglas e Símbolos	4
ÍNDICE GERAL	7
ÍNDICE DOS ANEXOS	15
ÍNDICE DE QUADROS	16
ÍNDICE DE FIGURAS	17
INTRODUÇÃO	23
Enquadramento	23
Objectivos e metodologia.....	26
Estrutura e conteúdo	28
CAPÍTULO 1 - REVISÃO LITERÁRIA	30
1.1 Introdução.....	30
1.2 Descrição geral dos sistemas de drenagem urbana.....	30
1.2.1 Objectivos da drenagem urbana	30
1.2.2 Tipos de sistemas	30
1.3 Componentes dos sistemas.....	31
1.3.1 Tipos de componentes.....	31
1.3.2 Materiais	34
1.3.2.1 Introdução	34
1.3.2.2 Tipos de tubagens e acessórios para águas residuais	35
1.4 Principais problemas nos sistemas de drenagem urbana	41
1.4.1 Aspectos gerais	41
1.4.2 Degradação dos sistemas.....	42
1.4.2.1 Considerações gerais.....	42
1.4.2.2 Deficiências estruturais	42
1.4.2.3 Deficiências hidráulicas	43
1.4.2.4. Deficiências ambientais (descargas para o meio receptor).....	44
1.5 Terminologia e conceitos associados à reabilitação.....	45
1.5.1 O que é a reabilitação?	45
1.5.2 Porquê e quando reabilitar?	46
1.5.3 Como reabilitar?.....	46

1.6 Soluções de reabilitação	49
1.6.1 Aspectos gerais	49
1.6.2 Reabilitação estrutural	50
1.6.3 Reabilitação hidráulica	50
1.6.4 Reabilitação ambiental	51
CAPÍTULO 2 - REABILITAÇÃO DE REDES DE DRENAGEM DOMÉSTICA E PLUVIAL (SEM VALA ABERTA)	52
2.1 Introdução	52
2.1.1 Manutenção preventiva. Porquê?	53
2.1.2 Como prevenir estas situações?	53
2.2 Técnicas de reabilitação para patologias pontuais	56
2.2.1 Encamisamento pontual – método « <i>short liner</i> »	56
2.2.1.1 Campos de aplicação	57
2.2.1.2 A técnica	57
2.2.1.3 Vantagens	58
2.2.1.4 Desvantagens	58
2.2.1.5 Exemplos de danos ou defeitos construtivos reparáveis por encamisamento pontual	59
2.2.1.6 Exemplos antes e depois da reparação por encamisamento pontual	60
2.2.1.7 Procedimentos de aplicação	61
2.2.2 Exemplo de Proposta n.º 1 - Aplicação do encamisamento pontual – « <i>short liner</i> »	63
2.2.2.1 Aspectos gerais	63
2.2.2.2 Metodologia	64
2.2.2.3 Encamisamento de reparação	64
2.2.2.3.1 Materiais	64
2.2.2.3.1.1 Manga de reparação	64
2.2.2.3.1.2 Resina	64
2.2.2.3.1.3 Espessuras	65
2.2.2.3.2 Instalação	65
2.2.2.3.2.1 Operação de « <i>Wet Out</i> »	65
2.2.2.3.2.2 Introdução e cura	66
2.2.2.3.3 Materiais a aplicar na reparação	67
2.2.2.3.4 Cura da manga de reparação	67

2.3 Técnicas de reabilitação para patologias contínuas	68
2.3.1 Encamisamento contínuo – manga de fibras de feltro (cura por calor)	69
2.3.1.1 Campos de aplicação	70
2.3.1.2 A técnica	70
2.3.1.3 Vantagens	70
2.3.1.4 Desvantagens	71
2.3.1.5 Procedimentos de aplicação	72
2.3.1.6 Um dia de trabalho na renovação com manga de fibras de feltro	73
2.3.2 Exemplo de Proposta n.º 2 - Aplicação do encamisamento contínuo	
– manga de fibras de feltro (cura por calor)	74
2.3.2.1 Aspectos gerais.....	74
2.3.2.2 Metodologia.....	74
2.3.2.3 Encamisamento de renovação	75
2.3.2.3.1 « <i>Relining</i> »	75
2.3.2.3.2 Materiais.....	75
2.3.2.3.2.1 Tubo	75
2.3.2.3.2.2 Resina	76
2.3.2.3.2.3 Espessuras.....	76
2.3.2.3.3 Instalação.....	76
2.3.2.3.3.1 Operação de « <i>Wet Out</i> ».....	76
2.3.2.3.3.2 Inversão.....	77
2.3.2.3.3.3 Cura	77
2.3.2.3.3.4 Arrefecimento	78
2.3.3 Encamisamento contínuo – manga de fibras de vidro	
(cura por radiação ultravioleta)	78
2.3.3.1 Campos de aplicação.....	78
2.3.3.2 A técnica	79
2.3.3.3 Vantagens	79
2.3.3.4 Desvantagens	80
2.3.3.5 Material	80
2.3.3.6 Procedimentos de aplicação	81
2.3.3.7 Um dia de trabalho na renovação de uma tubagem com manga	
de fibras de vidro curada por radiação UV	82

2.3.4 Exemplo de Proposta n.º 3 - Aplicação do encamisamento contínuo	
– manga de fibras de vidro (cura por radiação ultravioleta).....	84
2.3.4.1 Aspectos gerais.....	84
2.3.4.2 Mangas para cura por radiação ultravioleta (UV)	85
2.3.4.3. Processo de cura por radiação ultravioleta (UV)	85
2.3.4.3.1 Inserção da manga no colector.....	85
2.3.4.3.2 Insuflação com ar	86
2.3.4.3.3 Introdução do conjunto de lâmpadas ultravioletas (UV).....	87
2.3.4.3.4 Ligação das lâmpadas de ultravioletas (UV).....	88
2.3.4.3.5 Movimentação do «UV train».....	89
2.3.4.3.6 Desligar as lâmpadas de ultravioletas (UV)	89
2.3.4.3.7 Corte e preparação dos extremos	89
2.3.5 Entubamento simples – « <i>sliplining</i> » – tubos de polietileno	
convencionais ou modulares.....	90
2.3.5.1 Campos de aplicação.....	90
2.3.5.2 A técnica	91
2.3.5.3 Vantagens.....	92
2.3.5.4 Desvantagens	92
2.3.5.5 A renovação de uma rede de drenagem pluvial	
com tubos modulares	93
2.3.5.6 Entubamento com tubos modulares	94
2.3.5.6 Entubamento com tubos convencionais	94
2.3.6 Exemplo de Proposta n.º 4 - Aplicação do entubamento simples	
– « <i>sliplining</i> » – tubos de polietileno convencionais ou modulares.....	95
2.3.6.1 Aspectos gerais.....	95
2.3.6.2 Análise das deficiências estruturais do colector	95
2.3.6.3 Definições geométricas do « <i>relining</i> ».....	96
2.3.6.4 Características estruturais e hidráulicas do colector reabilitado.....	97
2.3.6.4.1 Resistência estrutural	97
2.3.6.4.2 Comportamento hidráulico.....	97
2.3.6.5 Metodologia.....	98
2.3.6.6 Soldadura de tubos de polietileno	98
2.3.6.6.1 Transporte e manuseamento de tubos e acessórios	98
2.3.6.6.2 Montagem de tubos e acessórios em Polietileno de Alta	
Densidade (PEAD).....	98
2.3.6.6.3 Soldadura topo-a-topo de tubos e acessórios.....	99

2.3.6.6.4 Electrossoldadura de acessórios	99
2.3.6.6.5 Ensaios a juntas soldadas	99
2.3.6.7 Abertura de poços de entrada e tracção da tubagem	100
2.3.6.8 Passagem de calibre / testemunho	101
2.3.6.9 Inserção da tubagem de reabilitação.....	101
2.3.6.10 Preenchimento do espaço anelar com calda de cimento.....	102
2.3.7 Entubamento com rebentamento – tubos de polietileno convencionais ou modulares	103
2.3.7.1 Campos de aplicação.....	103
2.3.7.2 A técnica	104
2.3.7.3 Vantagens.....	105
2.3.7.4 Desvantagens	105
2.3.7.5 Renovação de uma rede de drenagem doméstica por entubamento com rebentamento	106
2.3.7.6 Entubamento com tubos convencionais e modulares.....	107
2.3.8 Exemplo de Proposta n.º 5 - Aplicação do entubamento com rebetamento	108
2.3.8.1 Aspectos gerais.....	108
2.3.8.2 Metodologia.....	109
2.3.8.3 Tubos modulares em Polipropileno (PP) sistema EGEPLAST.....	109
2.3.8.3.1 Sistema, apresentação e especificações	110
2.3.8.4 Máquina de « <i>burstlining</i> »	110
2.3.8.5 Execução do « <i>burstlining</i> » por troços.....	111
2.4 Instalação de « <i>by-pass</i> » para transfega de caudais	112
2.4.1 « <i>By-pass</i> » para transfega de caudais	112
2.4.1.1 Sequência das operações	114
2.4.1.2 Operacionalidade do « <i>by-pass</i> »	114
2.5 Inspeção « <i>Closed-Circuit Television</i> » (CCTV)	115
2.5.1 Metodologia	115
2.6 Metodologias de limpeza mecânica	116
2.6.1 Aspectos gerais	116
2.6.2 Microtuneladora	117
2.6.2.1 Metodologia: microtuneladora	117
2.6.2.2 Equipamento: microtuneladora.....	117

2.6.3 Robot fresador	118
2.6.3.1 Metodologia: robot fresador.....	118
2.6.3.2 Equipamento: robot fresador	118
2.7 Resumo de técnicas de reabilitação	119
2.8 Características dos materiais dos colectores reabilitados	125
2.9 Conclusões.....	125
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA DE APOIO À DECISÃO PARA A REABILITAÇÃO	
DE SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS (SDAR)	126
3.1 Considerações gerais	126
3.2 O programa de apoio à reabilitação Modelo CARE-S	127
3.2.1 Indicadores de desempenho	129
3.2.2 Módulo da previsão da condição estrutural	130
3.2.2.1 Conversão de dados « <i>Closed-Circuit Television</i> » (CCTV)	130
3.2.2.2 Módulo de previsão de falhas.....	130
3.2.3 Módulo de análise hidráulica e ambiental.....	131
3.2.4 Módulo da base de dados de tecnologias de reabilitação	133
3.2.5 Módulo de consequências socioeconómicas	133
3.2.6 Módulo de apoio à decisão multicritério	134
3.3 Resumo da metodologia de avaliação de estratégias de reabilitação	135
3.4 Conclusões.....	136
CAPÍTULO 4 - REGRAS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA FUNDAMENTAIS A	
APLICAR NA REABILITAÇÃO DE COLECTORES	138
4.1 Introdução.....	138
4.1.1 Reabilitação: inspecção vídeo dos colectores	138
4.1.2 Reabilitação: renovação de tubagens	140
4.1.3 Reabilitação: encamisamento contínuo com manga de fibras de vidro	141
4.1.4 Reabilitação: encamisamento pontual.....	143
4.1.5 Reabilitação: entubamento simples -« <i>sliplining</i> »	144
CAPÍTULO 5 - APRESENTAÇÃO DE CASOS DE ESTUDO.....	146
5.1 Introdução.....	146
5.2 Reabilitação do Emissário da Cadaveira (Caso 1)	147
5.2.1 Descrição geral	147
5.2.2 Características do colector a reabilitar	148
5.2.3 Problemas a solucionar.....	149
5.2.4 Considerações adicionais	150
5.2.5 Selecção da técnica de reabilitação	150

5.2.6	Aplicação da técnica de reabilitação	151
5.2.6.1	Desvios provisórios	151
5.2.6.2	Trabalhos preparatórios	151
5.2.6.3	Trabalhos de reabilitação (encamisamento por troços)	152
5.2.6.3.1	Mangas de fibras de vidro para cura por ultravioleta (UV)	153
5.2.6.3.2	Preparação da tubagem	155
5.2.6.3.3	Encamisamento	156
5.2.6.3.3.1	Definição das extensões de reabilitação	156
5.2.6.3.4	Introdução da manga na tubagem e processo de cura por radiação UV	157
5.2.6.3.4.1	Inserção da manga no emissário	157
5.2.6.3.4.2	Instalação dos dispositivos de medição	159
5.2.6.3.4.3	Insuflação com ar	159
5.2.6.3.5	Cura	162
5.2.6.3.5.1	Introdução do conjunto de lâmpadas ultravioletas (UV)	162
5.2.6.3.5.2	Ligação das lâmpadas de radiação ultravioleta (UV)	164
5.2.6.3.5.3	Movimentação do «UV train»	165
5.2.6.3.5.4	Desligar as lâmpadas de radiação ultravioleta (UV)	165
5.2.6.3.6	Corte e preparação dos extremos	165
5.2.6.3.7	Quantidade de radiação necessária	166
5.2.6.4	Trabalhos finais nas caixas de visita	166
5.2.6.5	Meios afectados a execução da obra	167
5.2.6.5.1	Equipamentos	167
5.2.6.5.2	Meios humanos	167
5.2.6.5.3	Rendimentos	168
5.2.6.6	Considerações finais	168
5.3	Reabilitação de troço da rede de drenagem doméstica (Caso 2)	170
5.3.1	Descrição geral	170
5.3.2	Características do troço a reabilitar	173
5.3.3	Problemas a solucionar:	175
5.3.4	Considerações adicionais	176
5.3.5	Seleccção da técnica de renovação:	176
5.3.6	Análise da causa das patologias encontradas no troço D34 - D35	179
5.3.6.1	Cálculo com análise da situação de aterro da tubagem no troço D34-D35. Verificação da resistência da tubagem às condições de instalação	179

5.3.6.1.1 Na situação real.....	179
5.3.6.1.1.1 Cálculo das cargas de solo.....	179
5.3.6.1.1.2 Cálculo da deflexão da tubagem.....	180
5.3.6.2 Cálculo com análise da situação de aterro da tubagem no troço D34-D35. Verificação da resistência da tubagem às condições de instalação	181
5.3.6.2.1 Na situação ideal	181
5.3.6.2.1.1 Cálculo das cargas de solo.....	181
5.3.6.2.1.2 Cálculo da deflexão da tubagem.....	182
5.3.6.3 Conclusão	182
5.3.7 Aplicação da técnica de reabilitação	183
5.3.7.1 Caracterização da tubagem	183
5.3.7.1.1 Sistema, apresentação e especificações	183
5.3.7.1.1.1 Apresentação	184
5.3.7.1.1.2 Especificações.....	184
5.3.7.1.2 Secção hidráulica	185
5.3.7.2 Trabalhos preparatórios	185
5.3.7.3 Trabalhos de renovação: entubamento com rebentamento.....	186
5.3.7.4 Prazos e rendimentos	190
5.3.8 Considerações finais.....	190
CAPÍTULO 6 - EXEMPLO DE UMA DEMONSTRAÇÃO DA EFICÁCIA DA APLICAÇÃO DE UMA TÉCNICA DE REABILITAÇÃO SEM ABERTURA DE VALA.....	192
6.1 Aspectos gerais	192
6.1.1 Cálculo de escoamento hidráulico.....	192
CAPÍTULO 7 - APRESENTAÇÃO DE DOIS EXEMPLOS DA MELHORIA CONTÍNUA DA APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO	195
7.1 Falhas detectadas no encamisamento pontual - método « <i>short liner</i> »	195
7.2 Falhas detectadas no encamisamento contínuo – manga de fibras de vidro (cura por radiação ultravioleta).....	196
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	197
Conclusões.....	197
Recomendações para estudos futuros.....	199
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	200
ÍNDICE REMISSIVO / ONOMÁSTICO.....	205

ÍNDICE DOS ANEXOS

ANEXOS	I
ANEXO 1 - Características Técnicas dos Materiais utilizados nas Técnicas de Reabilitação de Colectores: Encamisamento Pontual; Encamisamento Contínuo com Manga de Fibras de Feltro e de UV; Entubamento Simples e Entubamento com Rebentamento.....	II
ANEXO 2 - Relatório Inicial e Final de Inspeção Víde por CCTV - Emissário da Cadaveira – Caso de Estudo 1; Relatório Inicial e Final de Inspeção Víde por CCTV – Hospital de Cascais – Caso de Estudo 2.....	XXX
ANEXO 3 - Planta do Emissário da Cadaveira (CD0267-CD380=530m) - Caso de Estudo 1; Planta da Rede de Drenagem Doméstica do Hospital de Cascais (CD34-Cd35=27,00m) – Caso de Estudo 2.....	XXXV
ANEXO 4 - Certificado de Desgasificação N.º 037Af/2010 da Gascontrol	XXXVIII

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Componentes mais comuns dos sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) e respectiva finalidade	32
Quadro 2 – Principais vantagens e inconvenientes de diversos tipos de tubagens para águas residuais (adaptado de Gonçalves e Monteiro, 2002)	38
Quadro 3 – Correspondência entre técnicas de reabilitação e materiais originais dos colectores (adaptado de CSIRO, 2007)	41
Quadro 4 – Palavras-chave de terminologia no que se refere a reabilitação.....	45
Quadro 5 – Técnicas de reabilitação de colectores mais utilizadas.....	52
Quadro 6 – Espessura após a cura.....	67
Quadro 7 – Resumo das técnicas de reabilitação de colectores (sem vala aberta), vantagens e desvantagens e comparação de custos.....	120
Quadro 8 – Tipos de materiais utilizados em cada técnica de reabilitação.....	125
Quadro 9 – Reabilitação: inspecção vídeo dos colectores: riscos, medidas de prevenção, Equipamentos de Protecção Individual (EPI´s) a utilizar.....	140
Quadro 10 – Reabilitação: renovação de tubagens: riscos, medidas de prevenção, Equipamentos de Protecção Individual (EPI´s) a utilizar.....	141
Quadro 11 – Reabilitação: encamisamento contínuo (fibras de vidro): riscos, medidas de prevenção, Equipamentos de Protecção Individual (EPI´s) a utilizar	142
Quadro 12 – Reabilitação: encamisamento pontual: riscos, medidas de prevenção, Equipamentos de Protecção Individual (EPI´s) a utilizar.....	144
Quadro 13 – Reabilitação: entubamento simples – « <i>sliplining</i> »: riscos, medidas de prevenção, Equipamentos de Protecção Individual (EPI´s) a utilizar	145
Quadro 14 – Elementos de Perfil	149
Quadro 15 – Coeficiente de <i>Manning–Strickler</i> para diversos materiais.....	193
Quadro A.1.1 - Características principais da resina utilizada no encamisamento pontual - Informações técnicas	IV
Quadro A.1.2 - Características principais da manga utilizada no encamisamento pontual - Informações técnicas	VIII
Quadro A.1.3 - Características principais da resina utilizada no encamisamento contínuo com manga de fibras de feltro - Informações técnicas	XII
Quadro A.1.4 - Características principais da manga de fibras de feltro utilizada no encamisamento contínuo - Informações técnicas.....	XVI
Quadro A.1.5 - Características principais da manga de fibras de vidro utilizada no encamisamento contínuo - Informações técnicas.....	XXIII

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Processo de reabilitação sistematizado em quatro grandes fases (adaptado de Cardoso e Matos, 1999).....	47
Figura 2 – Processo de reabilitação sistematizado em quatro grandes fases – organograma detalhado (adaptado de Matos, 1999).....	48
Figura 3 – Ciclo de vida dos sistemas de drenagem urbana (adaptada de Read e Vickridge, 1997).....	49
Figura 4 – Colapso de uma rede de drenagem (MANVIA, 2009)	53
Figura 5 – Exemplos de patologias pontuais (MANVIA, 2005)	54
Figura 6 – Exemplos de patologias contínuas (MANVIA, 2007)	55
Figura 7 – Encamisamento pontual « <i>short liner</i> » - reparação localizada.....	56
Figura 8 – Exemplos (1), (2), (3), (4) de danos ou defeitos construtivos reparáveis por encamisamento pontual (MANVIA, 2007)	59
Figura 9 – Exemplos (1), (2), (3) de antes e depois da reparação por encamisamento pontual (MANVIA, 2007)	60
Figura 10 – Procedimentos de aplicação (MANVIA, 2007)	61
Figura 11 – Corte na tubagem hospedeira, sendo observável no seu interior o tubo de resina de silicatos (MANVIA, 2006).....	63
Figura 12 – Preparação « <i>in situ</i> » da resina (MANVIA, 2006)	65
Figura 13 – Introdução do êmbolo com o troço de manga na tubagem a reparar (MANVIA, 2006)	66
Figura 14 – O êmbolo é expandido no local danificado comprimindo a manga impregnada de resina (MANVIA, 2006)	67
Figura 15 – Cura « <i>in situ</i> » de uma nova tubagem (MANVIA, 2009)	68
Figura 16 – Encamisamento contínuo (manga de fibras de feltro) – renovação total de redes de saneamento sem abertura de valas (MANVIA, 2007).....	69
Figura 17 – Procedimentos de aplicação (MANVIA, 2007)	72
Figura 18 – (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g) - Um dia de trabalho na renovação de uma tubagem com manga de fibras de feltro (MANVIA, 2007)	73

Figura 19 – Encamisamento contínuo (manga de fibras de vidro) – renovação total de redes de saneamento sem abertura de valas (MANVIA, 2007).....	78
Figura 20 – (a) Várias camadas de tecido de fibras de vidro, (b) Resina adequada (poliéster/viniléster/outras), (c) Vários diâmetros de tubagem de fibras de vidro, (d) Ensaio de compressão (MANVIA, 2009).....	80
Figura 21 – (01), (02), (03), (04) – Procedimentos de aplicação (MANVIA, 2007).....	81
Figura 22 – (a), (b), (c), (d), (e), (f) - Um dia de trabalho na renovação de uma tubagem com manga de fibras de vidro curada por radiação ultravioleta (MANVIA, 2007)	83
Figura 23 – Guincho de tracção nas imediações de uma caixa de visita (MANVIA, 2007)	86
Figura 24 – Manga instalada dentro da caixa imediatamente após a tracção para interior do troço. É visível um filme de polietileno que se coloca dentro da tubagem para prevenir danos na superfície da manga (MANVIA, 2007).....	86
Figura 25 – Cabeçote de chego da manga sendo visível a entrada de ar para o processo de insuflação (MANVIA, 2007)	87
Figura 26 – (a) manuseamento do «UV train» para introdução na manga insuflada e (b). «UV train» (MANVIA, 2007).....	88
Figura 27 – Câmara de «Closed-Circuit Television» (CCTV) na extremidade do «UV train» (MANVIA, 2007).....	88
Figura 28 – Conjunto de lâmpadas de ultravioleta em progressão no processo de cura da manga (MANVIA, 2007)	89
Figura 29 – Entubamento simples – renovação de redes de saneamento (MANVIA, 2007)	90
Figura 30 – Pendentes contrárias ao escoamento (PFEIFFER MANVIA, 2009)	91
Figura 31 – (01), (02), (03), (04), (05), (06) - A renovação de uma rede de drenagem pluvial com tubos modulares (MANVIA, 2007).....	93
Figura 32 – Entubamento com tubos modulares (MANVIA, 2007)	94
Figura 33 – (01), (02) - Entubamento com tubos convencionais (MANVIA, 2007).....	94
Figura 34 – Esquema exemplificativo de tubagem de Ferro Fundido (FF) após os trabalhos de «relining» com tubo de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) (MANVIA, 2006)	95

Figura 35 – Colector reabilitado por « <i>relining</i> » (MANVIA, 2006)	97
Figura 36 – Pormenor do poço de entrada da tubagem sendo visível o colector existente após limpeza e a extremidade tronco-cónica do novo tubo de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) (MANVIA, 2006).....	100
Figura 37 – Pormenor do poço de tracção da tubagem sendo visível o guincho de 10 toneladas utilizado no processo de inserção (MANVIA, 2006)	101
Figura 38 – Pormenor do processo de inserção visto do poço de entrada da tubagem (MANVIA, 2006)	102
Figura 39 – Esquema exemplificativo do processo de « <i>relining</i> » por « <i>sliplining</i> » onde é visível o poço de entrada da tubagem; o poço de tracção da tubagem e o posicionamento do guincho (MANVIA, 2006).....	102
Figura 40 – Esquema exemplificativo do processo injeção de caldas (MANVIA, 2006)....	103
Figura 41 – Entubamento com rebentamento – renovação de redes de saneamento (MANVIA, 2007)	103
Figura 42 – (a) Degradação muito acentuada; (b) Ovalização (MANVIA, 2009).....	104
Figura 43 – A renovação de uma rede de drenagem doméstica por entubamento com rebentamento, utilizando tubos modulares (MANVIA, 2007)	106
Figura 44 – Entubamento com tubos convencionais e modulares (MANVIA, 2009).....	107
Figura 45 – Tubagem de grés destruída durante o « <i>burstlining</i> » com introdução de novos tubos em Polipropileno (PP) (MANVIA, 2007)	108
Figura 46 – Esquema tipo de aplicação do método de « <i>burstlining</i> » com acesso apenas pelas caixas de visita existentes. As tubagens modulares serão introduzidas na caixa de visita a jusante. A obra far-se-á apenas com a utilização de equipamentos ligeiros (MANVIA, 2007).....	110
Figura 47 – Cabeça de corte, expansão e de amarração. São visíveis os roletes de aço especial para corte da tubagem (MANVIA, 2007)	111
Figura 48 – Resultado após « <i>relining</i> » com tubos EGEPLAST (MANVIA, 2009)	112
Figura 49 – Bombas diesel de 4 polegadas a pistão para transfega de caudais (MANVIA, 2009)	113
Figura 50 – Tubagem flexível de sucção dos caudais da caixa de visita a montante do troço a intervir (MANVIA, 2009)	113

Figura 51 – Balão pneumático obturador de colectores (MANVIA, 2009).....	114
Figura 52 – Modelo de câmara « <i>Closed-Circuit Television</i> » (CCTV) utilizado em inspeções de tubagens (Crusade Designs, 2007)	115
Figura 53 – Inspeção vídeo robotizada de tubagens enterradas e equipamento de « <i>Closed-Circuit Television</i> » (CCTV) sistema IBAK MIDI DN100-DN800 (MANVIA, 2007)	115
Figura 54 – Relatório de Inspeção Vídeo de Tubagens por « <i>Closed-Circuit Television</i> » (CCTV) (MANVIA, 2008).....	116
Figura 55 – Microtuneladora para remoção de betão (MANVIA, 2007)	117
Figura 56 – Robot fresador (MANVIA, 2007)	118
Figura 57 – Esquema de funcionamento do «CARE-S» (Seminário Desenvolvimento Sustentável, IST, LNEC 2006)	129
Figura 58 – Resumo da metodologia de avaliação de estratégias de reabilitação, (Camacho, 2007).....	135
Figura 59 – Árvore de decisão adoptada para a escolha da técnica de reabilitação (MANVIA, 2010)	137
Figura 60 – Traçado e localização da intervenção do Caso de Estudo 1 : Emissário da Cadaveira	148
Figura 61 – Falta de alternativas de acesso aos moradores residentes entre as câmaras de visita CD0267,00 e CD 0380,00 - Rua do Vale de S. Rita – Caso de Estudo 1	150
Figura 62 – Pessoal e equipamento próprio da PFEIFFER-MANVIA para a execução do encamisamento contínuo através da cura da manga de reabilitação em Poliéster Reforçado com Fibras de Vidro (PRFV) por radiação ultravioleta (UV) – Caso de Estudo 1	152
Figura 63 – Troço de manga aprovisionado dentro da caixa de madeira – Caso de Estudo 1	154
Figura 64 – Equipamento robot fresador com câmara de inspeção vídeo – Caso de Estudo 1	155
Figura 65 – Caixas de visita acessíveis – Caso de Estudo 1	156
Figura 66 – (a) Caixa montante do emissário; (b) caixa jusante do emissário – Caso de Estudo 1	156

Figura 67 – Fases da inserção da manga no troço do colector a reabilitar	
– Caso de Estudo 1	157
Figura 68 – Entrada da manga na caixa de visita e posteriormente no colector efectuada de forma lenta e controlada - Caso de Estudo 1	158
Figura 69 – O trabalho de inserção da manga foi realizado após o pôr-do-sol	
– Caso de Estudo 1	158
Figura 70 – Fases de insuflação de ar na manga e controlo da pressão	
– Caso de Estudo 1	160
Figura 71 – Manga correctamente instalada seguindo-se o procedimento de insuflação	
– Caso de Estudo 1	161
Figura 72 – Introdução do conjunto de lâmpadas ultravioletas (UV)	
- Caso de Estudo 1	163
Figura 73 – «UV train» possui acoplada uma câmara de «Closed-Circuit Television» (CCTV)	164
Figura 74 – Equipamentos para a execução do entubamento com rebentamento, incluindo, equipamento especial – Caso de Estudo 2	171
Figura 75 – Tubos modulares em polipropileno do fabricante EGEPLAST	
– Caso de Estudo 2	172
Figura 76 – Caixas de visita montante e jusante referente ao troço a reabilitar	
– Caso de Estudo 2	172
Figura 77 – Materiais consumíveis utilizados no encamisamento por rebentamento	
– Caso de Estudo 2	173
Figura 78 – «By-pass» instalado – Caso de Estudo 2.....	173
Figura 79 – Traçado e localização da intervenção do Caso de Estudo 2:	174
Figura 80 – Fotograma captado pela inspecção com «Closed-Circuit Television» (CCTV), verificando-se a ovalização do colector (MANVIA 2010)	
– Caso de Estudo 2	174
Figura 81 – Fotogramas captados pela inspecção com «Closed-Circuit Television» (CCTV), verificando-se zonas obturadas sem passagem de caudal (MANVIA, 2010) – Caso de Estudo 2	175

Figura 82 – Tubo modular com um comprimento total de 0,70 m diâmetro exterior com 225 mm, correspondendo ao diâmetro interior de 199,4 mm – Caso de Estudo 2	177
Figura 83 – Toda a obra foi efectuada utilizando sempre as caixas de visita existentes – Caso de Estudo 2	178
Figura 84 – Colector reabilitado pela técnica de entubamento por rebentamento com tubos modulares (MANVIA, 2010) – Caso de Estudo 2.....	178
Figura 85 – Esquema representativo da deflexão sofrida por um tubo enterrado, por acção das cargas externas (FERSIL, 2003) – Caso de Estudo 2	181
Figura 86 – Figura ilustrativa do processo adoptado em que a tubagem modular com 0,7m de comprimento é introduzida com rebentamento simultâneo da tubagem existente – Caso de Estudo 2	183
Figura 87 – Tubos de Polipropileno (PP) da EGEPLAST fornecidos para a empreitada – Caso de Estudo 2	184
Figura 88 – Conexão dos tubos modulares fora da caixa de visita – Caso de Estudo 2.....	185
Figura 89 – Cabeça de rebentamento dinâmica (MANVIA 2010) – Caso de Estudo 2.....	186
Figura 90 – Ar comprimido que alimenta a cabeça para expandir a tubagem existente ovalizada – Caso de Estudo 2	186
Figura 91 – Cabeça de rebentamento pneumática (antes de depois do entubamento por rebentamento) – Caso de Estudo 2	187
Figura 92 – Guincho montado na caixa montante e abocardamento na caixa jusante durante a execução de um entubamento com rebentamento utilizando tubos modulares - Caso de Estudo 2.....	187
Figura 93 – Fases de execução do entubamento por rebentamento dinâmico (1 ^o caso realizado em Portugal) – Caso de Estudo 2.....	189
Figura 94 – Resíduos gerados pelo entubamento - tubagem antiga – Caso de Estudo 2	190
Figura 95 – Medida efectuada pelo « <i>Closed-Circuit Television</i> » (CCTV) sem rigor	195
Figura 96 – Medida efectuada pelo CCTV com o auxílio da guia.....	195
Figura 97 – Introdução do « <i>UV train</i> » com as luzes desligadas.....	196
Figura 98 – Introdução do « <i>UV train</i> » com as luzes ligadas.....	196

INTRODUÇÃO

Enquadramento

Os sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) em meio urbano são infra-estruturas de suporte de um serviço básico para a saúde pública que consistem no tratamento eficiente das águas residuais, contribuindo para a boa qualidade dos meios receptores aquáticos e dão a todas as pessoas uma maior qualidade de vida, e um melhor ambiente. São construídos e operados de forma a recolher, reunir, transportar e tratar todos os resíduos líquidos e sólidos de origem humana, animal ou industrial, evitando que esses produtos residuais possam contaminar, durante o seu tratamento ou despejo, as águas subterrâneas ou superficiais, que em tal situação se converteriam em graves agentes de contaminação, bem como evacuar convenientemente as águas da chuva.

A estas funções correspondem um conjunto de componentes (e.g., redes interiores dos edifícios, ramais de ligação, rede de colectores, emissários e interceptores, sistemas elevatórios, descarregadores, sifões invertidos, bacias de retenção, túneis), cada uma das quais com diversos elementos acessórios, como câmaras de visita, câmaras de corrente de varrer, sarjetas e sumidouros, etc.

Desde sempre, qualquer aglomerado populacional, teve necessidade de controlar as suas redes de drenagem. Assim sendo, ao longo da história consegue-se encontrar prova que (Matos, 2003):

- em Portugal os primeiros elementos históricos que existem sobre o tema remontam ao século XV e revelam que o rei D. João II, em consequência da peste, mandou proceder activamente a operações de limpeza 'nos canos'. Em tais 'canos', destinados inicialmente a drenagem das águas da chuva, se juntavam todo o tipo de esterco e imundícies, provocadas por uma população aglomerada 'de modo espasmoso' na nova cidade de Lisboa, tornando-a menos elegante e mais insalubre;
- no decorrer dos séculos XVI, XVII e XVIII, até ao terramoto de 1755, o crescimento populacional notável da capital avoluma os problemas relacionados com a ocorrência de 'medonhas inundações' e com a higiene e limpeza da cidade;
- a época que se seguiu ao terramoto de 1755 constituiu uma era de progresso na capital, marcada pela reedificação da cidade e pelo estabelecimento do princípio da 'canalização metódica', cujos efeitos ainda actualmente se fazem sentir nas zonas mais antigas da cidade, em que perduram colectores unitários dispostos em malha, com ligação ao estuário do Tejo;

- o desenvolvimento industrial, com a conseqüente concentração populacional nas grandes cidades, levou a que só no século XIX tivesse sido autorizada a ligação das águas residuais doméstica às redes de drenagem pluvial existentes, o que agravou enormemente os riscos de transmissão de doenças de origem hídrica, devido às condições precárias daquelas redes;
- em Lisboa, por exemplo, quando no século passado se iniciou o abastecimento de água domiciliário, já existiam, sob os arruamentos da cidade, estruturas para a drenagem das águas pluviais urbanas. Tinham geralmente a soleira plana e eram construídos em cantaria, como os famosos colectores pombalinos da baixa Lisboa, ou em cascões de pedra rectangulares. Mais tarde, essas estruturas de drenagem passaram a drenar, também, águas residuais domésticas, funcionando como colectores, unitários;
- só praticamente no início século XX surgiu e se divulgou a instalação de colectores de betão, pré-fabricados ou betonados «*in situ*», com juntas fechadas de argamassa de cimento, oferecendo garantias de verificação de condições de auto-limpeza e de estanquidade.

Presentemente, a gestão dos sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) é um processo que se tem tornado cada vez mais complexo e dispendioso. Estes sistemas actualmente apresentam problemas, devido ao envelhecimento das infra-estruturas, à insuficiente capacidade de resposta ao crescimento dos aglomerados urbanos, e às conseqüências da alteração das condições para os quais foram projectados, e ao aumento da exigência da legislação ambiental que requer a utilização de mais recursos para garantir a sua conformidade.

Muitos destes sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) implantados na maioria das grandes cidades encontram-se no limite do tempo de vida útil (técnica) previsto, ou seja entre 50 a 100 anos e, com a agravante de que vários sistemas de drenagem doméstica e pluvial construídos nas últimas décadas apresentam importantes deficiências ao nível da qualidade de construção, dos processos construtivos, e da qualidade dos materiais utilizados. Em conseqüência, as entidades gestoras são confrontadas com a necessidade de reparar, renovar ou substituir os diferentes componentes do sistema de drenagem. Entende-se por *vida útil (técnica)* de um componente de uma infra-estrutura de drenagem como o período durante o qual este desempenha adequadamente as funções para as quais foi concebido e projectado, sem que para tal haja custos de manutenção e reparação imprevistos.

Para fazer face quer às exigências sociais, quer aos problemas actualmente relacionados com os sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR), são necessárias

novas abordagens capazes de solucionar os problemas num contexto de desenvolvimento sustentável.

Devido aos aspectos anteriormente referidos, a reabilitação dos sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) tem ganho um papel cada vez mais relevante no âmbito de uma gestão sustentável destes sistemas. Contudo, os processos de reabilitação de sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) acarretam normalmente elevados custos. Consequentemente, as obras de reabilitação dos sistemas irão aumentar nas próximas décadas devido à degradação das redes de águas residuais.

Desta forma, a rentabilização dos elevados recursos financeiros envolvidos na gestão dos sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) passa necessariamente pela adopção de procedimentos adequados para avaliação e selecção das estratégias de reabilitação mais vantajosas. No entanto, estes procedimentos devem permitir uma avaliação global da estratégia de reabilitação, consequentemente os critérios de avaliação não devem consistir apenas em aspectos de ordem estrutural e hidráulica mas também nos aspectos relacionados com os impactos ambientais e socioeconómicos, de forma a serem cumpridas as exigências legais e sociais, apoiando as entidades gestoras no planeamento da reabilitação das suas redes.

A possibilidade de encontrar soluções adequadas eficazes e eficientes, para a reabilitação dos sistemas de drenagem é, assim, facilitada através da conjugação da implantação de estratégias de reabilitação, onde sejam aplicados os conceitos de desenvolvimento sustentável e da utilização de um sistema de avaliação, com critérios objectivos dos impactos destas estratégias ao nível do sistema enterrado, dos meios receptores e das populações. Existem inúmeras alternativas e técnicas de reabilitação de redes de drenagem. A selecção da alternativa mais adequada para cada caso (e.g., renovação de uma tubagem sem abertura de vala) e o estabelecimento de prioridades de reabilitação são condicionadas por aspectos económicos, minimização de riscos e factores externos à própria entidade gestora (coordenada com os planos de pavimentação de vias ou intervenções noutras infra-estruturas envolvidas, por forma a minimizar custos, interrupções de drenagem e perturbação a terceiros).

Tendo em conta todos estes factores, hoje questiona-se cada vez mais - *Ainda se abre vala para reparar, renovar ou substituir infra-estruturas?* No processo de instalação de tubos enterrados é muitas vezes necessária a instalação de um tubo (colector de esgoto) debaixo de uma estrada. Para tal recorre-se normalmente à abertura de uma vala e ao corte do trânsito com todos os riscos, custos e inconvenientes que isso implica. No entanto, há casos onde esse corte não é possível, como travessia de rios, linhas de caminho de ferro, auto-estradas, ou até mesmo outras infra-estruturas enterradas, ou à superfície,

intransponíveis com o processo construtivo tradicional de vala aberta. No século XXI a sensibilização para a segurança é já maior e tornou-se uma prioridade nas obras, bem como o conforto das pessoas. Cortar o trânsito para executar uma obra é sempre um transtorno e um risco muito grande para as populações. Fruto do desenvolvimento e da necessidade de transpor obstáculos que, por vezes se julgavam intransponíveis, surge a instalação de tubos sem abertura de vala, aplicando-se as mais variadas tecnologias, desde os trabalhos mais pequenos, aos mais complexos. A reabilitação de sistemas de drenagem sem abertura de vala apresenta muitas vantagens face à vala aberta:

- é muito mais rápida;
- não necessita de reposição de pavimento;
- não necessita de movimentação de terras;
- não há transporte de materiais a aterros autorizados;
- é mais seguro para os trabalhadores, peões e veículos;
- é menos incómodo para as populações;
- não há cortes de trânsito em cruzamentos nem perturbação de entradas de casas e garagens.

Esta dissertação insere-se no domínio da avaliação e reabilitação dos sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) sem abertura de vala. Não pretende, no entanto, ser um documento exaustivo de aplicação, mas sim resumir e demonstrar alguns dos aspectos indispensáveis para a avaliação e reabilitação dos sistemas, tentando apresentar a informação de uma forma clara, actualizada e esclarecedora, fazendo referência, sempre que necessário, a outras publicações.

Objectivos e metodologia

O objectivo principal desta dissertação é o de apresentar várias técnicas de reabilitação de colectores de redes de drenagem de águas residuais sem necessidade de abertura de valas, através do entubamento ou encamisamento dos colectores existentes. Para o efeito, foi efectuado um levantamento exaustivo das técnicas de reabilitação mais utilizadas (e.g., encamisamento contínuo e pontual, entubamento simples – «*splilining*» e com rebentamento), dos seus custos relativos, das vantagens e inconvenientes e de critérios de selecção utilizados em cada caso. Frisa-se também a metodologia, materializada num modelo operacional para a selecção de técnicas de reabilitação mais adequada para colectores de sistemas de drenagem – o programa «*Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks*» (CARE-S). O programa «*Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks*»

(CARE-S) é um sistema para apoio à decisão, que pretende pragmaticamente apoiar as entidades gestoras no planeamento da reabilitação das suas redes, mas que até à data de hoje não funciona a 100% porque o processo de recolha de dados para alimentar o programa é muito demorada.

Serão descritos diferentes casos de estudo onde serão pormenorizadas técnicas de «*relining*», que é um processo de entubamento ou encamisamento contínuo que permite reabilitar de forma integral colectores de redes de drenagem de águas residuais ou pluviais repondo ou melhorando o comportamento estático e hidráulico original das tubagens, sendo evidenciados todos os passos de execução, bem como as vantagens de utilização da técnica de «*relining*».

A metodologia seguida no presente trabalho pode ser sintetizada nas seguintes fases:

- Uma revisão literária com o levantamento de: diferentes tipos de sistemas de drenagem, diferentes tipos de componentes e materiais utilizados em colectores de sistemas de drenagem, principais problemas nos sistemas de drenagem urbana, termos mais comuns utilizados em reabilitação e os seus respectivos conceitos e definições e soluções de reabilitação;
- Descrição das técnicas de reabilitação utilizadas em obras de redes de drenagem de águas residuais sem abertura de vala, sendo apresentada no final de cada descrição do método, um exemplo de uma proposta real adequada a cada técnica de reabilitação. Apresentação de um quadro resumo que relaciona cada técnica de reabilitação com o tipo de patologia, o tipo de operação, campos de aplicação, quais as suas vantagens e inconvenientes, bem como os materiais típicos dos colectores a reabilitar e a comparação de custos entre técnicas de reabilitação;
- Descrição da metodologia de apoio à decisão na reabilitação dos sistemas de drenagem - descreve-se o programa «*Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks*» (CARE-S) bem como o seu funcionamento e os respectivos módulos;
- Apresentação dos principais riscos associados aos trabalhos desenvolvidos nas técnicas de reabilitação de sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) e das respectivas medidas de prevenção;
- Aplicação de técnicas de reabilitação sem abertura de vala, a dois casos de estudo das entidades gestoras Saneamento da Costa do Estoril (SANEST) e Hospital de Cascais;

- Apresentação de um exemplo de uma demonstração da eficácia da aplicação da técnica de reabilitação sem abertura de vala;
- Apresentação de dois exemplos da melhoria contínua da aplicação das técnicas de reabilitação;
- Conclusões e recomendações para a aplicação de técnicas de reabilitação sem abertura de vala.

Estrutura e conteúdo

Esta dissertação divide-se em **7 capítulos** e um conjunto de anexos que contêm dados e informações complementares do texto principal. Após a Introdução faz-se, no **Capítulo 1**, o levantamento de diferentes tipos de sistemas de drenagem, diferentes tipos de componentes e materiais utilizados em colectores de sistemas de drenagem, principais problemas nos sistemas de drenagem urbana (deficiências estruturais, hidráulicas, e ambientais (descargas para o meio receptor)), terminologia mais comum utilizada em reabilitação e os seus respectivos conceitos e definições e soluções de reabilitação (reabilitação estrutural e hidráulica).

No **Capítulo 2** efectuou-se um levantamento das técnicas de reabilitação de colectores sem abertura de vala actualmente existente no mercado, tendo-se identificado cinco técnicas diferentes, organizadas em dois grandes grupos: técnicas de encamisamento (isto é, encamisamento pontual - «*short liner*» e contínuo com manga de fibras de feltro ou com manga de fibras de vidro) e técnicas de entubamento (isto, é, entubamento simples - «*sliplining*» e com rebentamento por destruição da tubagem existente). Cada técnica de reabilitação descreve os campos de aplicação, a técnica propriamente dita, as vantagens, alguns exemplos de danos ou defeitos construtivos reparados ou renovados, alguns exemplos antes e depois da reabilitação, procedimentos de aplicação. No final de cada descrição do método, é apresentado um exemplo de uma proposta real adequada a cada técnica de reabilitação, onde descreve a metodologia aplicada, os materiais utilizados e o tipo de cura. São apresentadas as metodologias de transfeça de caudais, bem como as metodologias de limpeza e as características dos materiais dos colectores reabilitados. É também apresentado um quadro resumo que relaciona cada técnica de reabilitação com o tipo de patologia, o tipo de operação, campos de aplicação, quais as suas vantagens e inconvenientes, bem como os materiais típicos dos colectores a reabilitar e a comparação de custos entre técnicas de reabilitação.

No **Capítulo 3** apresenta-se o funcionamento do programa «*Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks*» (CARE-S) e a descrição dos respectivos módulos que o

compõem. No final é realizado um resumo da metodologia de avaliação de estratégias de reabilitação do programa «*Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks*» (CARE-S).

No **Capítulo 4** referem-se as principais regras de segurança fundamentais a aplicar nas várias técnicas de reabilitação de colectores.

No **Capítulo 5** faz-se a apresentação da aplicação das técnicas de reabilitação a dois casos de estudo diferentes: um encamisamento contínuo com manga de fibras de vidro (cura por radiação ultravioleta) para renovar o Emissário da Cadaveira, e um entubamento com rebentamento com tubos modulares pelo processo dinâmico, primeiro caso de entubamento realizado em Portugal para renovar um troço da rede de drenagem doméstica do novo Hospital de Cascais.

No **Capítulo 6** apresenta-se um exemplo de demonstração da eficácia da aplicação da técnica de reabilitação sem abertura de vala. Efectua-se o cálculo de escoamento hidráulico.

No **Capítulo 7** faz-se a apresentação de dois exemplos da melhoria contínua da aplicação das técnicas de reabilitação (encamisamento pontual e encamisamento contínuo).

Por fim, apresentam-se as principais conclusões da pesquisa efectuada, tendo sido efectuadas recomendações para a aplicação de técnicas de reabilitação sem abertura de vala sugerindo como um trabalho futuro, a análise de mais casos de estudo diferentes de reabilitação, integrando-os na metodologia do programa «*Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks*» (CARE-S). De seguida encontram-se as referências bibliográficas que deram suporte a esta dissertação. A norma adoptada para a referência bibliográfica foi a norma da «*American Psychological Association*» (APA).

CAPÍTULO 1 - REVISÃO LITERÁRIA

1.1 Introdução

O presente capítulo incide numa abordagem aos diferentes tipos de sistemas de drenagem, diferentes tipos de componentes e materiais utilizados em colectores de sistemas de drenagem e principais problemas nos sistemas de drenagem urbana. Posteriormente é feito um levantamento dos termos mais comuns utilizados em reabilitação e os seus respectivos conceitos e definições e bem como das soluções de reabilitação.

1.2 Descrição geral dos sistemas de drenagem urbana

1.2.1 Objectivos da drenagem urbana

Os principais objectivos dos sistemas de drenagem urbana são (Cardoso, 2007):

- Colectar e transportar os efluentes das águas residuais domésticas até uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR);
- Conduzir as águas pluviais evitando a ocorrência de inundações;
- Assegurar que as condições de descarga sejam compatíveis com os objectivos de qualidade dos meios receptores.

Todos estes objectivos têm como finalidade preservar a saúde pública e os meios receptores.

1.2.2 Tipos de sistemas

Os sistemas de drenagem urbana são classificados em **unitários**, **separativos**, **mistos** e **pseudo-separativos**, consoante a natureza das águas que transportam (Decreto Regulamentar nº23/95, de 23 de Agosto – Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais, artigo 116º).

Os **sistemas unitários** são constituídos por uma única rede de colectores que transportam as águas pluviais, residuais domésticas e industriais. Em tempo seco, as águas residuais são transportadas para uma estação de tratamento e após terem sido tratadas são descarregadas para os meios receptores. Na ocorrência de precipitação, a capacidade do sistema ou da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) poderá ser insuficiente devido aos caudais elevados e as águas residuais podem ser directamente descarregadas nos meios receptores através dos descarregadores de tempestade.

Os **sistemas separativos** são constituídos por duas redes distintas, uma que drena as águas residuais domésticas e industriais para a Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), e outra que conduz e descarrega, regra geral, as águas pluviais para os meios receptores. Em teoria, a principal vantagem dos sistemas separativos é a separação dos dois tipos de efluentes, águas residuais domésticas altamente poluídas e águas pluviais com uma menor carga poluente. Na prática, a separação total dos dois tipos de efluentes nem sempre é possível devido à existência de ligações indevidas, o que pode levar a descargas de poluentes perigosos no meio receptor aquático através da rede pluvial. Assim, um sistema separativo pode apresentar um funcionamento semelhante a um sistema unitário. Esta situação é mais evidente, nos casos em que haja colectores domésticos com fissuras ou outro tipo de defeitos que permitam a entrada ou saída efluentes, cuja capacidade é excedida durante eventos de precipitação, devido à excessiva infiltração de águas subterrâneas ou por afluências indevidas.

A conjugação dos dois tipos de sistemas anteriores dá origem aos **sistemas mistos**, em que uma parte da rede de colectores funciona como sistema separativo e outra como sistema unitário. Este tipo de sistemas é muito vulgar em vilas e cidades antigas, em fase de crescimento ou de renovação.

Os **sistemas pseudo-separativos** são aqueles em que se admite que parte das águas pluviais afluente à rede de drenagem de águas residuais domésticas, por exemplo, é o da ligação de tubagens de drenagem de telhados, pátios e logradouros à rede separativa de águas residuais domésticas, por dificuldades físicas e construtivas de ligação à rede pluvial.

Durante os períodos chuvosos, os caudais em excesso afluentes à Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) são descarregados directamente nos meios receptores. Além dos sistemas de drenagem convencionais, com colectores e câmaras de visita, existem outros tipos de sistemas mas com aplicação muito limitada em Portugal, chamados de sistemas não convencionais. Estes sistemas destinam-se à drenagem de pequenos aglomerados populacionais, em condições topográficas desfavoráveis (regiões planas, montanhosas, zonas com elevados níveis freáticos).

1.3 Componentes dos sistemas

1.3.1 Tipos de componentes

Um sistema de águas residuais, seja separativo ou unitário, dispõe de um conjunto de componentes principais que incluem, em regra, além das tubagens e ligações no interior da habitação ou edificação (designadamente ramais de descarga, tubos de queda, algerozes e caleiras, colunas de ventilação, sifões e ralos), ramais de ligação à rede de

drenagem pública, colectores e câmaras de visita, câmaras de corrente de varrer, sarjetas e sumidouros. Além destes órgãos ou componentes comuns existem, por vezes, instalações complementares nos sistemas, designadamente descarregadores, instalações elevatórias, sifões invertidos e bacias de retenção. Excepcionalmente, recorre-se a túneis. Apresenta-se no Quadro 1 os componentes mais comuns dos sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR).

Quadro 1 – Componentes mais comuns dos sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) e respectiva finalidade

COMPONENTE	FINALIDADE
Rede de Colectores	Assegurar o transporte de águas residuais domésticas, industriais ou pluviais, provenientes quer dos edifícios quer das vias públicas, a um destino final adequado. O dimensionamento hidráulico-sanitário dos colectores deve obedecer a determinados critérios de forma a obter-se uma solução o mais económico possível, que garanta o escoamento dos caudais de projecto em condições hidráulicas, sanitárias e de durabilidade dos materiais, aceitáveis. Designam-se por colectores visitáveis aqueles que têm uma altura interior igual ou superior a 1,6 m.
Emissários e Interceptores	Transportar as águas residuais recolhidas pelas redes de drenagem, que têm serviço de percurso, para o local de tratamento ou de destino final. No caso de descarga no oceano, designam-se por emissários submarinos.
Estações Elevatórias	Elevar as águas residuais para uma cota superior. Devem ser instaladas sempre que se justifique a sua utilização, por exemplo (Caldas, 2000): <ul style="list-style-type: none"> • em alternativa ao escoamento gravítico quando a profundidade de assentamento dos colectores é economicamente inaceitável; • para ultrapassar obstáculos naturais ou de infra-estruturas urbanas; • para criar condições compatíveis com as características físicas a jusante, devido a condicionamentos topográficos da localização das Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Estas estações, sempre que possível, devem estar equipadas com descarregadores de tempestade ou de segurança.
Câmaras ou Caixas de Visita	São os órgãos mais numerosos e correntes em sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) e pluviais. Têm como função facilitar o acesso aos colectores para facilitar as operações de manutenção e observação em condições de segurança e eficiência adequadas. São utilizadas, em regra, sempre que exista uma mudança de direcção, de declive e de diâmetro dos colectores, nos pontos de confluência dos mesmos, no início dos sistemas e, sempre que exista um grande desnível deve ser instalada uma caixa de queda. Segundo a legislação portuguesa (Dec. Regulamentar nº 23/95) o afastamento entre caixas não deve exceder os 60m para colectores não visitáveis e 100m para colectores visitáveis.

Quadro 1 – Componentes mais comuns dos sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) e respectiva finalidade (Continuação)

COMPONENTE	FINALIDADE
Ramais de Ligação	As águas residuais prediais convergem à rede pública dos sistemas através dos ramais de ligação, que são ligados à rede nas câmaras de visita ou nos próprios colectores. Esta ligação é muitas vezes responsável pela ocorrência de caudais de infiltração nos colectores.
Sarjetas e Sumidouros	São os órgãos que vão garantir o encaminhamento das águas de escorrência superficial à rede de drenagem. As sarjetas estão colocadas no lancil dos passeios e permitem a entrada lateral de água na rede. No caso de sistemas unitários devem ser sifonadas para impedir a saída de gases para o exterior. Os sumidouros são órgãos localizados em qualquer local do pavimento, em que as águas entram pela parte superior do pavimento. Deve existir uma grade de modo a garantir a entrada de água sem prejudicar a circulação rodoviária e a segurança dos peões. Estes órgãos devem localizar-se nos pontos baixos da via pública e nos cruzamentos afastando o escoamento superficial da faixa de rodagem.
Câmaras de Corrente de Varrer	Sempre que não estejam asseguradas as condições de auto-limpeza dos colectores devem ser instaladas câmaras de corrente de varrer com o objectivo de garantir essa mesma limpeza. Em geral, esta situação verifica-se nos trechos a montante das redes unitárias ou separativas domésticas, devido à reduzida afluência de caudais. Existem dois tipos de câmaras de corrente de varrer, as automáticas e manuais. As primeiras possuem um sifão no fundo que entra automaticamente em funcionamento assim que a câmara esteja cheia, enquanto nas manuais o processo é realizado manualmente através da abertura de comportas localizadas no fundo da câmara.
Câmaras de Grades	Destinam-se a reter sólidos grosseiros em suspensão e corpos flutuantes de modo a proteger os colectores e órgãos situados a jusante.
Desarenadores	Remover partículas com dimensão igual ou superior a 0,2 mm (Dec. Regulamentar nº 23/95) e evitar a deposição de matéria orgânica. A sedimentação de partículas é originada pela redução da velocidade e da turbulência do escoamento. Os desarenadores são instalados, por exemplo, a montante de estações elevatórias para proteger o equipamento da abrasão causada pelas areias, e a montante de órgãos onde os efeitos causados pela acumulação de areias prejudiquem o bom funcionamento do sistema tais como, sifões invertidos, descarregadores, Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) e trechos de colectores onde não estejam garantidas as condições de auto-limpeza.
Descarregadores de Tempestade	São usualmente utilizados em sistemas de drenagem unitários ou pseudo-separativos e servem para desviar caudais que, durante a ocorrência de precipitações, excedem a capacidade de transporte dos colectores a jusante ou a capacidade da Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) e das estações elevatórias.

Quadro 1 – Componentes mais comuns dos sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) e respectiva finalidade (Continuação)

COMPONENTE	FINALIDADE
Estruturas de Retenção	São utilizadas em sistemas unitários ou separativos pluviais e destinam-se a regularizar o escoamento pluvial, amortecendo os caudais de ponta de águas pluviais, através do armazenamento de um determinado volume desses mesmos caudais num período de tempo limitado. O armazenamento ocorre em diversos tipos de estruturas, por exemplo, em bacias a céu aberto ou tanques em betão armado. Estes órgãos devem possuir um descarregador de tempestade ou segurança. As bacias a céu aberto ou bacias de retenção têm outras funções para além da regularização dos caudais, servem de reservas para combate a incêndios, reservatórios de rega, pólos de interesse turístico e recreativo, contribuem para um melhoramento da qualidade das águas pluviais, entre outros.
Sifões Invertidos	Quando é necessário ultrapassar obstáculos tais como condutas de água/gás e colectores pluviais ou depressões naturais do terreno são instalados sifões invertidos. Estes órgãos em forma de U funcionam graviticamente sob pressão sem perdas de energia significativas.
Túneis	Por vezes, quando as condições topográficas e geológicas o justifiquem economicamente, pode recorrer-se à construção de colectores em túnel (sem recurso à abertura de valas a céu aberto).

1.3.2 Materiais

1.3.2.1 Introdução

Os materiais considerados em regra preferencialmente elegíveis para a drenagem de águas residuais são o Policloreto de Vinilo (**PVC**), o Polietileno de Alta Densidade (**PEAD**), o Ferro Fundido Dúctil (**FFD**) e o Grés Vitrificado. A escolha destes materiais decorre de vários factores técnicos e económicos, numa conjuntura de mercado que é muito dinâmica, pelo que para cada situação de projecto e mesmo na fase de adjudicação da obra, deve ser efectuada uma avaliação das características e comportamentos expectáveis, em função do meio em que vão ser instalados e condições de operação a que vão ser submetidos, tendo como factores de ponderação, entre outros, os seguintes:

- custo;
- propriedades mecânicas, designadamente a resistência à pressão interior, a rigidez diametral e a resistência à flexão;
- propriedades hidráulicas (rugosidade interior e número de juntas), propriedades físicas (massa volúmica, condutibilidade eléctrica) e propriedades químicas (resistência à corrosão);
- disponibilidade do mercado e de pessoal especializado na montagem;

- experiência e uniformização de materiais utilizados em cada sistema (facilitando a exploração, manutenção e gestão de «stocks» de cada entidade).

1.3.2.2 Tipos de tubagens e acessórios para águas residuais

Tendo por base as disponibilidades do mercado actual em Portugal, a listagem dos materiais considerados como potencialmente utilizáveis em redes de colectores, é a seguinte:

Tubagens e acessórios de materiais cimentícios

- Fibrocimento – os colectores de fibrocimento foram muito utilizados nas décadas de 60 e 70. As tubagens são compostas por fibras de amianto e cimento, actualmente, este material caiu em desuso dada a natureza cancerígena de um dos seus componentes, o amianto, existindo, no entanto, extensões de colectores deste material em redes mais antigas. A união destas tubagens era efectuada, tipicamente, com juntas flexíveis do tipo Gibault em Ferro Fundido (FF). Os acessórios destas tubagens eram em Ferro Fundido (FF);
- Betão (*simples, armado, armado com alma de aço, pré-esforçado com alma de aço ou pré-esforçado sem alma de aço*) – nas soluções correntes, as tubagens de betão, não são revestidas, nem interiormente nem exteriormente. As tubagens de materiais cimentícios revestidos a betão podem ser especificadas com resistência química interna melhorada, por utilização adicional de materiais de melhores características, que protegem, ou substituem, a camada de betão em contacto com a massa líquida. Por encomenda, as tubagens de betão podem ser fornecidas com os seguintes revestimentos interiores: revestimento epoxídico e revestimento espesso de Policloreto de Vinilo (PVC) com espessura superior a 2 mm. Para a protecção exterior, as tubagens de betão podem ser fornecidas com os seguintes revestimentos protectores: revestimento exterior de base betuminosa e epoxídica; protecção exterior, aplicada em fábrica, com manga de polietileno e aumento de espessura da camada de betão de revestimento exterior.

Tubagens e acessórios de materiais cerâmicos

- Grés Vitrificado – pelas suas qualidades de fabrico, não necessitam de protecções adicionais. O problema, verificado no passado, de falta de qualidade deste material no mercado nacional fez com que o seu emprego em obras de saneamento fosse caindo em desuso. Em países como a

Alemanha, por exemplo, o grés vitrificado é um dos materiais por excelência mais utilizado nas redes de águas residuais. É importante referir que desde que o fabrico deste tipo de tubagem obedeça a um processo certificado ou em reconhecimento da qualidade, o produto final consegue ser tanto ou mais adequado, do ponto de vista técnico, que outros materiais para o transporte de águas residuais. O sistema de junta, que era igualmente um ponto fraco, foi significativamente melhorado com a adopção de materiais elastoméricos capazes de garantir níveis de estanquidade idênticos aos garantidos com outros tipos de tubagens. No passado, era usualmente utilizada argamassa de cimento que, atacada pela corrosão e associado ao grande número de juntas, dava origem a elevados caudais de infiltração. Como curiosidade, acrescenta-se que a primeira norma europeia (EN) que uniformizou os critérios da qualidade mínimos para tubagens com a égide da Comissão Europeia de Normalização (CEN) foi a EN 295-1 de 1991, intitulada, «*Vitrified clay pipes and fittings and pipe joints for drains and sewers. Part 1: Requirements*», ou seja, *tubagens e elementos complementares em grés e respectivo sistema de junta, destinados à realização de redes de saneamento*.

Tubagens e acessórios de materiais plásticos

- *Polietileno de Média, PEMD, ou Alta Densidade, PEAD (maciço alveolado ou corrugado)* - as tubagens de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) adequam-se à drenagem de águas residuais e pluviais, a emissários submarinos, a estações de tratamento e ao transporte de produtos químicos agressivos ou de produtos sólidos. É possível encontrar no mercado três tipos de união dos tubos: soldadura topo a topo, juntas de electrofusão, juntas de compressão e flanges. Os acessórios de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) são uniões de electrocussão e de compressão, curvas de 45° e 90°, tês, tomadas de carga, cones de redução, flanges, tampões, colarinhos e batentes com a mesma gama de diâmetros nominais das tubagens e com todas as possibilidades de juntas;
- *Policloreto de Vinilo, PVC (maciço ou corrugado)* - as tubagens de Policloreto de Vinilo (PVC) lisas utilizam-se em sistemas sob pressão e com superfície livre, sendo a sua utilização mais comum em sistemas de irrigação e para transporte de produtos químicos. É possível encontrar dois tipos de união dos tubos: por colagem e por juntas integrais. Os acessórios de Policloreto de

Vinilo (PVC), neste tipo de tubagens, são uniões, curvas, tês, cruzetas, cones de redução e flanges;

- *Poliéster Reforçado com Fibras de Vidro, PRFV (parede estruturada)* – as tubagens de Poliéster Reforçado com Fibras de Vidro (PRFV) adequam-se a sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) e de águas industriais, a emissários submarinos e a reabilitação de tubagens, por aplicação destes tubos no interior dos existentes. Estas tubagens podem permitir temperaturas de líquido até 90°C. As tubagens de Poliéster Reforçado com Fibras de Vidro (PRFV) apenas podem ser instaladas utilizando uniões de PRFV. Os acessórios existentes são uniões, curvas de 11°15', 22°30', 30°, 45°, 60° e 90°, tês, reduções e tampões com a mesma gama de diâmetros nominais das tubagens e em três tipos de materiais diferentes: Poliéster Reforçado com Fibras de Vidro (PRFV), Ferro Fundido Dúctil (FFD) e chapa de aço;
- *Polipropileno, PP (corrugado)*- A tubagem corrugada é a que apresenta a melhor relação qualidade/preço, porque pelo seu desenho, peso e características dimensionais é a mais rápida e fácil de instalar. Devido à sua excelente capacidade hidráulica, conseguem-se otimizar diâmetros reduzindo-se os custos da tubagem e da movimentação de terras. Pela sua elevada rigidez circunferencial específica e resistência aos agentes químicos, as tubagens são muito mais duradouras. Todas as partes do sistema são feitas no mesmo material, incluindo tubos, acessórios, caixas de inspeção, etc; excelente acabamento superficial e estabilidade dimensional. Têm elevada rigidez circunferencial – classes de rigidez SN4 e SN8, alta resistência ao impacto mesmo a baixas temperaturas e baixo peso específico – facilidade no manuseamento e instalação. O sistema de união é feito através de junta elástica, estando esta posicionada no perfil, o que vai evitar o seu deslocamento durante a instalação. Essa união por junta elástica garante uma estanquidade a 100%, eliminando a possibilidade de infiltrações para o interior do colector e de fugas e consequentemente a contaminação dos solos.

Tubagens e acessórios de materiais metálicos

- *Ferro Fundido Dúctil, FFD* - as tubagens de Ferro Fundido Dúctil (FFD) para escoamentos em pressão são particularmente adequadas para transporte de produtos químicos agressivos. É possível encontrar diversos tipos de ligação dos tubos: por juntas automáticas standart simples ou travadas, e por juntas flangeadas. Os acessórios de Ferro Fundido Dúctil (FFD) fornecidos pela

empresa Saint-Gobain para este tipo de tubagens são: uniões para flange, curvas de 11°15', 22°30', 45° e 90°, tês simples e de redução, cones e placas de redução e flanges cegas. As tubagens e acessórios de Ferro Fundido Dúctil (FFD) para saneamento podem ser fornecidos com os seguintes revestimentos interiores: cimento aluminoso centrifugado para efluentes com pH de 4 a 12 (revestimento corrente) e poliuretano para efluentes agressivos com pH de 1 a 13.

- Aço não ligado - as tubagens de aço utilizam-se em sistemas de drenagem de águas residuais (SDAR) e de águas pluviais e em emissários submarinos. Estas tubagens permitem temperaturas de líquido e pressões elevadas. São fabricadas varas lisas, pelo que é possível efectuar uniões entre tubos de três formas: uniões roscadas, flangeadas ou soldadas. Os acessórios de aço fornecidos para este tipo de tubagens são uniões, curvas de 45° e 90°, tês, cruzetas, forquilhas, cones de redução, tampões e flanges com a mesma gama de diâmetros nominais das tubagens. Podem apresentar diferentes soluções para a protecção da corrosão, apenas por separação dos métodos de fabrico da tubagem. Assim, o revestimento interno é normalmente constituído por argamassa de cimento aluminoso centrifugado para diâmetros até 700 mm, sendo para diâmetros superiores constituído por um barramento de resina epoxídica. O revestimento exterior é normalmente de polipropileno ou polietileno em camada tripla.

De seguida é apresentado o Quadro 2 que indica as principais vantagens e inconvenientes de diversos tipos de tubagens para águas residuais.

Quadro 2 – Principais vantagens e inconvenientes de diversos tipos de tubagens para águas residuais (adaptado de Gonçalves e Monteiro, 2002)

Tipo de tubagem	Principais vantagens	Principais inconvenientes
Fibrocimento	<ul style="list-style-type: none"> • baixo coeficiente de rugosidade (boas características hidráulicas); • peso reduzido; • baixa condutividade térmica; • resistência à corrosão electroquímica; • flexibilidade das juntas; • preços competitivos. 	<ul style="list-style-type: none"> • fragilidade ao choque e esforços de flexão; • sensibilidade a águas residuais e terrenos agressivos; • não existem acessórios de fibrocimento; • necessidade de revestimento interior e exterior; • condicionamentos de instalação decorrentes da presença de amianto no material de composição; • ataque pelo ácido sulfídrico.

Quadro 2 - Principais vantagens e inconvenientes de diversos tipos de tubagens para águas residuais (adaptado de Gonçalves e Monteiro, 2002) (Continuação)

Tipo de tubagem	Principais vantagens	Principais inconvenientes
Betão simples ou armado	<ul style="list-style-type: none"> vasta gama de resistências mecânicas; preços competitivos. 	<ul style="list-style-type: none"> fragilidade ao choque; sensibilidade a águas e terrenos agressivos; reduzida flexibilidade das juntas e garantia reduzida de estanquidade hidráulica; ataque pelo ácido sulfídrico.
Betão armado ou pré-esforçado	<ul style="list-style-type: none"> existência de acessórios; possibilidade de elevada resistência; flexibilidade de adaptação aos traçados; facilidade de ligação a tubagens de outros materiais; procedimentos de reabilitação bem estabelecidos; competitividade económica para grandes diâmetros. 	<ul style="list-style-type: none"> pouca flexibilidade das juntas; elevado peso; vulnerabilidade ao ataque de gás sulfídrico e outros ácidos; dificuldade de garantia de estanquidade.
Grés Vitrificado	<ul style="list-style-type: none"> elevada resistência a ataques químicos e abrasão; boa resistência mecânica e flexibilidade das juntas; baixo coeficiente de rugosidade e longevidade; acessórios disponíveis em grés. 	<ul style="list-style-type: none"> elevado peso relativo; fragilidade; custo pouco competitivo; alguns fabricantes não apresentam produtos de qualidade.
Poliétileno de Média (PEMD) ou Alta Densidade (PEAD)	<ul style="list-style-type: none"> leveza e resistência, em regra, a produtos químicos; flexibilidade; boa resistência ao choque e a vibrações. 	<ul style="list-style-type: none"> ataque por detergentes, solventes e hidrocarbonetos; degradação por radiação solar e calor (tubos azuis); difícil detecção de fugas.
Policloreto de Vinilo (PVC)	<ul style="list-style-type: none"> leveza; boa resistência, em regra, a produtos químicos; completa gama de acessórios; preços competitivos. 	<ul style="list-style-type: none"> sensibilidade ao choque e entalhes; risco de ovalização; sensibilidade à luz ultravioleta (UV) e ao calor.
Poliéster Reforçado com Fibras de Vidro (PRFV)	<ul style="list-style-type: none"> boa resistência a corrosão química e electrolítica; peso reduzido; facilidade de fabrico; uniões flexíveis; baixo coeficiente de rugosidade. 	<ul style="list-style-type: none"> vulnerabilidade a choques; vulnerabilidade à corrosão sob tensão; exigência de boa compactação das terras envolventes.

Quadro 2 - Principais vantagens e inconvenientes de diversos tipos de tubagens para águas residuais (adaptado de Gonçalves e Monteiro, 2002) (Continuação)

Tipo de tubagem	Principais vantagens	Principais inconvenientes
Polipropileno, corrugado (PPc)	<ul style="list-style-type: none"> • baixo peso específico por metro de tubo; • fácil e seguro de manusear e instalar em vala; • durabilidade – esperança de vida de 50 anos; • excelente resistência química e à corrosão; • excelente resistência à abrasão e à propagação de fissuras; • resistência a altas temperaturas; • excelente resistência ao impacto, mesmo a temperaturas abaixo de 0° C; • os sistemas de tubagem em Polipropileno (PP) têm integridade estrutural, são flexíveis e toleram movimentos do solo; • baixa probabilidade de falha comparado com os materiais tradicionais; • preço competitivo; • coeficiente de rugosidade inferior. 	<ul style="list-style-type: none"> • risco de ovalização.
Ferro Fundido Dúctil (FFD)	<ul style="list-style-type: none"> • boa resistência mecânica; • resistência a elevadas pressões internas; • impermeável aos gases e óleos; • possibilidade de utilização de juntas travadas (evitando ancoragens); • simplicidade do equipamento de instalação; • disponibilidade de acessórios. 	<ul style="list-style-type: none"> • peso elevado; • corrosão por ácido sulfúrico (o que exige protecção) e outros ácidos; • custo relativamente elevado.
Aço não ligado	<ul style="list-style-type: none"> • elevada resistência mecânica; • impermeabilidade a gases e óleos; • possibilidade de utilização de juntas flexíveis; • possibilidade de utilização de juntas travadas (evitando ancoragens); • simplicidade do equipamento de instalação. 	<ul style="list-style-type: none"> • exigência de protecção, interna e externa, para controlo da corrosão; • exigência de pessoal qualificado; • custo elevado.

O Quadro 3 indica qual a correspondência entre os materiais originais de cada colector e o processo de reabilitação (descritos nesta dissertação) que estas podem admitir. Será de salientar que este quadro não é vinculativo pois os processos poderão ser sempre adaptados à situação em causa.

Quadro 3 – Correspondência entre técnicas de reabilitação e materiais originais dos colectores
(adaptado de CSIRO, 2007)

Técnica / Material	PEAD	PRFV	PVC	PP	FFD	Betão	Fibrocimento	Aço
Encamisamento Pontual - «short – liner»	X	X	X	X	X	X	X	X
Encamisamento contínuo (manga fibras de feltro com cura por calor)	X	X	X	X	X	X	X	X
Encamisamento contínuo (manga de fibras de vidro com cura por radiação ultravioleta)	X	X	X	X	X	X	X	X
Entubamento Simples – «sliplining» (com tubos de polietileno convencionais)	X	X	X	X	X	X	X	X
Entubamento Simples – «sliplining» (com tubos modulares)	X	X	X	X	X	X	X	X
Entubamento com rebentamento (com tubos de polietileno convencionais)	X	X	X	X		X	X	
Entubamento com rebentamento (com tubos modulares)	X	X	X	X		X	X	

1.4 Principais problemas nos sistemas de drenagem urbana

1.4.1 Aspectos gerais

Os problemas mais comuns associados aos colectores dos sistemas podem ser divididos em dois tipos, problemas estruturais e problemas hidráulicos (EN 752-8, 2007 *Drain and Sewer Systems Outside Buildings*).

Os principais problemas que hoje se colocam nos sistemas de drenagem urbana são essencialmente ao nível de (Matos et al., 1994; LeGauffre et al., 2004):

- Deficiências nas redes de colectores existentes, hidráulicas ou estruturais, quer se tratem de sistemas unitários ou separativos; constituem exemplos frequentes: ligações indevidas de origem pluvial à rede doméstica, ligações indevidas de origem doméstica à rede pluvial, deficientes condições de assentamento dos colectores, deficiente qualidade e consequente mau

comportamento dos materiais, infiltração, exfiltração, obstruções, insuficiente capacidade de transporte e de armazenamento;

- Ausência ou deficiente funcionamento das Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR's), de que resulta o lançamento para os meios receptores aquáticos (águas superficiais ou subterrâneas) ou terrestres (solo ou linhas de vale secas a maior parte do ano) de águas residuais brutas ou não convenientemente tratadas;
- Descargas directas para o meio receptor provenientes de excedentes de sistemas unitários em tempo de chuva, ou de sistemas separativos pluviais com impacte negativo no meio receptor.

1.4.2 Degradação dos sistemas

1.4.2.1 Considerações gerais

As deficiências estruturais, hidráulicas e ambientais que se reflectem nas descargas para o meio receptor estão geralmente relacionadas. Por exemplo, problemas estruturais podem resultar de pequenos defeitos, quando um colector se encontra assente num certo tipo de solo e sujeito a sobrecargas hidráulicas devido a insuficiente capacidade. O colapso de um colector pode ser devido a uma perda de suporte lateral resultante de ciclos de exfiltração/infiltração.

Por sua vez, à medida que aumenta a idade do sistema de drenagem, aumentam a rugosidade dos colectores, os sedimentos e incrustações e conseqüentemente, diminui a capacidade hidráulica. A diminuição de capacidade contribui para a ocorrência de sobrecargas nos colectores e para uma degradação estrutural acrescida.

1.4.2.2 Deficiências estruturais

As deficiências estruturais normalmente têm na sua origem em pequenos defeitos iniciais. Geralmente, os defeitos iniciais resultam de métodos construtivos deficientes, cargas verticais excessivas, assentamento indevido, folgas nas juntas ou ligação deficiente, interferências de terceiros (e.g. ligações clandestinas) e escavações (ASCE, 1994; Delleur et al., 1996). A degradação posterior pode ocorrer devido à erosão do material de ligação e corrosão do betão por sulfureto de hidrogénio (H₂S) e outras substâncias químicas.

Nos colectores de betão, a infiltração da água ou infiltração/exfiltração num colector, pode causar a lavagem de partículas do solo, resultando numa perda de suporte lateral gradual. A perda de suporte lateral permite o desenvolvimento de uma fissura para

uma fractura, e pode resultar num abatimento do colector. O colapso nestas condições será iminente. Outro processo de colapso, consiste na lavagem de partículas do solo através de folgas nas juntas ou ligações deficientes, resultando na perda de suporte na zona da junta, e no conseqüente deslocamento e abertura da junta.

Na maioria dos colectores de alvenaria, existem problemas estruturais. Normalmente o primeiro mecanismo de degradação a surgir é a perda de argamassa das juntas. Conseqüentemente, pode ocorrer uma intensificação de processos, como a infiltração e a intrusão de raízes. A infiltração de água subterrânea pode originar uma lavagem das partículas do solo. Os vazios originados, resultam em perda de suporte por debaixo do colector. À medida que a caleira se afunda na zona de vazios, ocorre uma perda de integridade estrutural e as paredes poderão cair.

A corrosão interna ocorre quando o sulfureto de hidrogénio reage com a água condensada na coroa do colector, originando ácido sulfúrico (H_2SO_4). O ácido sulfúrico corrói a parede de betão do colector. A corrosão externa, resultante de solos e da água subterrânea com características corrosivas, e a corrosão interna, devida a efluentes industriais, também contribui para a degradação de colectores (Delleur et al., 1996).

1.4.2.3 Deficiências hidráulicas

Uma deficiência hidráulica ocorre quando um sistema de drenagem não é capaz de transportar o escoamento de acordo com as condições de projecto. As principais conseqüências de uma falha hidráulica consistem em inundações, sobrecarga hidráulica, infiltração ou exfiltração, obstruções e escoamento instável.

A inundação é a conseqüência mais comum resultante de falhas hidráulicas, e inclui a inundação de ruas e caves (Barber, 1992). A sobrecarga hidráulica resulta da passagem de escoamento gravítico em superfície livre para escoamento sob pressão, ocorrendo geralmente, quando a capacidade do colector é excedida. A redução da capacidade pode ser devida a um aumento da rugosidade. O aumento da rugosidade pode resultar de vários factores, como por exemplo deslocamento de juntas, idade dos colectores, acumulação de materiais nas paredes, incrustações, perda de tijolos ou de argamassa em colectores de alvenaria, e acumulação de sedimentos (Delleur et al., 1996).

A infiltração consiste na água que entra num sistema através de colectores com defeitos, juntas, ligações danificadas ou paredes da câmara de visita. Normalmente, a infiltração ocorre na presença de níveis freáticos elevados, mas também pode ocorrer devido a eventos de precipitação ou fugas de sistemas de abastecimento de água (ASCE, 1994). Como já foi referido, no ponto 2.4.2.2., a infiltração contribui para a ocorrência de deficiências estruturais.

As ligações indevidas resultam numa redução da capacidade hidráulica, aumentando a probabilidade de ocorrência de sobrecargas hidráulicas. Consequentemente, contribuem para a degradação estrutural e para um aumento do potencial de colapso (ASCE, 1994).

1.4.2.4. Deficiências ambientais (descargas para o meio receptor)

Os efluentes descarregados por sistemas unitários nos meios receptores, contêm diferentes tipos de poluentes, incluindo sólidos grosseiros, sólidos suspensos (e os poluentes e bactérias associados a estes) e poluentes dissolvidos (Ashley e Verbanck, 1996).

A rede pluvial descarrega directamente nos meios receptores aquáticos. Este facto é muito importante quando se analisam redes mais antigas, normalmente, projectadas de forma a drenar o mais rapidamente possível os elevados escoamentos superficiais de áreas urbanas, sem nenhuma consideração pelos impactos quantitativos e na qualidade das águas receptoras.

Além das ligações indevidas, também há que ter em conta que a qualidade do escoamento superficial pode ser imprópria para descargas sem tratamento, devido à lavagem dos contaminantes acumulados nas superfícies urbanas, como materiais sólidos, bactérias, matéria orgânica, nutrientes e metais, consequentemente o seu efeito na qualidade do meio receptor aquático pode ser significativo, dependendo das suas características.

Os impactos em meio receptores causados por descargas de redes pluviais e de sistemas unitários e efluentes de Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR's), dependem das características da bacia que gera esses efluentes (em termos de quantidade e qualidade de água) e das características do meio receptor. Os impactos de descargas de sistemas unitários e de redes pluviais são mais significativos em pequenas linhas de água urbanas, onde a diluição das águas residuais é pouco significativa. Estas pequenas linhas de água podem apresentar impactos não desprezáveis devido a caudais elevados, choques térmicos, substâncias químicas e bactérias fecais e patogénicas. A morfologia das linhas de água pode ser significativamente alterada, contribuindo para a destruição de habitats. Normalmente, os impactos de descargas em rios são menores do que os observados em pequenas linhas de água, devido a uma maior capacidade de diluição de poluentes e de auto-depuração. Em lagos de grandes dimensões ou oceanos, os impactos de descargas de sistemas unitários ou redes pluviais, normalmente, ocorrem nas águas costeiras na vizinhança das áreas urbanas (Marsalek, 1998).

1.5 Terminologia e conceitos associados à reabilitação

1.5.1 O que é a reabilitação?

A reabilitação é definida na Norma NP EN 752-1 (1999) como *o conjunto de medidas para restaurar ou melhorar o desempenho de um sistema de águas residuais existente*. De acordo com a norma NP EN 752-5 (2000), as técnicas de reabilitação podem ser classificadas em três grupos:

- Reparação
- Renovação
- Substituição

Considera-se importante apresentar neste capítulo a base terminológica utilizada na presente dissertação, dado que termos como *reabilitação*, *substituição*, ou *renovação* são muitas vezes incorrectamente utilizados e os conceitos confundidos. Por exemplo, a reabilitação de um sistema de drenagem de águas residuais (SDAR) pode incluir a substituição de um troço de um colector ou apenas a reparação do mesmo. Apresenta-se no Quadro 4 a definição de um conjunto de termos relacionados com a reabilitação.

Quadro 4 – Palavras-chave de terminologia no que se refere a reabilitação

Terminologia		Definição	Observações
em português	em inglês		
Reabilitação	« <i>Rehabilitation</i> »	Conjunto de medidas para restaurar ou melhorar o desempenho de um sistema de drenagem de águas residuais existente.	A reabilitação estrutural inclui a <i>substituição</i> e a <i>renovação</i> . A reabilitação hidráulica inclui a <i>substituição</i> , o <i>reforço</i> e, eventualmente, a <i>renovação</i> .
Renovação	« <i>Renovation</i> »	Trabalhos que incluem a totalidade ou parte de um sistema de drenagem de águas residuais existentes e por meio dos quais é melhorado o seu desempenho actual.	A <i>renovação</i> pode incluir a <i>reparação</i> .
Reparação	« <i>Repair</i> »	Intervenção destinada a rectificar anomalias localizadas.	

Quadro 4 – Palavras-chave de terminologia no que se refere a reabilitação (Continuação)

Terminologia		Definição	Observações
Revestimento	«Relining»	As chamadas técnicas de « <i>relining</i> » são aquelas que permitem a instalação de um tubo (ou uma manga) dentro de outro não deixando qualquer espaço vazio entre o tubo existente e o novo tubo. Desta forma consegue-se o efeito de tubo novo com uma pequena redução do diâmetro interior do tubo existente.	
Substituição	«Replacement»	Construção de um novo ramal ou colector, no alinhamento ou não de um ramal ou colector existente, substituindo-o.	<i>A capacidade da nova instalação pode ser diferente da substituída. No caso de colectores, deve contabilizar-se como substituição a instalação de revestimentos internos estruturais.</i>

1.5.2 Porquê e quando reabilitar?

Quando existe a necessidade de melhorar níveis de desempenho até valores de referência aceitáveis, ao custo mínimo, ou seja, otimizando os recursos disponíveis (humanos, técnicos, operacionais e logísticos).

Os aspectos mais importantes a considerar na avaliação do desempenho para efeitos de reabilitação prendem-se com:

- a protecção da saúde pública;
- a prevenção de inundações;
- a integridade estrutural;
- as condições de segurança do pessoal;
- a qualidade ambiental dos meios receptores.

1.5.3 Como reabilitar?

Através de uma sequência lógica, integrada e articulada de procedimentos, pesquisas, medidas, acções e processos de decisão.

O processo de reabilitação pode ser sistematizado em quatro grandes fases, conforme se apresenta na Figura 1.

- *1ª Fase - Planeamento inicial* – inclui a recolha programada e sistemática de dados e de inspecções de campo complementares para a percepção de deficiências;

- *2ª Fase - Estudos de diagnóstico* – inclui a análise e a avaliação de condições de funcionamento com recurso nomeadamente à visualização e a inspeção local, à modelação matemática, à monitorização dos sistemas e à avaliação do desempenho, em termos hidráulicos, ambientais e estruturais;
- *3ª Fase - Estratégia e planeamento das intervenções* – inclui a selecção das opções mais adequadas e a realização de um plano das intervenções no terreno;
- *4ª Fase – Execução e monitorização das intervenções* – inclui a concretização das soluções preconizadas de reabilitação, a avaliação da sua performance e eventuais ajustes nas soluções finais.

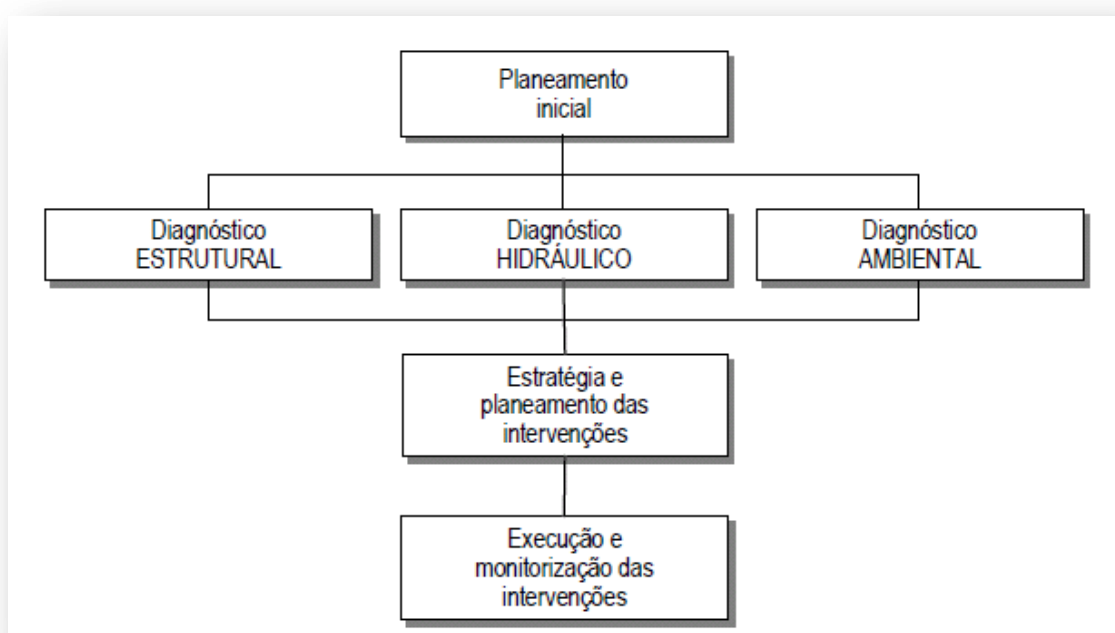


Figura 1 – Processo de reabilitação sistematizado em quatro grandes fases (adaptado de Cardoso e Matos, 1999)

A cada uma das quatro fases mencionadas corresponde um conjunto mais alargado e sistematizado de procedimentos e acções exemplificados de forma mais detalhada na Figura 2:

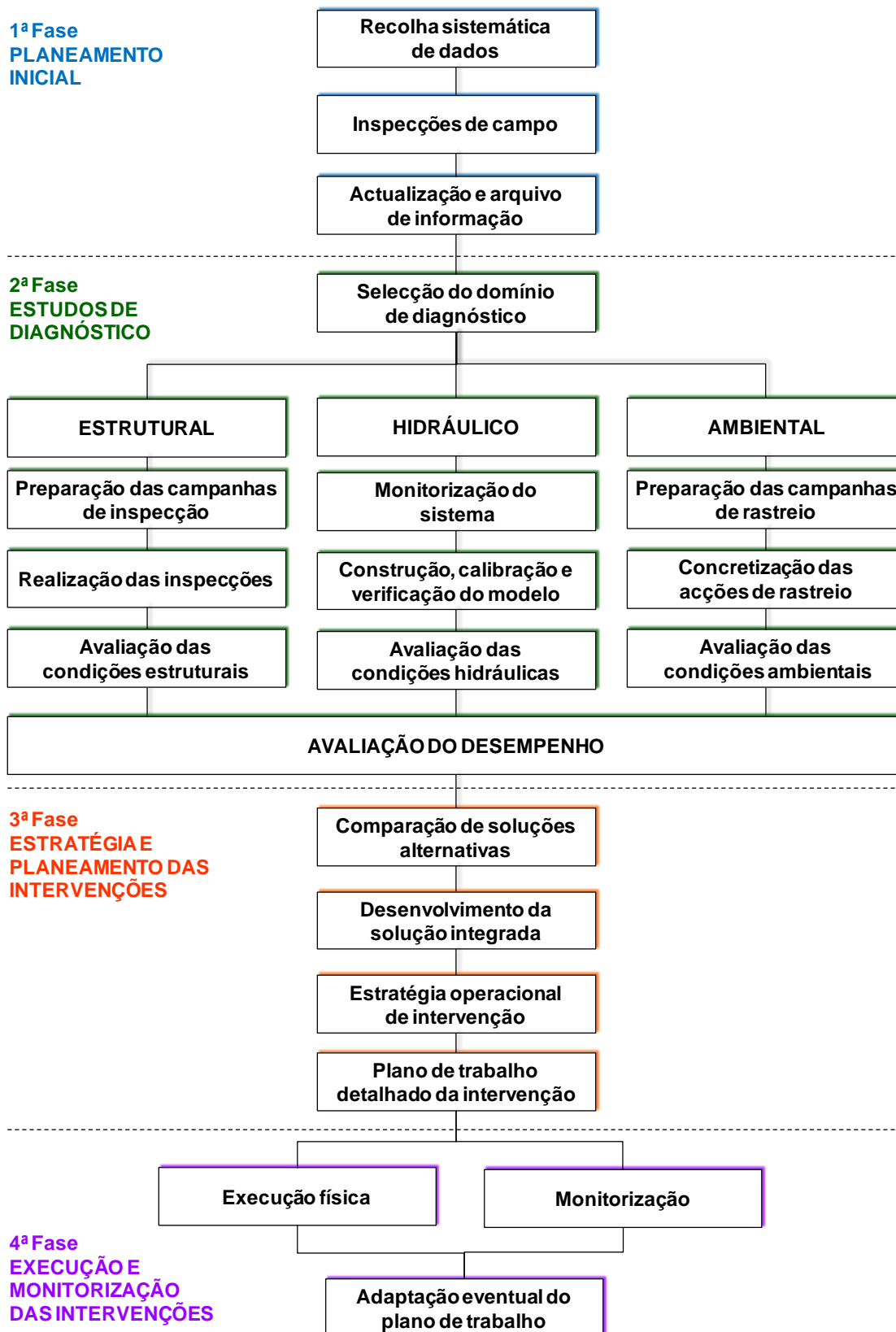


Figura 2 – Processo de reabilitação sistematizado em quatro grandes fases – organograma detalhado (adaptado de Matos, 1999)

1.6 Soluções de reabilitação

1.6.1 Aspectos gerais

Após uma análise hidráulica e inspeção estrutural é possível concluir se uma rede de drenagem possui:

- Problemas estruturais;
- Boas condições estruturais mas problemas de domínio hidráulico.

Em qualquer um dos casos é geralmente mais económico renovar do que substituir (Read e Vickridge, 1997). Na norma portuguesa NP EN 13380 (2007) a definição de renovação pode ser entendida como os *trabalhos que incluem a totalidade ou parte de um sistema de drenagem de águas residuais existente e por meio dos quais é melhorado o seu desempenho actual*, e o conceito de reabilitação é indicado como o *conjunto de medidas para restaurar ou melhorar o desempenho de um sistema de drenagem de águas residuais existente*.

O conceito de ciclo de vida de um sistema urbano de drenagem de águas residuais pode ser observado na Figura 3 (Read e Vickridge, 1997).

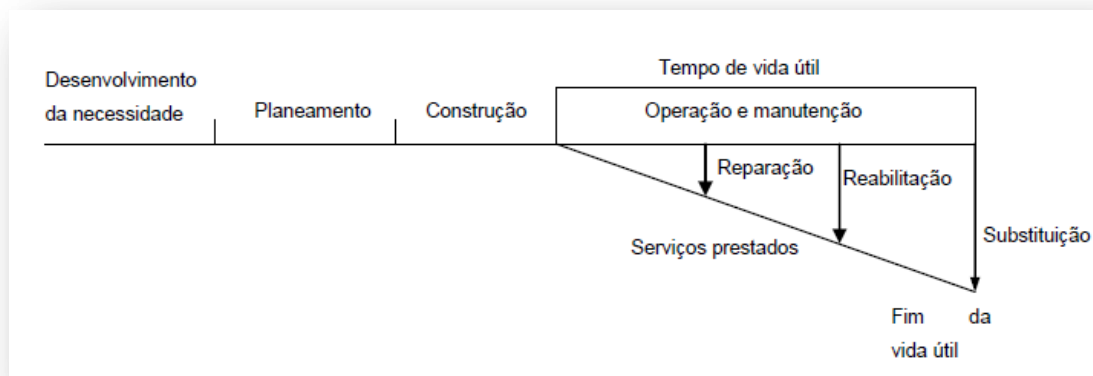


Figura 3 – Ciclo de vida dos sistemas de drenagem urbana (adaptada de Read e Vickridge, 1997)

O tempo de vida útil de um sistema é precedido por três fases (desenvolvimento da necessidade, planeamento e construção do sistema), e durante a vida útil são realizadas as operações (NP EN 752-5, 2000):

- Reparação;
- Renovação;
- Substituição.

Se não forem realizados os dois primeiros processos em tempo apropriado – caso sejam necessários – a vida útil do sistema é reduzida devido ao risco de um colapso grave.

1.6.2 Reabilitação estrutural

A reabilitação estrutural pode ser efectuada através dos métodos acima descritos:

- Reparação – rectificação de defeitos localizados;
- Renovação – conjunto de medidas para restaurar ou melhorar o desempenho de um sistema de drenagem de águas residuais;
- Substituição – construção de um novo ramal ou colector, no alinhamento ou não de um ramal ou colector existente, substituindo-o.

Nas últimas décadas, o mercado de tecnologias de reabilitação evoluiu rapidamente. Esta evolução é mais notória na vertente das tecnologias de reabilitação que não requerem a abertura de vala. Este tipo de tecnologias apresenta a vantagem de comportar menos custos sociais. É importante distinguir os processos de *reabilitação* dos processos de *manutenção*. Os processos de manutenção são trabalhos de rotina que se realizam para assegurar o bom funcionamento dos sistemas (NP EN 752-1, 1999). O seu objectivo é manter o sistema de colectores operacional sem recorrer à instalação de materiais adicionais. Como exemplo de um trabalho de manutenção, refere-se a limpeza de colectores.

As tecnologias de reabilitação são um mercado em expansão, periodicamente surgem novas tecnologias ou aperfeiçoamentos de tecnologias pré-existentes. Actualmente, há uma vasta gama de tecnologias disponíveis no mercado que permitem solucionar vários tipos de problemas.

1.6.3 Reabilitação hidráulica

Os métodos de reabilitação do desempenho hidráulico em colectores incluem o aumento da capacidade hidráulica, a diminuição do caudal de ponta e a redução do volume de escoamento (Delleur et al., 1996).

Um aumento da capacidade hidráulica dos colectores pode ser obtido, através de (Macaitis, 1994):

- Operações de manutenção nos colectores, que permitam a remoção de raízes, depósitos sólidos, siltes, ramais protuberantes nos colectores, etc.;
- Redução da rugosidade hidráulica, através da aplicação de revestimentos;
- Renovação ou melhoria da condição estrutural dos colectores;

- Implantação de colectores paralelos;
- Substituição de colectores, se possível, de diâmetro superior ao do colector existente;
- Outro método de reabilitação hidráulica consiste na utilização de armazenamento no sistema e/ou fora do sistema. O efeito do armazenamento pode traduzir-se na sedimentação de sólidos suspensos, na protecção contra inundações, na atenuação dos caudais de ponta, na retenção de substância perigosas e diminuição dos níveis do escoamento da rede de colectores a jusante (Field, 1993).

1.6.4 Reabilitação ambiental

A reabilitação ambiental pode ser efectuada através das seguintes opções (Cordeiro, 2008):

- a) Redução de entradas poluentes no sistema por meio de:
 - Bacias de sedimentação, câmaras de grades e desarenadores;
 - Uso de vegetação para absorver poluentes do escoamento superficial antes de entrarem no sistema;
 - Controlo de efluentes (ex: efluentes industriais).
- b) Diminuição da descarga de poluentes nos meios receptores por meio de:
 - Aumento do tratamento de caudais;
 - Tratamento de descargas de águas pluviais;
 - Melhoramentos na retenção de sólidos e do desempenho hidráulico dos descarregadores de tempestade;
 - Controlo em tempo real.
- c) Diminuição do impacto por deslocalização de pontos de descarga.
- d) Redução da exfiltração por meio de:
 - Reparação;
 - Renovação;
 - Substituição.

CAPÍTULO 2 - REABILITAÇÃO DE REDES DE DRENAGEM DOMÉSTICA E PLUVIAL (SEM VALA ABERTA)

2.1 Introdução

Para a reabilitação de redes de drenagem existem, actualmente no mercado, dois processos sem vala aberta e que dão origem a diferentes técnicas de reabilitação. Esses processos diferenciam-se pelos materiais e equipamentos utilizados e pelas patologias detectadas. Os dois processos são o encamisamento, que consiste em revestir interiormente o colector com um material que confira a mesma ou maior resistência estrutural ou maior capacidade de transporte, e o entubamento, que consiste na inserção de uma segunda tubagem no interior do colector a reabilitar.

Na presente análise não se foca a intervenção clássica em vala aberta pois todo o objectivo desta dissertação é encontrar alternativas a esta técnica.

Apresentam-se no Quadro 5 as principais técnicas de reabilitação de colectores mais utilizadas em cada um dos processos.

Quadro 5 – Técnicas de reabilitação de colectores mais utilizadas

Processo	Técnica	Operação
Encamisamento	Encamisamento Pontual « <i>short liner</i> »	Reparação
	Encamisamento Contínuo com manga de fibras de feltro (cura por calor)	Renovação
	Encamisamento Contínuo com manga de fibras de vidro (cura por radiação ultravioleta)	Renovação
Entubamento	Entubamento Simples – « <i>sliplining</i> » tubos de polietileno convencionais ou modulares	Renovação
	Entubamento com rebentamento – tubos de polietileno convencionais ou modulares	Renovação

Apresentam-se, nos subcapítulos seguintes, as técnicas acima referidas com uma breve descrição do método, as matérias-primas utilizadas e o procedimento de aplicação, bem como as suas principais vantagens e inconvenientes. Seguidamente a cada descrição do método será dado um exemplo real de uma proposta adequada a cada técnica de reabilitação.

2.1.1 Manutenção preventiva. Porquê?

Nos últimos anos, tem vindo a assistir-se a uma crescente necessidade de intervenção nas redes de drenagem de águas residuais. Nas últimas décadas, a rápida deterioração dessas redes tem vindo a ser um grande problema técnico e económico.

Durante muitos anos, essas redes foram consideradas resistentes e duráveis e dispensavam qualquer tipo de manutenção ou reparação. Contudo, o envelhecimento natural do próprio material, o aumento de carga sobre as referidas redes devido ao aumento de população transeunte, ou aumento de sobrecargas devido à construção de estruturas e ao aumento de veículos, levam a que todas estas redes se deterioresem com o passar dos anos. Assim sendo, é necessário que haja manutenção preventiva para evitar que essas redes cheguem ao colapso (*cf.* Figura 4).



Figura 4 – Colapso de uma rede de drenagem (MANVIA, 2009)

2.1.2 Como prevenir estas situações?

Para evitar situações de colapso da rede de drenagem, deverão efectuar-se inspecções técnicas com uma periodicidade média de 3 a 5 anos e quando identificada uma patologia seja ela pontual ou contínua aplicar a melhor técnica de reabilitação.

Nas redes de drenagem de águas residuais as patologias dividem-se em dois tipos, que são:

- **Patologias Pontuais** – são patologias limitadas em extensão e com baixa repetição como se pode ver na Figura 5 abaixo representada;



Figura 5 – Exemplos de patologias pontuais (MANVIA, 2005)

- **Patologias Contínuas** – patologias com elevada extensão ou com alta repetição, como se pode ver na Figura 6 abaixo representada.

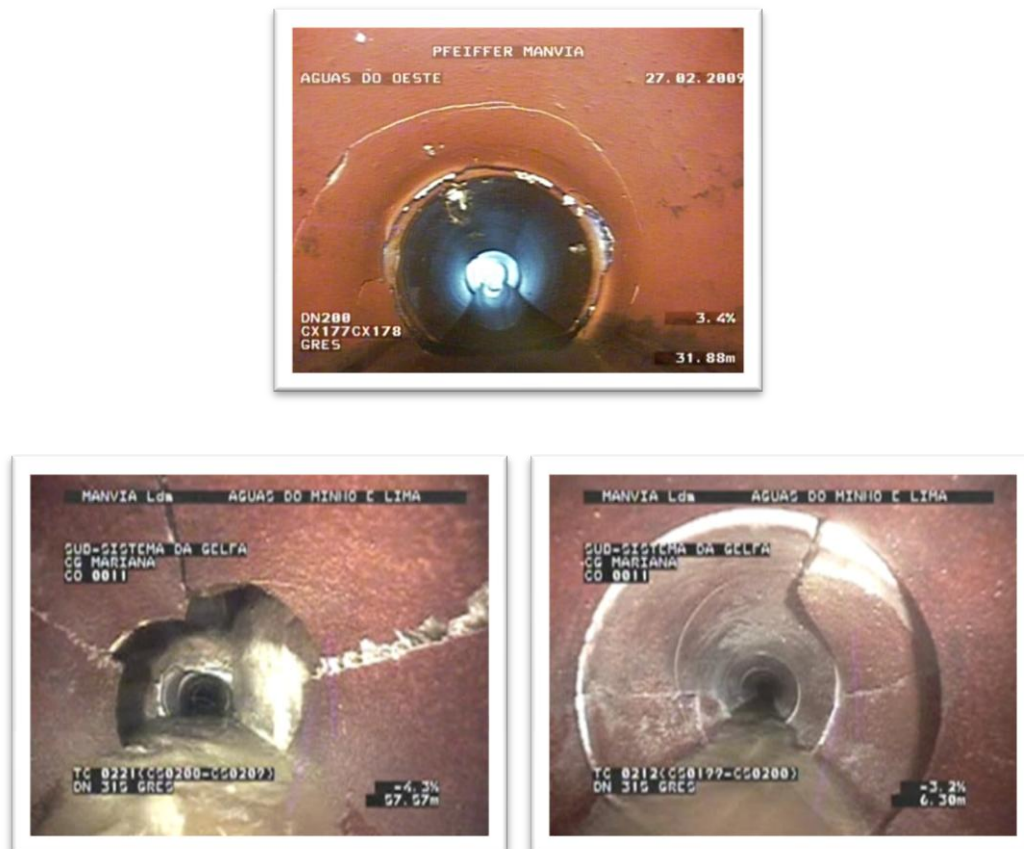


Figura 6 – Exemplos de patologias contínuas (MANVIA, 2007)

2.2 Técnicas de reabilitação para patologias pontuais

A reparação localizada de tubagens sem abertura de vala, pode ser executada por:

- Encamisamento pontual - **método «short liner»**

2.2.1 Encamisamento pontual – método «short liner»

O processo de encamisamento pontual, também designado por «short liner» (MANVIA, 2007) permite reparar defeitos localizados em redes colectoras e emissários de águas residuais ou pluviais (*cf.* Figura 7), repondo as condições de estanquidade, e as capacidades estruturais e hidráulicas das tubagens.

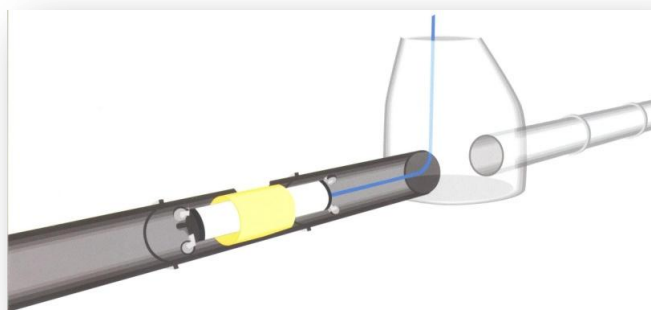


Figura 7 – Encamisamento pontual «short liner» - reparação localizada de redes de saneamento sem abertura de valas (MANVIA, 2007)

A execução integral dos trabalhos de reparação pontual em redes de drenagem inclui:

- Inspeção de vídeo preliminar para identificação dos defeitos ou danos;
- Verificação estrutural do colector;
- Projecto de detalhe das reparações a efectuar;
- Limpeza do colector;
- Montagem e manutenção de sistemas de «by-pass» durante a execução da reparação;
- Reparação pontual;
- Inspeção de vídeo final e emissão de relatório das reparações;
- Controlo de qualidade, segurança e protecção do meio ambiente.

2.2.1.1 Campos de aplicação

Reparação de colectores em diversos materiais entre DN100 e DN800 para os seguintes defeitos:

- Roturas localizadas com ou sem entrada de águas freáticas;
- Fissuras longitudinais, transversais ou mistas;
- Desfragmentação parcial;
- Desalinhamento em juntas;
- Penetração de raízes;
- Penetração de objectos;
- Corrosão localizada.

2.2.1.2 A técnica

O método consiste em introduzir e curar um troço de tubo em material compósito de fibras de vidro sobre a zona danificada.

A reparação dos danos faz-se de forma localizada e descontínua em pontos seleccionados da rede. Previamente à aplicação da reparação, a tubagem deverá ser convenientemente limpa por jacto de água em alta pressão e inspeccionada. A análise das filmagens deverá permitir decidir quais os locais que serão alvo de reparação.

A manta de fibras de vidro é então cortada na medida prevista para o diâmetro a reparar e impregnada com resina apropriada seleccionada em função da natureza mais ou menos agressiva dos caudais.

O material impregnado é colocado em torno de um dispositivo insuflável que o transportará até à zona do defeito (uma câmara de inspecção vídeo poderá ser necessária para obter a posição correcta).

Colocado sobre o defeito o dispositivo insuflável é expandido por acção de ar comprimido, pressionando o material contra a zona danificada. Após cura de 45 minutos, é retirado o ar ao dispositivo, deixando sobre a zona danificada um troço curado de tubo de material compósito.

2.2.1.3 Vantagens

As vantagens deste método são:

- Elimina totalmente a necessidade de remover pavimentos e abrir valas (todos os trabalhos são executados a partir das caixas de visita existentes);
- Reparações mais rápidas (menos que 2 horas por defeito pontual reparado);
- Celeridade na resposta (o sistema é facilmente mobilizável para qualquer ponto do país e não envolve equipamento pesado);
- Impacto mínimo dos trabalhos à superfície;
- Perturbação mínima do tráfego automóvel;
- Materiais ecologicamente seguros.

2.2.1.4 Desvantagens

As desvantagens deste método são:

- Não é aconselhável para trechos longos nem para diâmetros superiores a 1000 mm;
- Não resolve problemas de esmagamento da tubagem;
- Não permite o aumento de diâmetro;
- Não permite um aumento da capacidade hidráulica do sistema.

2.2.1.5 Exemplos de danos ou defeitos construtivos reparáveis por encamisamento pontual

De seguida apresentam-se alguns exemplos de danos ou defeitos construtivos reparáveis por encamisamento pontual:

**Exemplo 1.**

Fissuração generalizada em manilhas de betão não armadas ou armadas, fibrocimento ou tubos de grés vitrificado pouco extensas.

**Exemplo 2.**

Juntas desalinhas com perda de estanquidade em colectores de diversos materiais.

**Exemplo 3.**

Rotura com penetração de objectos em tubagens de Policloreto de Vinilo (PVC) rígido ou outros materiais plásticos.

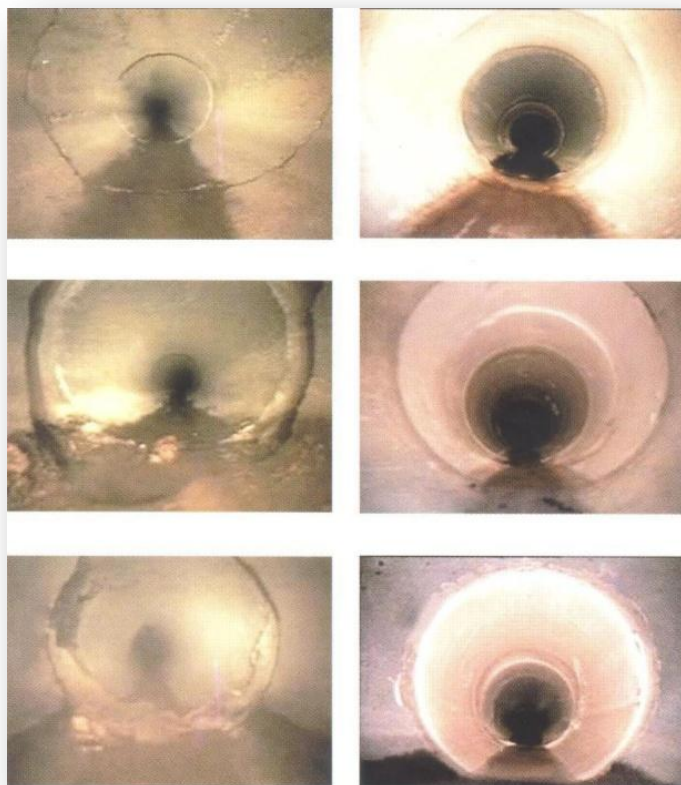
**Exemplo 4.**

Juntas mal executadas em tubagem de Polipropileno corrugado (PPc).

Figura 8 – Exemplos (1), (2), (3), (4) de danos ou defeitos construtivos reparáveis por encamisamento pontual (MANVIA, 2007)

2.2.1.6 Exemplos antes e depois da reparação por encamisamento pontual

De seguida apresentam-se alguns exemplos antes e depois da reparação por encamisamento pontual:

**Exemplo 1:**

Fissuração transversal numa manilha de betão (imagem esquerda) e após a aplicação da reparação (imagem direita).

Exemplo 2:

Junta danificada entre manilhas de betão (imagem esquerda) e após aplicação da reparação (imagem direita).

Exemplo 3:

Ligação incorrecta e excesso de argamassa nas juntas (imagem esquerda) e após fresagem robotizada e aplicação da reparação (imagem direita).

Figura 9 – Exemplos (1), (2), (3) de antes e depois da reparação por encamisamento pontual (MANVIA, 2007)

2.2.1.7 Procedimentos de aplicação

De seguida, apresentam-se os procedimentos de aplicação para o encamisamento pontual:

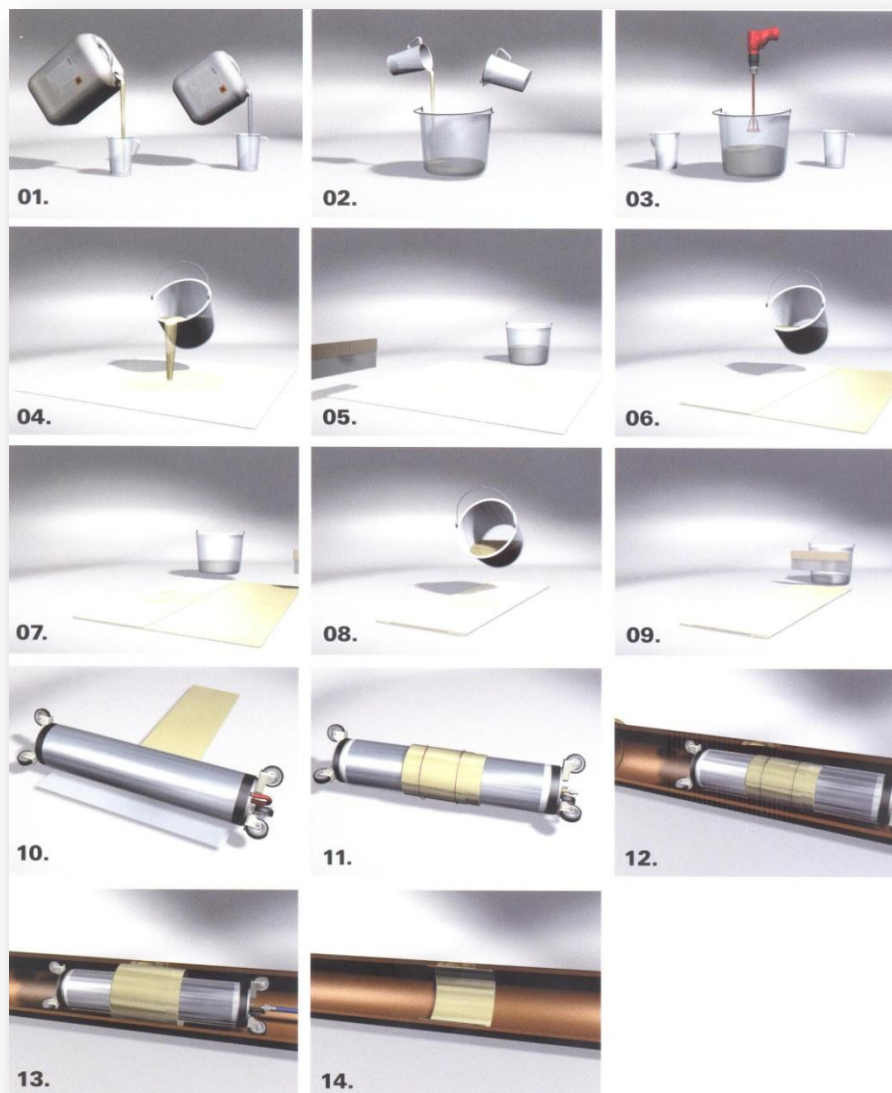


Figura 10 – Procedimentos de aplicação (MANVIA, 2007)

01. Medição das quantidades correctas de cada componente da resina;
02. Preparação para mistura da resina;
03. Mistura mecânica dos dois componentes;
04. Início da impregnação da manta de fibras de vidro;
05. Espalhamento da resina na face superior da manta;
06. Dobragem da manta;
07. Impregnação da face inferior;
08. Dobragem da manta;

09. Conclusão da impregnação da face inferior da manta;
10. Colocação da manta impregnada no dispositivo de instalação «*packer*»;
11. Fixação da manta no dispositivo insuflável de instalação;
12. Dispositivo de instalação «*packer*» transporta a manga até ao local do defeito;
13. Por acção de ar comprimido o troço de reparação é pressionado contra as paredes do tubo durante todo o tempo de cura;
14. Após retirar o dispositivo fica uma reparação pontual em material compósito.

Quanto pode custar?

Excluindo limpeza e desvio de caudais, uma reparação por encamisamento pontual pode custar actualmente de 250€ a 350€ para DN200 ou DN300 por metro.

2.2.2 Exemplo de Proposta n.º 1 - Aplicação do encamisamento pontual – «short liner»

2.2.2.1 Aspectos gerais

Entidade contraente: Sociedade Gestora do Autódromo Fernanda Pires da Silva, S.A..

Designação do trabalho: Encamisamento de reparação do colector da rede de drenagem pluvial - método «short liner».

Sistema de drenagem: Colector pluvial DN600 – reabilitação das tubagens existentes por reparação pontual com introdução e cura «*in situ*» de troço de tubagem em material compósito.

A presente proposta n.º1 tem como objectivo descrever a metodologia de execução da obra de encamisamento de reparação do colector da rede de drenagem pluvial utilizando um processo de reabilitação segundo a tecnologia «*Cured-In-Place Pipe*» (CIPP), tipo «*short liner*».

A tecnologia «*Cured-In-Place Pipe*» (CIPP) é definida como a reconstrução de tubagens pela instalação de uma resina termoendurecível de silicatos reforçada por impregnação de fibras flexíveis de vidro em que o processo de cura e endurecimento da resina é provocado «*in situ*». O conjunto destes materiais formará após concluídos os trabalhos de reconstrução um material compósito que garantirá a estanquidade e resistência mecânica da tubagem recuperada.

A reconstrução de troços deverá ser realizada de forma a obter-se como resultado do processo uma solução resistente e estanque, totalmente livre de costuras e perfeitamente aderente à tubagem existente (tubo hospedeiro), conforme Figura 11.



Figura 11 – Corte na tubagem hospedeira, sendo observável no seu interior o tubo de resina de silicatos (MANVIA, 2006)

2.2.2.2 Metodologia

A execução da obra compreenderá as seguintes etapas:

- i) Seccionamento / isolamento dos troços e transfega de caudais;
- ii) Limpeza por jacto de água de alta pressão;
- iii) Inspeção «*Closed- Circuit Television*» (CCTV) preliminar;
- iv) Introdução e cura do encamisamento de reparação;
- v) Inspeção «*Closed- Circuit Television*» (CCTV) final.

2.2.2.3 Encamisamento de reparação

2.2.2.3.1 Materiais

2.2.2.3.1.1 Manga de reparação

A manga deverá ser constituída por uma ou mais camadas de fibras de feltro flexíveis e texturizadas, com capacidade de se impregnarem de resina de poliéster e de resistir ao processo de cura da mesma, bem como a todas as solicitações mecânicas a que o material será sujeito durante o processo de reabilitação.

A selecção e dimensionamento do tubo deverá garantir:

- total compatibilidade com o sistema de resina seleccionado;
- adaptação às irregularidades existentes na superfície interna da tubagem hospedeira;
- adesão às paredes internas da tubagem hospedeira.

Os materiais propostos cumprem as especificações ASTM F1216 secção 5.1. «*Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin- Impregnated Tube*» ou norma equivalente europeia.

2.2.2.3.1.2 Resina

A resina deverá ser constituída à base de silicatos insaturados e um sistema catalítico com endurecedor, ambos compatíveis com o processo de aplicação (*cf.* Figura 12).

Uma vez que o processo de cura das resinas se inicia à temperatura ambiente é necessário proceder à preparação das mesmas em obra e imediatamente antes do processo de introdução da manga.



Figura 12 – Preparação «*in situ*» da resina (MANVIA, 2006)

2.2.2.3.1.3 Espessuras

A espessura da manga será determinada com base nos seguintes dados:

- todos os tubos se encontram bastante deteriorados;
- pressão elevada dos terrenos envolventes (dada pela profundidade a que se encontram);
- a existência de uma ovalização mínima de 2% (que acentua os efeitos da compressão diametral).

2.2.2.3.2 Instalação

A instalação da manga de reparação é realizada de acordo com as operações que a seguir se descrevem.

2.2.2.3.2.1 Operação de «*Wet Out*»

Consiste em espalhar uniformemente a resina para que, por capilaridade, haja uma completa impregnação da superfície que ficará em contacto com a tubagem existente após inserção.

A operação de «*Wet Out*» só poderá ser realizada por pessoal experimentado neste tipo de processos.

O local onde se realizará a operação de «*Wet Out*» será protegido da acção do vento (arrastamento de poeiras e sujidades) e da humidade excessiva do ar. Só garantindo estas protecções é que se poderá assegurar uma perfeita adesão entre os novos materiais e os existentes.

Todas as medidas de precaução deverão ser asseguradas no manuseamento das resinas, devendo o espalhamento das mesmas ser realizada com ferramentas adequadas.

2.2.2.3.2.2 Introdução e cura

Após a impregnação com resina o tubo estará pronto para a operação de introdução e cura.

Um dispositivo (êmbolo) é introduzido na tubagem, levando consigo o troço de manga impregnado com a resina.

De acordo com as medições efectuadas na inspecção vídeo do troço, o êmbolo deverá parar a sua progressão dentro da tubagem no local exacto onde se encontra o dano.

Após o posicionamento exacto do êmbolo (*cf.* Figura 13), o mesmo é expandido, comprimindo o troço de manga contra a tubagem na zona afectada (*cf.* Figura 14).



Figura 13 – Introdução do êmbolo com o troço de manga na tubagem a reparar (MANVIA, 2006)



Figura 14 – O êmbolo é expandido no local danificado comprimindo a manga impregnada de resina (MANVIA, 2006)

A resina é assim forçada a preencher todas as fissuras existentes. A cura da resina à temperatura ambiente, permite endurecer a manga e garantir a adesão perfeita desta com a tubagem. A redução de diâmetro dá-se de forma localizada e numa extensão reduzida da rede (desprezável na maioria dos casos).

Concluída a cura é retirada a pressão do êmbolo e o mesmo é retirado do interior da tubagem já reparada, permitindo assim a recolocação da rede em serviço.

2.2.2.3.3 Materiais a aplicar na reparação

Os materiais a aplicar na reparação são os seguintes:

- Manga: fibras de feltro texturizada;
- Resina: poliéster;
- Comprimento por reparação: 500 mm;
- Espessura após cura: representada no Quadro 6.

Quadro 6 – Espessura após a cura

Secção [mm]	Espessura [mm]	Re [Nm]
600	6	5000

Re = resistência à compressão diametral.

2.2.2.3.4 Cura da manga de reparação

Tempo de cura por reparação: 1h – 1h30m (temperatura ambiente ~22°C).

2.3 Técnicas de reabilitação para patologias contínuas

O encamisamento contínuo definido como cura «*in situ*» de uma nova tubagem em material (cf. Figura 15) compósito de matriz polimérica reforçada com fibras de vidro ou poliéster distingue-se pelo processo de cura associado (cura por calor, cura por radiação ultravioleta).

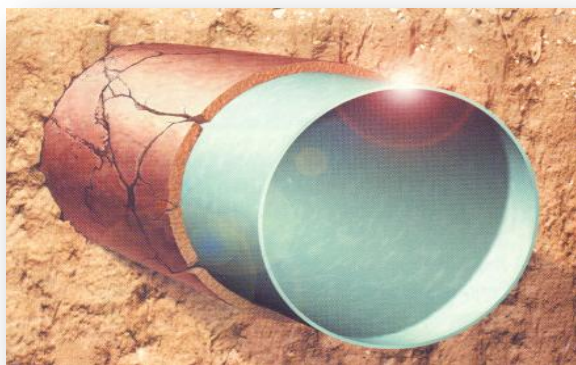


Figura 15 – Cura «*in situ*» de uma nova tubagem (MANVIA, 2009)

a) Renovação de tubagens sem abertura de vala por encamisamento, pode ser realizada por:

- Encamisamento contínuo – **manga de fibras de feltro (cura por calor)**
- Encamisamento contínuo – **manga de fibras de vidro (cura por radiação ultravioleta)**

A execução integral dos trabalhos de renovação de redes de drenagem inclui sempre:

- Inspeção vídeo preliminar e análise estrutural;
- Projecto de detalhe e selecção dos materiais;
- Limpeza dos colectores;
- Montagem e manutenção de sistemas de «*by-pass*» durante a execução da reabilitação;
- Encamisamento;
- Abertura robotizada de ramais ou ligações directas à tubagem;
- Ensaios de estanquidade;
- Inspeção vídeo final;
- Controlo de qualidade, segurança e protecção do meio ambiente.

b) Renovação de tubagens sem abertura de vala por entubamento, pode ser realizada por:

- Entubamento Simples – **Tubos de polietileno convencionais ou modulares**
- Entubamento com rebentamento – **Tubos de polietileno convencionais ou modulares**

A solução adoptada na renovação de colectores pelo processo de entubamento, inclui:

- Pesquisa de colectores com radar de subsolo (georadar);
- Levantamento com utilização de «pig» localizador;
- Projecto de detalhe e concepção da solução a implementar;
- Limpeza e remoção de incrustações duras (calcário ou outras);
- Renovação do colector;
- Ensaios e comissionamento;
- Controlo de qualidade, segurança e protecção do meio ambiente.

2.3.1 Encamisamento contínuo – manga de fibras de feltro (cura por calor)

O processo de encamisamento contínuo com manga de fibras de feltro (cf. Figura 16) permite renovar de forma integral redes de colectores e emissários de águas residuais ou pluviais repondo a sua estanquidade e melhorando o comportamento hidráulico das tubagens.

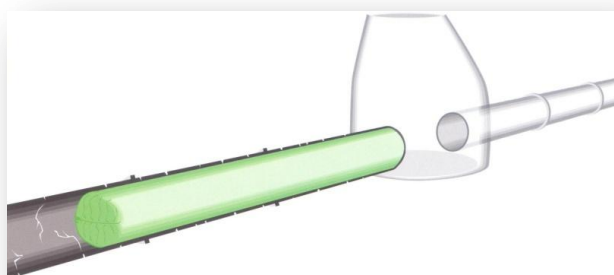


Figura 16 – Encamisamento contínuo (manga de fibras de feltro) – renovação total de redes de saneamento sem abertura de valas (MANVIA, 2007)

2.3.1.1 Campos de aplicação

Esta técnica aplica-se:

- Na reposição da estanquidade de redes de drenagem;
- Na renovação de colectores em diversos materiais com diâmetros entre DN60 e DN300 em redes de drenagem;
- Nos comprimentos de reabilitação variáveis entre 1 m e 100 m em função do diâmetro;
- Nas tubagens verticais (e.g. nas redes em edifícios) que podem ser renovadas por este processo;
- Em redes com mudanças de direcções acentuadas.

2.3.1.2 A técnica

O sistema utiliza uma manga de fibras de feltro não texturizadas impregnada em obra com uma resina de poliéster ou «epoxy».

A manga é fornecida com um revestimento exterior de polietileno ou de poliuretano, que se tornará, após o processo de instalação, o interior da nova tubagem.

Uma vez que o processo de cura envolve a troca de calor com utilização de água quente ou vapor, este filme de polietileno assume um papel preponderante no isolamento das camadas impregnadas de feltro.

A inserção na tubagem a renovar é alcançada por um processo de inversão, em que, por pressão hidráulica, a manga impregnada é virada do avesso à medida que se introduz no interior da tubagem a renovar.

Quando o processo de inversão está completo a água utilizada para a inversão é aquecida, catalizando a cura da resina.

Em alguns casos poderá utilizar-se ar à temperatura ambiente para a cura da manga, tornando contudo o processo mais demorado.

2.3.1.3 Vantagens

As vantagens deste método são:

- Mais económico que as mangas de fibras de vidro;
- Processo mais rápido na renovação de pequenos diâmetros quando comparado com as mangas de fibras de vidro;
- Elimina totalmente a necessidade de remover pavimentos e abrir valas (todo o trabalho é efectuado a partir das caixas de visita existentes);

- Ramais ou ligações directas à tubagem são facilmente recolocados em serviço (mediante a utilização de um robot fresador);
- Ultrapassa mudanças de direcção acentuadas (pode ser utilizada na renovação de redes com uma ou mais curvas de direcção até 90°);
- Máxima resistência química.

2.3.1.4 Desvantagens

As desvantagens deste método são:

- Processo mais lento;
- Processo dispendioso;
- Necessita de mão-de-obra especializada.

2.3.1.5 Procedimentos de aplicação

Os procedimentos de aplicação deste método são os seguintes:

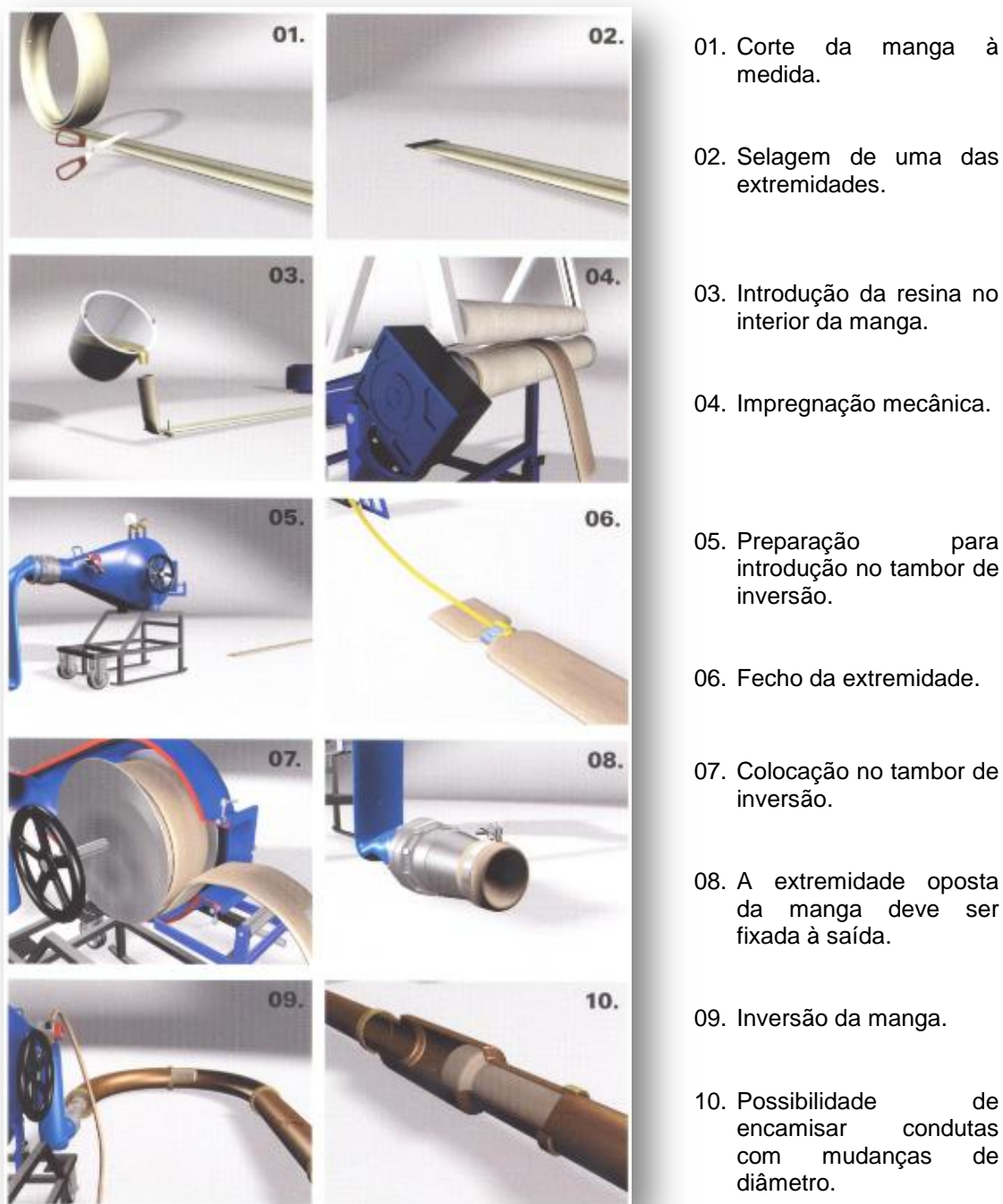
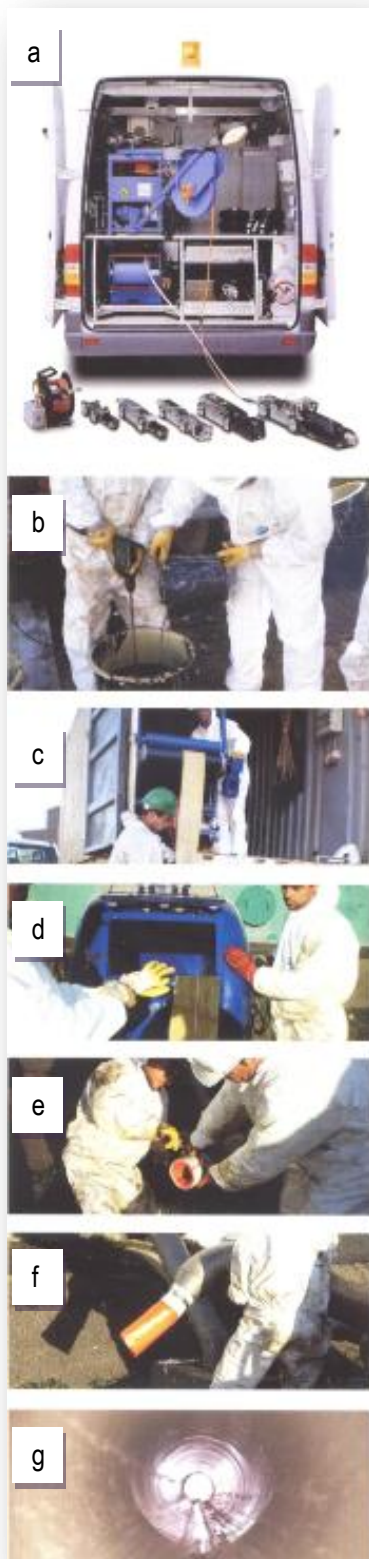


Figura 17 – Procedimentos de aplicação (MANVIA, 2007)

2.3.1.6 Um dia de trabalho na renovação com manga de fibras de feltro

Um dia de trabalho na renovação de uma tubagem com manga de fibras de feltro, envolve as seguintes fases:



a - 08:30

Inspeção vídeo preliminar posterior à limpeza por jacto de alta pressão.

b

b - 09:30

Mistura mecânica das resinas.

c

c - 10:00

Impregnação da manga.

d

d - 10:30

Introdução da manga no tambor de inversão.

e

e - 11:00

Fixação da extremidade à saída do tambor de inversão.

f

f - 12:00

Início do processo de inversão.

g

g - 15:00

Tubagem renovada.

Figura 18 – (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g) - Um dia de trabalho na renovação de uma tubagem com manga de fibras de feltro (MANVIA, 2007)

2.3.2 Exemplo de Proposta n.º 2 - Aplicação do encamisamento contínuo – manga de fibras de feltro (cura por calor)

2.3.2.1 Aspectos gerais

Entidade contraente: JODOFER – Empreiteiros, S.A..

Designação do trabalho: Reabilitação do emissário da Cadaveira.

Sistema de drenagem: Emissário da Cadaveira – renovação de colectores domésticos com Ø 400 mm por encamisamento com manga de fibras de feltro.

Este exemplo de proposta n.º 2 foi uma das soluções apresentadas para a reabilitação do emissário da Cadaveira e tem como objectivo descrever a metodologia que poderia ser adoptada para execução da obra de reabilitação do emissário da Cadaveira onde seria utilizado o processo de renovação segundo a tecnologia «*Cured-In-Place Pipe*» (CIPP), por inversão.

Este exemplo inclui todas as fases de execução da obra, e pretende constituir uma descrição pormenorizada das metodologias que a empresa iria aplicar na execução da referida empreitada.

A tecnologia «*Cured-In-Place Pipe*» (CIPP) é definida como a reconstrução de tubagens pela instalação de uma resina termoendurecível de poliéster reforçada por impregnação de fibras flexíveis de feltro em que o processo de cura e endurecimento da resina é provocado «*in situ*». O conjunto destes materiais, forma após concluídos os trabalhos de reconstrução, um material compósito que garante a estanquidade e resistência mecânica da tubagem recuperada.

A reconstrução de troços contínuos seria realizada de forma a obter como resultado do processo uma solução estrutural e estanque, totalmente livre de costuras e perfeitamente aderente à tubagem existente.

2.3.2.2 Metodologia

A execução da obra compreenderia a realização das seguintes etapas:

- i) Seccionamento / isolamento dos troços e transfega de caudais;
- ii) Passagem de êmbolo calibrador / limpeza prévia;
- iii) Introdução e cura da manga através da tecnologia «*Cured-In-Place Pipe*» (CIPP);
- iv) Corte e acabamento das extremidades.

2.3.2.3 Encamisamento de renovação

2.3.2.3.1 «Relining»

A empresa procederá à entrega de um procedimento específico de instalação e cura da tubagem de reabilitação. Este procedimento definiria em pormenor quais os parâmetros de cura do material onde constavam no mínimo os seguintes pontos:

- pressão de inversão;
- especificação do sistema resina/endurecedor ou catalizador;
- pressão e temperatura de cura da resina;
- tempo de cura da resina.

Serão sempre seguidas as indicações do fabricante que eram fornecidas oportunamente para análise e aprovação da fiscalização em obra. Para a execução da empreitada a empresa seleccionaria o fabricante belga NORDITUBE.

A NORDITUBE possui patentes para materiais que fabrica, aprovadas segundo as normas europeias e americanas.

2.3.2.3.2 Materiais

2.3.2.3.2.1 Tubo

O tubo seria constituído por uma ou mais camadas de fibras de feltro flexíveis e texturizadas, com capacidade de se impregnarem de resina de poliéster e de resistir ao processo de cura da mesma, nomeadamente ao calor, bem como a todas as solicitações mecânicas a que o material seria sujeito durante o processo de renovação.

A selecção e dimensionamento do tubo garantiriam:

- total compatibilidade com o sistema de resina seleccionado;
- adaptação às irregularidades existentes na superfície interna da tubagem hospedeira;
- contorno de desvios angulares existentes no traçado;
- adesão às paredes internas da tubagem hospedeira.

A tubagem que seria proposta cumpriria as especificações ASTM F1216 secção 5.1. «*Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube*» ou norma equivalente europeia.

2.3.2.3.2.2 Resina

A resina seria uma resina de epoxy com endurecedor, compatível com o processo de aplicação.

Uma vez que o processo de cura das resinas se inicia à temperatura ambiente é frequente proceder à preparação das mesmas em obra e imediatamente antes do processo de inversão. Não menos frequente é o recurso ao transporte e acondicionamento em frio, embora esta solução seria evitada na presente empreitada.

2.3.2.3.2.3 Espessuras

A espessura do «*Cured-In-Place Pipe*» (CIPP) seria determinada com base nos seguintes pontos:

- todos os tubos encontravam-se bastante deteriorados;
- pressão dos terrenos envolventes (dada pela elevada profundidade a que se encontravam);
- a existência de uma ovalização mínima de 2% (que acentua os efeitos da compressão diametral).

2.3.2.3.3 Instalação

A tubagem e a resina seriam introduzidas no interior das tubagens existentes por processo de inversão. Para esta actividade a empresa contaria com a participação de uma empresa alemã com a qual tem uma parceria de exclusividade para o mercado nacional. Assim, contar-se-ia com a presença de técnicos altamente especializados e com bastante experiência neste tipo de técnica de reabilitação, garantindo a qualidade final do trabalho que iria ser realizado.

A instalação dos tubos de reabilitação dentro das tubagens existentes seria realizada de acordo com as operações a seguir descritas.

2.3.2.3.3.1 Operação de «*Wet Out*»

Consistiria em espalhar uniformemente a resina para que, por capilaridade, houvesse uma completa impregnação da superfície que ficaria em contacto com a tubagem existente após inserção.

A operação de «*Wet Out*» só poderia ser realizada por pessoal experimentado neste tipo de processos.

O local onde se realizaria a operação de «*Wet Out*» seria protegido da acção do vento (arrastamento de poeiras e sujidades) e da humidade excessiva do ar. Só garantindo estas protecções é que se poderia assegurar uma perfeita adesão entre os novos materiais e os existentes.

Todas as medidas de precaução seriam asseguradas no manuseamento das resinas, em que o espalhamento das mesmas seria realizado com ferramentas adequadas.

2.3.2.3.3.2 *Inversão*

Após a impregnação com resina o tubo estaria pronto para a operação de inversão.

Uma das extremidades do tubo seria selada (em si própria) e introduzida dentro da câmara de inversão. A outra extremidade seria invertida e fixada à parte exterior da referida câmara.

Estava assim, pronta a preparação do processo de inversão. Através da aplicação de ar comprimido dentro da câmara a inversão da manga seria provocada já dentro da tubagem existente.

A velocidade de progressão do tubo dentro da tubagem existente seria determinada pelo caudal de ar dentro da câmara. Esta operação só seria realizada por pessoal com experiência na realização deste tipo de trabalhos.

À medida que o tubo se ia invertendo, a resina ia molhando a superfície interna da tubagem garantindo a adesão entre o material existente e o novo.

Uma bomba de vácuo seria utilizada de forma a garantir a completa remoção de ar dentro da manga.

2.3.2.3.3.3 *Cura*

A cura do tubo obedeceria a parâmetros adequados que eram indicados pelo fabricante.

A fonte de calor seria ligada à câmara de inversão e as temperaturas eram verificadas por termómetros, que indicavam de forma clara quais as temperaturas do ar insuflado.

Um outro termómetro seria instalado na parede do tubo existente, monitorizando as temperaturas da resina durante o processo da cura.

A cura inicial estaria concluída quando a parte exposta da tubagem estivesse suficientemente endurecida e os termómetros remotos indicassem que a temperatura tinha atingido os valores indicados pelo fabricante.

2.3.2.3.3.4 Arrefecimento

O arrefecimento seria controlado até que fosse atingida uma temperatura próxima da temperatura ambiente. A taxa de arrefecimento seria definida pelo fabricante. Estes parâmetros eram rigorosamente cumpridos em obra.

2.3.3 Encamisamento contínuo – manga de fibras de vidro (cura por radiação ultravioleta)

O processo de encamisamento contínuo com manga de fibras de vidro (cf. Figura 19) permite renovar de forma integral redes de colectores e emissários de águas residuais ou pluviais repondo o comportamento estático e hidráulico das tubagens.

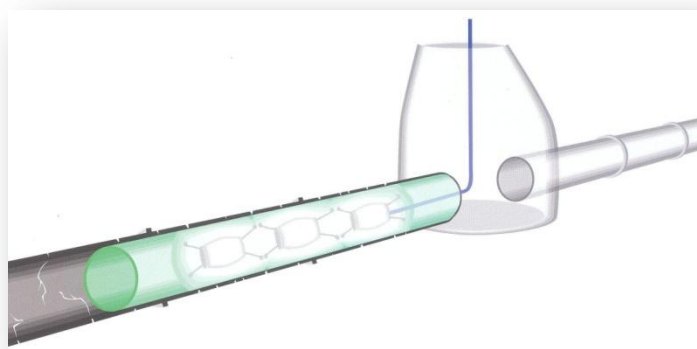


Figura 19 – Encamisamento contínuo (manga de fibras de vidro) – renovação total de redes de saneamento sem abertura de valas (MANVIA, 2007)

2.3.3.1 Campos de aplicação

Esta técnica aplica-se a:

- Renovação de tubagens em diversos materiais com diâmetros entre DN150 a DN1000 em colectores ou emissários de águas residuais domésticas ou pluviais;
- Comprimentos de reabilitação variáveis entre os 10 m e os 140 m não dependentes do diâmetro;
- Possibilidade de renovar perfis não circulares (e.g. ovóides, rectangulares, etc.);
- Sempre que for viável minimizar o efeito de redução da secção hidráulica resultante da renovação (espessuras variáveis entre 3 e 15 mm);
- Na redução dos coeficientes de rugosidade e melhoria do comportamento hidráulico de colectores existentes;

- Na renovação de colectores industriais com fluidos de agressividade elevada.

2.3.3.2 A técnica

Existem actualmente vários processos de reabilitação de tubagens com utilização de mangas pré-impregnadas ou impregnadas em obra, que divergem entre si nos materiais empregues e na forma e método de cura.

Enquanto que para a maioria dos processos de reabilitação com manga flexível o endurecimento da manga é obtido por transferência de calor (vapor ou água quente), no processo por raios ultravioletas a cura é induzida pela acção da radiação.

As diferenças face aos processos de cura por calor são muito significativas e incluem:

- A manga já vem impregnada de fábrica;
- Maior rapidez do processo de cura que passa a ser função da extensão a curar e não do tempo de exposição ao calor;
- O processo não consome água.

2.3.3.3 Vantagens

As vantagens deste método são:

- Resistência mecânica elevada com tubos de espessura reduzida (o novo tubo resiste isoladamente às cargas estáticas e dinâmicas sem necessitar da contribuição do tubo existente);
- Máxima resistência química, mesmo em caudais altamente agressivos (tempos de vida útil superiores a 50 anos em função da aplicação e da resina seleccionada);
- Elimina totalmente a necessidade de remover pavimentos e abrir valas (todo o trabalho é efectuado a partir de caixas de visita existentes);
- Os ramais ou ligações directas à tubagem são recolocadas em serviço posteriormente à reparação por um robot fresador controlado a partir do exterior;
- Rapidez de execução da renovação (reabilitação de comprimentos superiores a 100m num só dia de trabalho);
- Preços actuais: indicados de aproximadamente 120€/m para DN200.

2.3.3.4 Desvantagens

As desvantagens deste método são:

- Processo mais lento;
- Processo mais dispendioso;
- Necessita de mão-de-obra especializada.

2.3.3.5 Material

A manga de fibras de vidro é constituída por várias camadas de tecido de fibras de vidro, a qual é impregnada em fábrica com resina adequada que pode ser de poliéster, viniléster, ou outras. Existem vários diâmetros de tubagem de fibras de vidro, os quais são sujeitos a ensaio de compressão (*cf.* Figura 20).

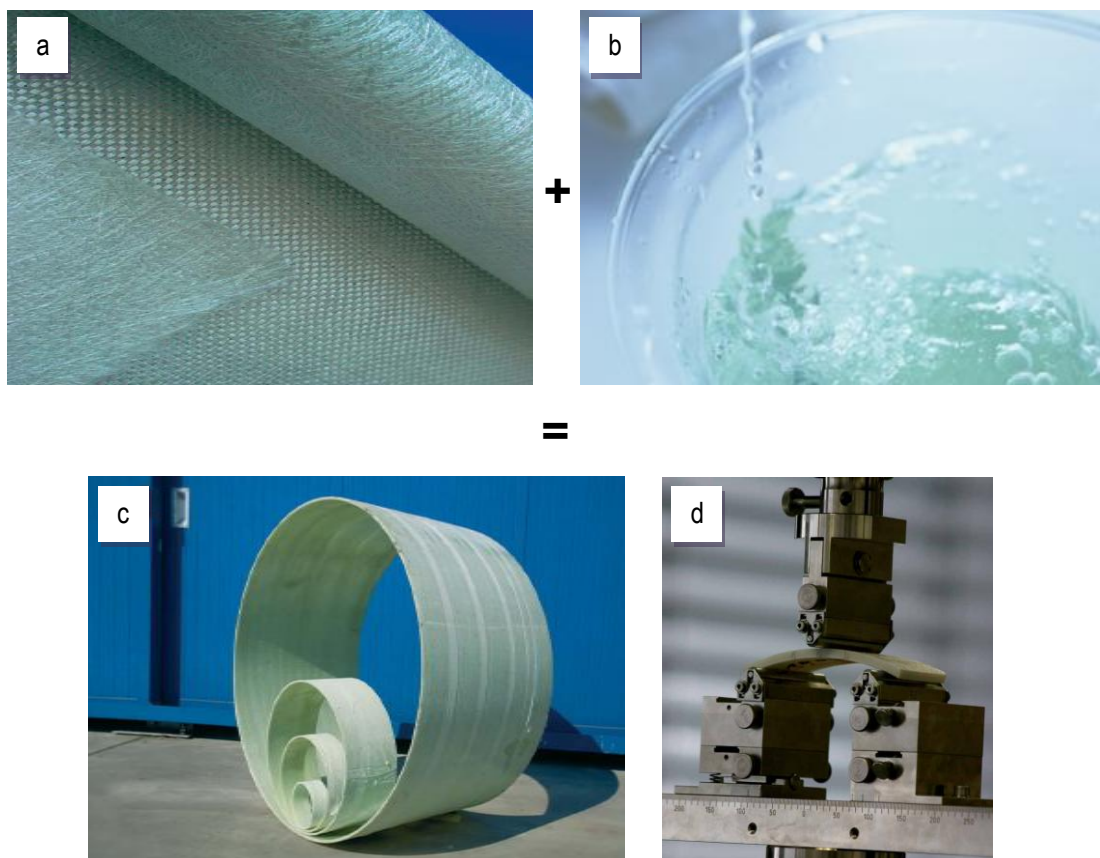
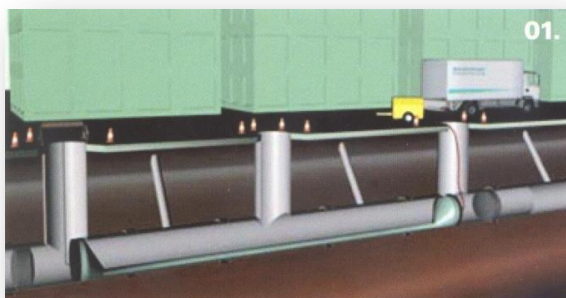


Figura 20 – (a) Várias camadas de tecido de fibras de vidro, (b) Resina adequada (poliéster/viniléster/outras), (c) Vários diâmetros de tubagem de fibras de vidro, (d) Ensaio de compressão (MANVIA, 2009)

2.3.3.6 Procedimentos de aplicação

01. Introdução da manga nos troços da rede a reabilitar.



02. A manga é insuflada por forma a se adaptar à tubagem existente.



03. Cura por radiação ultravioleta.



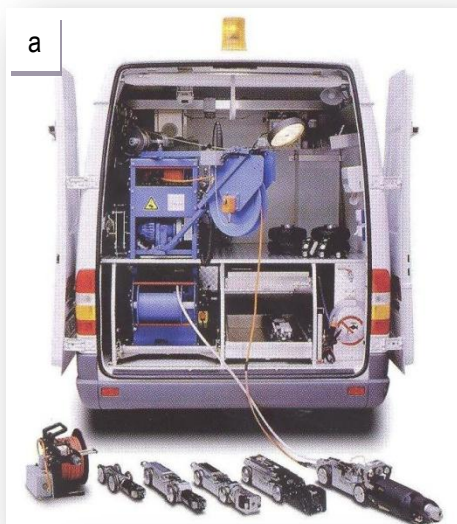
04. Manga curada e pronta para os acabamentos (preparação das extremidades e abertura robotizada das ligações directas).



Figura 21 – (01), (02), (03), (04) – Procedimentos de aplicação (MANVIA, 2007)

2.3.3.7 Um dia de trabalho na renovação de uma tubagem com manga de fibras de vidro curada por radiação UV

Um dia de trabalho na renovação de uma tubagem com manga de fibras de vidro curada por radiação UV, envolve as seguintes etapas:



a - 08:30
Inspeção vídeo preliminar posterior à limpeza por jacto de alta pressão.



b - 09:00
Introdução da manga no troço a reabilitar.



c - 10:30
A manga é insuflada com ar e as extremidades preparadas.



d - 11:00
Introdução no interior da manga insuflada do conjunto de lâmpadas ultravioleta.



e - 12:00
Inicia-se o processo de cura por radiação ultravioleta.



f - 15:00
Manga curada e extremidades acabadas nas caixas de visita.

Figura 22 – (a), (b), (c), (d), (e), (f) - Um dia de trabalho na renovação de uma tubagem com manga de fibras de vidro curada por radiação ultravioleta (MANVIA, 2007)

2.3.4 Exemplo de Proposta n.º 3 - Aplicação do encamisamento contínuo – manga de fibras de vidro (cura por radiação ultravioleta)

2.3.4.1 Aspectos gerais

Entidade contraente: SIMARSUL - Sistema Integrado Multimunicipal das Águas Residuais da Península de Setúbal, S.A..

Designação do trabalho: Reabilitação do interceptor do Rio Judeu - execução da cura por ultravioleta da manga de fibras de vidro.

Sistema de drenagem: Interceptor do Rio Judeu – renovação de vários troços por encamisamento contínuo.

O exemplo de proposta n.º3 pretende descrever o procedimento de cura da manga de reabilitação em Poliéster Reforçado com Fibras de Vidro (PRFV) – por **radiação ultravioleta (UV)** na execução da obra.

Existem actualmente vários processos de renovação de tubagens com utilização de mangas pré-impregnadas ou impregnadas em obra, que divergem entre si na forma e método de cura.

Durante muitos anos a transferência de calor por condução (vapor ou água quente) serviu à maioria dos processos de cura.

Desde há muitos anos que a utilização de radiação ultravioleta (UV) tem sido utilizada na cura de diversos compostos químicos na indústria automóvel e electrónica.

Comprovadamente, a radiação ultravioleta (UV) assume também um papel crescente nos denominados processos de «*Cured-in-Place Pipe*» (CIPP).

As vantagens face aos processos tradicionais (vapor e água quente) são muito significativas e podem-se resumir a:

- prazos de validade das mangas incomparavelmente superiores (as mangas para cura por calor são mais degradáveis);
- não ser necessário proceder ao armazenamento e transporte em contentores frigoríficos (a manga é sensível aos raios ultravioletas e não só à temperatura);
- maior rapidez do processo de cura;
- menor necessidade em termos de pessoal afecto à empreitada;
- o processo não consome água (e logo não gera mais este resíduo);
- menor ruído.

2.3.4.2 Mangas para cura por radiação ultravioleta (UV)

As mangas deverão ser encomendadas com a indicação expressa de que se destinam a serem curadas por radiação ultravioleta (UV) e não pelos processos tradicionais.

As diferenças assentam exclusivamente nos adjuvantes da resina, mantendo-se a resina de poliéster como base constituinte da matriz da manga e o reforço em fibras de vidro.

Será importante referir que, tal como as mangas de cura por vapor, também estas virão impregnadas de fábrica.

Nada distingue as mangas de cura por radiação ultravioleta (UV) das mangas tradicionais, à excepção da indicação do fabricante de que as mesmas se destinam a este tipo de processo.

Nas mangas para cura por radiação ultravioleta (UV), são adicionadas à resina base (neste caso éster), moléculas foto-sensíveis que se decompõem em radicais livres quando expostos à radiação ultravioleta. Estes radicais formarão as ligações com os monómeros da resina, induzindo o processo de polimerização.

Por este motivo, as mangas para cura por radiação ultravioleta (UV), são menos sensíveis ao calor, podendo ser armazenadas à temperatura ambiente, desde que não sejam expostas à radiação solar.

2.3.4.3. Processo de cura por radiação ultravioleta (UV)

2.3.4.3.1 *Inserção da manga no colector*

Antes de inserir a manga no troço do colector a renovar, será fixada a uma das extremidades a cabeça de tracção.

A manga deverá ser inserida no emissário utilizando para o efeito um guincho (*cf.* Figura 23). O cabo deste guincho será fixado à cabeça de tracção e a manga será traccionada para o interior do colector.

A entrada da manga na caixa de visita e posteriormente no colector será efectuada de forma lenta e controlada.

Durante a inserção não poderá haver manga exposta directamente à luz solar. A acção dos raios ultravioletas (UV) sobre a manga é bastante nefasta. Serão tomadas todas as medidas necessárias para proteger a manga da exposição directa ao sol.

Após inserção de toda a manga, a cabeça de tracção deverá estar totalmente fora da tubagem e dentro da caixa de visita oposta à da entrada (*cf.* Figura 24).

Os troços de manga serão inseridos sempre no sentido de escoamento do esgoto.

A cabeça de fecho será posteriormente instalada na manga e dentro da caixa de visita por onde esta entrou.



Figura 23 – Guincho de tracção nas imediações de uma caixa de visita (MANVIA, 2007)



Figura 24 – Manga instalada dentro da caixa imediatamente após a tracção para interior do troço. É visível um filme de polietileno que se coloca dentro da tubagem para prevenir danos na superfície da manga (MANVIA, 2007)

2.3.4.3.2 Insuflação com ar

Antes que o processo de cura por radiação ultravioleta (UV) tenha início dever-se-á insuflar a manga com ar (*cf.* Figura 25) à temperatura ambiente.

Assim, dever-se-á insuflar ar para dentro da manga a partir da caixa montante. A válvula de escape no final do troço (caixa jusante) deverá estar na posição aberta.

Durante a subida lenta e gradual da pressão, algum ar deverá sair na válvula de escape a jusante. Caso não saia nenhum ar ou um caudal muito reduzido isso significa que a manga poderá estar torcida.

Caso a manga esteja torcida, o procedimento a adoptar deverá ser o seguinte:

- despressurizar a manga;
- remover a cabeça de tracção no final do troço;
- fazer subir a pressão lentamente até que a manga se destroça naturalmente;
- caso a manga não destroça naturalmente com a pressão a mesma deverá ser removida para fora do emissário e reinstalada o mais rapidamente possível.

Em qualquer dos casos a pressão de insuflação não deverá exceder os 0,25bar.

Nas caixas intermédias (entre as caixa montante e a caixa jusante) a manga deverá ser estrangida, de forma circular, por colocação de meias canas na parte superior da banquetta da caixa. A manga não poderá estar livre nas caixas havendo o risco de a manga rebentar se não estiver devidamente estrangida.



Figura 25 – Cabeçote de chego da manga sendo visível a entrada de ar para o processo de insuflação (MANVIA, 2007)

2.3.4.3.3 *Introdução do conjunto de lâmpadas ultravioletas (UV)*

Com a manga insuflada e mantida à pressão recomendada, introduz-se numa das extremidades o conjunto de lâmpadas de ultravioletas (UV), ver Figura 26.

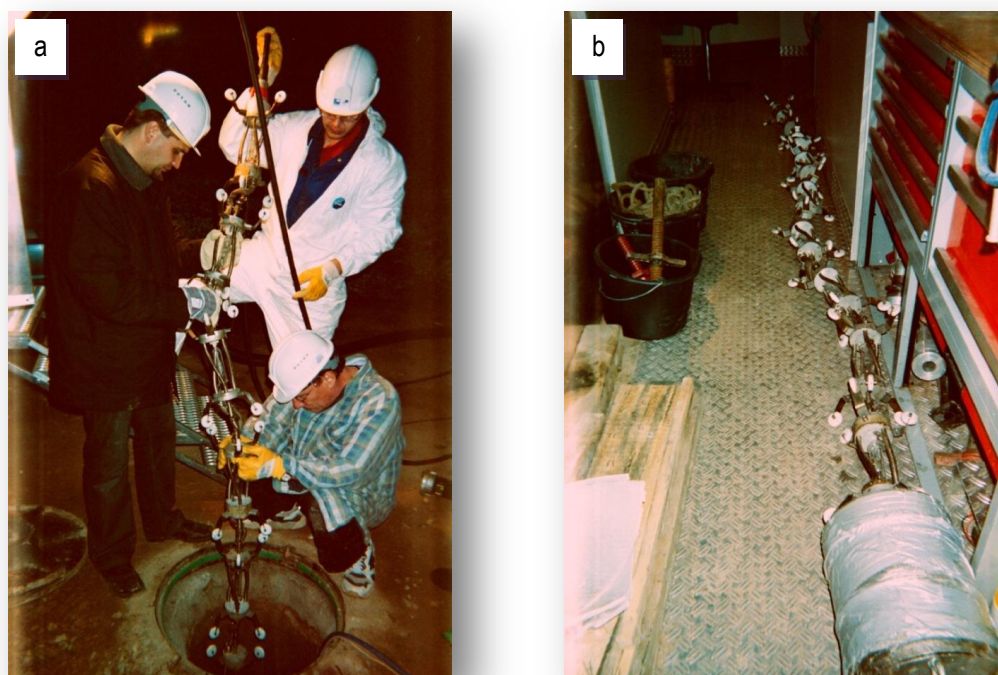


Figura 26 – (a) manuseamento do «UV train» para introdução na manga insuflada e (b). «UV train» (MANVIA, 2007)

Após introduzido o «UV train» no interior da manga, far-se-á passar o mesmo de uma ponta à outra da manga que irá ser curada.

Esta operação tem dois objectivos: (1) verificar se o processo de insuflação foi correcto e manga não possui rugas ou está torcida (possível porque o «UV train» possui acoplada uma câmara de «Closed-Circuit Television» (CCTV), ver Figura 27 e (2) colocar o «UV train» em posição de início do processo (sempre do fim para o princípio).



Figura 27 – Câmara de «Closed-Circuit Television» (CCTV) na extremidade do «UV train» (MANVIA, 2007)

2.3.4.3.4 Ligação das lâmpadas de ultravioletas (UV)

Com o «UV train» no final do troço a reabilitar dá-se início ao processo de cura, ligando sequencialmente as lâmpadas de ultravioletas (UV).

Do fim para o princípio do «UV train» liga-se a primeira das lâmpadas e após um período determinado de tempo liga-se a segunda.

O mesmo se passará em relação às restantes lâmpadas (sempre em intervalos de tempo pré-determinados).

2.3.4.3.5 *Movimentação do «UV train»*

A progressão do «UV train» no interior da manga (cf. Figura 28) será determinada face à quantidade de radiação necessária para a cura completa por unidade de comprimento de manga.

À medida que o «UV train» progride durante a cura, é possível verificar em tempo real a ausência de defeitos na superfície interior da manga através da câmara «*Closed-Circuit Television*» (CCTV).

2.3.4.3.6 *Desligar as lâmpadas de ultravioletas (UV)*

No momento em que o «UV train» tiver chegado ao princípio do troço, dever-se-á iniciar o processo de desligar as lâmpadas de ultravioletas (UV).

À semelhança da forma como estas foram ligadas, deverão ser desligadas na mesma sequência, isto é, lâmpada 1, lâmpada 2,, última lâmpada. A primeira lâmpada a ligar deverá agora ser a primeira a ser desligada.

2.3.4.3.7 *Corte e preparação dos extremos*

Antes de se proceder ao corte da manga, dever-se-á proceder à abertura de uma janela na parte superior da manga e verificar se houve acumulação de condensados nesta zona.

Concluída a cura, as cabeças podem ser removidas por corte da manga.

O acabamento das mangas nas caixas jusante e montante far-se-á apenas por corte e rectificação da manga até se atingir uma união perfeita entre caixa e manga. Operação idêntica será realizada nas caixas intermédias.



Figura 28 – Conjunto de lâmpadas de ultravioleta em progressão no processo de cura da manga (MANVIA, 2007)

2.3.5 Entubamento simples – «sliplining» – tubos de polietileno convencionais ou modulares

O processo de entubamento simples, também designado por «sliplining» (MANVIA, 2007) utiliza-se na renovação de tubagens com escoamento sob pressão em condutas elevatórias de águas residuais ou na renovação de tubagens em redes de drenagem, conforme Figura 29 (utilização de tubagens modulares)

- Entubamento com tubos convencionais: renovação de redes em pressão ou gravíticas;
- Entubamento com tubos modulares: renovação de redes gravíticas (em superfície livre).

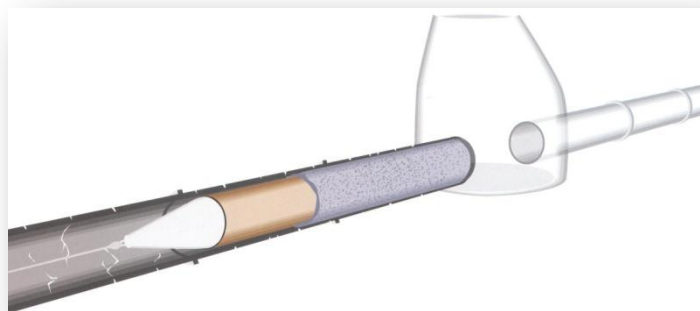


Figura 29 – Entubamento simples – renovação de redes de saneamento (MANVIA, 2007)

2.3.5.1 Campos de aplicação

Esta técnica aplica-se a:

- a) Tubagens com escoamento sob pressão em qualquer diâmetro, espessura ou classe de pressão:
 - Condutas elevatórias;
 - Condutas de escoamento de outros fluidos (e.g. gás, águas industriais, etc.);
 - Tubagens com escoamento gravítico em qualquer diâmetro:
 - Colectores de águas residuais domésticas;
 - Colectores de águas pluviais;
 - Passagens hidráulicas tubulares.



Figura 30 – Pendentes contrárias ao escoamento (PFEIFFER MANVIA, 2009)

- Correção de pendentes:
 - Entubamento com tubos de menor diâmetro utilizando o espaço livre para corrigir as contra-pendentes.

$k_{\text{betão}} = 0,13 \text{ mm a } 0,15 \text{ mm}$

$k_{\text{polietileno}} = 0,07 \text{ mm a } 0,08 \text{ mm}$



Tubos de polietileno têm maior capacidade de vazão que tubos de betão do mesmo diâmetro

$k =$ coeficiente de rugosidade absoluta

Exemplo: tubos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) DN630 e manilhas betão DN800

2.3.5.2 A técnica

O método consiste simplesmente em introduzir uma nova tubagem no interior da tubagem existente transferindo para esta as suas características hidráulicas e mecânicas. É por este facto a técnica mais utilizada na renovação de condutas sob pressão (elevatórias ou gravíticas).

Na renovação de condutas com escoamento sob pressão ou gravíticas, a obra de reabilitação executa-se com a abertura de alguns poços para tracção e inserção de tubagens convencionais de polietileno. Minimizam-se de forma muito significativa os trabalhos de remoção de pavimentos e escavações.

A redução de secção é significativa e pode atingir 10% do diâmetro hidráulico da tubagem existente. Esta redução poderá contudo ser compensada pelas melhores características de escoamento hidráulico das tubagens de polietileno.

Em colectores de escoamento gravítico, como em redes de drenagem, o entubamento é efectuado com tubos modulares.

Com a utilização de tubos modulares é possível efectuar o entubamento utilizando exclusivamente as caixas de visita com total ausência de trabalhos ao nível dos pavimentos e escavações. O resultado é um colector integralmente renovado com um acréscimo significativo no comportamento mecânico e hidráulico face ao colector existente.

2.3.5.3 Vantagens

As vantagens deste método são:

- No escoamento sob pressão:
 - As características da nova tubagem são correspondentes à tubagem utilizada no entubamento (tubagens convencionais de polietileno);
 - Redução para menos de $\frac{1}{4}$ dos trabalhos de remoção de pavimentos e escavação.
- No escoamento gravítico (em superfície livre):
 - Reperfilamento e renovação integral de colectores irrecuperáveis por outras técnicas de reabilitação;
 - Redução total dos trabalhos de remoção de pavimentos e escavação (tubagens modulares).

2.3.5.4 Desvantagens

As desvantagens deste método são:

- Utilização não aconselhada no caso de elevadas cargas diamétrais;
- Pode não resolver problemas de fugas e roturas caso o local onde a água residual aparece à superfície não corresponda ao local da fuga e onde se procede ao entubamento;
- Necessária abertura de vala (poços) aberta nas ligações.

2.3.5.5 A renovação de uma rede de drenagem pluvial com tubos modulares

A renovação de uma rede de drenagem pluvial com tubos modulares envolve as seguintes fases (cf. Figura 31):



01. Tubos modulares DN450 em polipropileno de cor exterior castanha e branca no interior.
02. Entubamento executado dentro da caixa de visita existente a montante.
03. Selagem das extremidades com argamassa de retracção compensada; pormenor do tubo para preenchimento do espaço anelar.
04. Preenchimento do espaço anelar com argamassa fina de elevada fluidez.
05. e 06. Pormenor do colector após renovação da caixa montante e da caixa jusante.

Figura 31 – (01), (02), (03), (04), (05), (06) - A renovação de uma rede de drenagem pluvial com tubos modulares (MANVIA, 2007)

2.3.5.6 Entubamento com tubos modulares

Na renovação de colectores de águas residuais domésticas ou pluviais utiliza-se exclusivamente as caixas de visita existentes (*cf.* Figura 32).

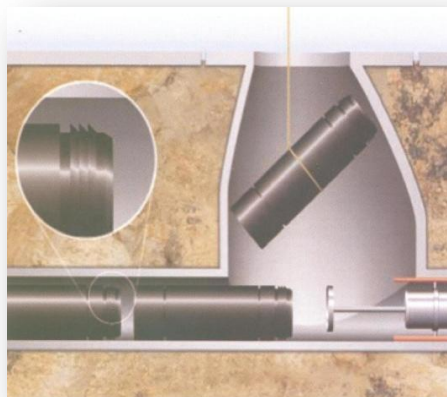


Figura 32 – Entubamento com tubos modulares (MANVIA, 2007)

2.3.5.6 Entubamento com tubos convencionais

Na Figura 33 está representado esquematicamente a técnica de entubamento simples com tubos convencionais.



01.
Entubamento com tubos convencionais de polietileno.

Pormenor dos poços de tracção e inserção da tubagem.



02.
Preenchimento do espaço anelar com calda de cimento ou argamassa fina para ancoragem e estabilização da tubagem de polietileno.

Figura 33 – (01), (02) - Entubamento com tubos convencionais (MANVIA, 2007)

2.3.6 Exemplo de Proposta n.º 4 - Aplicação do entubamento simples – «sliplining» – tubos de polietileno convencionais ou modulares

2.3.6.1 Aspectos gerais

Entidade contraente: JODOFER – Empreiteiros, S.A..

Designação do trabalho: Renovação da rede de drenagem pluvial DN1000 na Estrada da Areia, Cascais.

Sistema de drenagem: Renovação da rede de drenagem pluvial DN1000 por entubamento simples.

A presente proposta n.º4 tem como objectivo descrever a metodologia da execução da obra de renovação da rede de drenagem pluvial DN1000 da Estrada da Areia, Cascais.

O processo de «*relining*» do colector pelo processo de «*sliplining*», conhecido por entubamento simples, permite a renovação de tubagens antigas em diversos materiais, conferindo a estas as propriedades da nova tubagem instalada (capacidade estrutural e hidráulica). Neste método, um tubo de polietileno «*standard*» é introduzido na tubagem antiga, após ser soldado em obra a partir de varas com comprimento de 13,8 m. As propriedades finais do colector reabilitado são as que correspondem às características da nova tubagem de polietileno (cf. Figura 34)



Figura 34 – Esquema exemplificativo de tubagem de Ferro Fundido (FF) após os trabalhos de «*relining*» com tubo de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) (MANVIA, 2006)

2.3.6.2 Análise das deficiências estruturais do colector

Da análise do relatório de inspeção «*Closed-Circuit Television*» (CCTV) realizado, pode-se concluir que os colectores não resistiram à compressão diametral a que foram sujeitas num determinado momento ou que se encontram sujeitas de forma contínua. A

origem das roturas que apresentam poderá residir num aumento da sobrecarga vertical ou a uma eventual menor resistência do material devido aos efeitos da sua degradação natural.

A ruína do colector de betão por efeito da compressão diametral, que pode ser facilmente comprovada pela existência de linhas de fractura ao nível da geratriz superior das tubagens, conduziu esta infra-estrutura a um estado de risco de colapso iminente que importa não descurar.

As consequências das deficiências estruturais do colector são as seguintes:

- Perda de estanquidade, permitindo neste caso a entrada de águas freáticas ou de infiltração com arrastamento de finos e consequente abertura de locas (vazios) nos terrenos circundantes – risco de abatimentos ao nível do pavimento da estrada;
- Perda de resistência devido às fracturas que muitas das tubagens apresentam com risco de colapso espontâneo, quer devido ao efeito de um aumento pontual da sobrecarga, quer devido à erosão normal a que o material está sujeito;
- Redução da capacidade de vazão devido à redução de secção que a mesma apresenta em grande parte do traçado (ovalização);
- Redução da capacidade de vazão devido à diminuição da velocidade de escoamento induzida pelas múltiplas anomalias que apresentam.

Não querendo neste exemplo produzir um relatório de avaliação técnica da infra-estrutura, realça-se que o colector necessitava de obras de reabilitação urgentes, não sendo aconselhável a sujeição a mais um período de chuvas (Outono - Inverno).

2.3.6.3 Definições geométricas do «*relining*»

Dada a extensão dos defeitos, nível de ovalização apresentado, propõe-se a renovação do colector procedendo-se ao seu entubamento com introdução de uma tubagem de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) com as seguintes características dimensionais:

- Diâmetro Exterior: 800 mm;
- Espessura: 38,1 mm;
- Diâmetro Interior: 724 mm.

A tubagem a utilizar obedecerá ainda à seguinte especificação:

- Resina – Qualidade da Resina de Polietileno (MRS 100);
- Classe de pressão - PN8.

O resultado final será o que se apresenta na Figura 35.

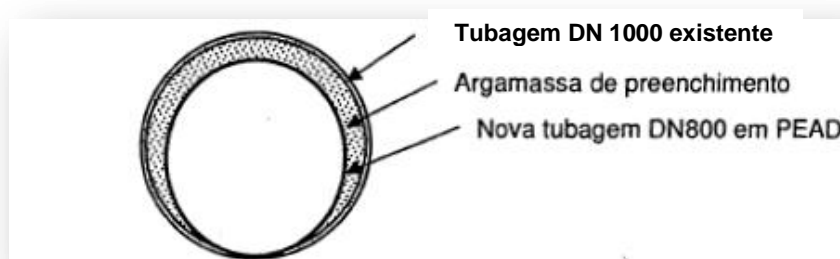


Figura 35 – Colector reabilitado por «relining» (MANVIA, 2006)

2.3.6.4 Características estruturais e hidráulicas do colector reabilitado

2.3.6.4.1 Resistência estrutural

Em termos de resistência à compressão diametral, principal característica estrutural requerida para as tubagens neste tipo de aplicação (escoamento gravítico em superfície livre) o conjunto final composto por tubagem de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e preenchimento / injeção do espaço existente com calda de cimento ou outra argamassa fluida, conferirá uma resistência final superior à que corresponde a manilhas de betão não armadas ou mesmo para tubos armados normais simples.

2.3.6.4.2 Comportamento hidráulico

Embora haja uma redução significativa da secção hidráulica do colector, importa considerar que:

- A secção real existente que se pode verificar nas imagens de «*Closed-Circuit Television*» (CCTV) é substancialmente inferior ao diâmetro de teórico de 1000 mm;
- O coeficiente de rugosidade absoluta (k) do polietileno é de 0,07 mm o que comparado com 0,6 mm a 1,0 mm para o caso do betão rugoso e tubos com desalinhamento nas juntas, determina maiores velocidades de escoamento para o colector reabilitado e logo maior capacidade de vazão.

Face ao anteriormente exposto, conclui-se que, não obstante a redução na secção hidráulica, o comportamento será satisfatório comparativamente com as premissas do projecto inicial.

2.3.6.5 Metodologia

A execução da obra de «*relining*» compreenderá as seguintes etapas:

1. Abertura de um poço de entrada da tubagem;
2. Remoção de incrustações e limpeza do colector;
3. Inspeção «*Closed-Circuit Television*» (CCTV);
4. Soldadura topo-a-topo de tubos de polietileno;
5. Execução do «*relining*»;
6. Estabilização e ancoragem do colector e selagem das extremidades;
7. Preenchimento do espaço existente com por injeção de argamassa fluida;
8. Acabamentos.

2.3.6.6 Soldadura de tubos de polietileno

2.3.6.6.1 Transporte e manuseamento de tubos e acessórios

Todos os tubos serão transportados para o estaleiro e armazenados em pequena quantidade na frente de trabalho.

No local de armazenamento, os tubos serão arrumados para que exista espaço livre suficiente para a circulação de pessoas e a execução de inspeções.

Todos os tubos estarão devidamente tamponados quer em estaleiro quer nas frentes de trabalho.

Todos os tubos serão assentes sobre barrotes de madeira providos de cunhas que impeçam quaisquer deslizamentos.

Os tubos e acessórios serão transportados em camiões pesados de comprimento apropriados e com estrados de madeira.

Para as operações de elevação serão empregues lingadas e estropos seleccionados em função do carga a suspender e sob a responsabilidade e vigilância directa de pessoal habilitado e competente.

Não é permitido o arrastamento de tubos em contacto com superfícies abrasivas.

Os tubos serão movimentados em cima de roletas.

Não é permitida a permanência de pessoas junto das cargas a movimentar.

2.3.6.6.2 Montagem de tubos e acessórios em Polietileno de Alta Densidade (PEAD)

As varas de tubo de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) terão um comprimento de 12 metros ou superior e são previamente soldadas topo a topo antes da sua instalação.

Onde não for possível a execução de soldaduras a topo, serão aplicados acessórios electrossoldáveis, como por exemplo na união de troços instalados por «*relining*».

Os tubos e acessórios que já se encontrem montados serão devidamente tamponados recorrendo a dispositivo adequado que impeça a entrada de corpos estranhos ou sujidade para as canalizações.

2.3.6.6.3 Soldadura topo-a-topo de tubos e acessórios

Na execução de soldadura de tubos ou acessórios topo-a-topo será utilizado o processo de electrofusão.

Serão seguidas as normas portuguesas e europeias em vigor para a execução deste tipo de trabalhos.

Os soldadores a utilizar nesta obra estarão qualificados para o tipo de processo de soldadura empregue e em conformidade com as normas e legislação aplicável assim como todos os equipamentos associados ao processo.

Após a execução todas as soldaduras serão identificadas com a sigla do soldador que a executou e respectivo número sequencial. Será possível assim rastrear perfeitamente a execução destes trabalhos.

2.3.6.6.4 Electrossoldadura de acessórios

Sempre que o processo de soldadura topo-a-topo não puder ser aplicado será utilizado o processo de electrossoldadura de uniões ou acessórios electrossoldáveis.

Este processo de soldadura aplicar-se-á nas situações em que não se puder empregar a soldaduras topo-a-topo, nomeadamente na união de troços já instalados por «*relining*» e na montagem de curvas nos nós de projecto.

Este processo consiste na instalação de uniões electrossoldáveis entre as extremidades de dois troços de tubagem. Estas uniões possuem no seu interior um conjunto de filamentos de cobre. Fornecendo energia à união, os filamentos aquecerão por efeito de joule e fundirão os materiais base dos tubos com o da própria união. Após arrefecimento obtém-se uma soldadura perfeitamente estanque e mecanicamente resistente.

2.3.6.6.5 Ensaios a juntas soldadas

Serão removidos após arrefecimento os rebordos exteriores das soldaduras executadas topo-a-topo. Os rebordos extraídos deverão permitir identificar claramente o número da soldadura executada, bem como o soldador que as executou.

As verificações a efectuar aos rebordos de soldadura são aqueles que a norma portuguesa e europeia prevêem e incluem entre outros aspectos a espessura dos rebordos; a homogeneidade ao longo de todo o perímetro e a adesão entre rebordos.

2.3.6.7 Abertura de poços de entrada e tracção da tubagem

Após a análise da inspecção vídeo será decidida a localização dos poços de tracção e entrada da tubagem.

Uma vez que se tratam de tubos convencionais os poços de entrada da tubagem deverão ser suficientemente longos de forma a permitir a entrada dos tubos sem que ocorram deformações excessivas.

Da análise determinou-se que para este processo será necessário abrir apenas um poço de entrada da tubagem. A tracção da mesma será conseguida através de um guincho montado na caixa mais a jusante do «*relining*».

As dimensões do poço de entrada serão em função da profundidade a que se encontre o colector. A título exemplificativo poder-se-á informar que os poços de entrada serão produzidos a partir de escavação com as seguintes dimensões: comprimento 10 m / 14 m; largura 1 m a 1,2 m.

Os poços de tracção (*cf.* Figura 36) deverão permitir ter acesso ao colector, bem como à instalação de um guincho para tracção da tubagem.

A dimensão dos poços de tracção não será superior a: comprimento 2 m; largura 0,8 m a 1 m; profundidade igual à cota de soleira do colector acrescido de 0,5 m. Nestes poços remover-se-á uma extensão mínima da tubagem igual a 0,7 m.



Figura 36 – Pormenor do poço de entrada da tubagem sendo visível o colector existente após limpeza e a extremidade tronco-cónica do novo tubo de Polietileno de Alta Densidade (PEAD)
(MANVIA, 2006)

2.3.6.8 Passagem de calibre / testemunho

Antes de se iniciar o processo de inserção da nova tubagem no interior da tubagem existente previamente limpa e inspeccionada, será passado um troço de tubo com comprimento mínimo de 6 m de material igual ao da tubagem de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) a introduzir no «*relining*» – troço calibre ou testemunho.

O resultado da observação da superfície exterior deste troço de 6 m permitirá aferir se o colector está preparado para o processo de inserção final.

2.3.6.9 Inserção da tubagem de reabilitação

A inserção da tubagem far-se-á com recurso a guinchos de tracção de 10 toneladas (cf. Figura 37).

Nesta actividade o colector será convenientemente lubrificado com um lubrificante adequado (tipo vaselina industrial ou outro) de forma a reduzir o atrito da instalação.

Os rebordos de todas as soldaduras serão removidos antes da introdução.



Figura 37 – Pormenor do poço de tracção da tubagem sendo visível o guincho de 10 toneladas utilizado no processo de inserção (MANVIA, 2006)

Após o processo de inserção (cf. Figuras 38 e 39) poderá ocorrer algum alongamento da tubagem (propriedades viscoelásticas do polietileno) pelo que será sempre necessário prever um tempo de relaxamento da tubagem antes de se proceder ao corte da cabeça de tracção, de no mínimo 12 horas.



Figura 38 – Pormenor do processo de inserção visto do poço de entrada da tubagem (MANVIA, 2006)

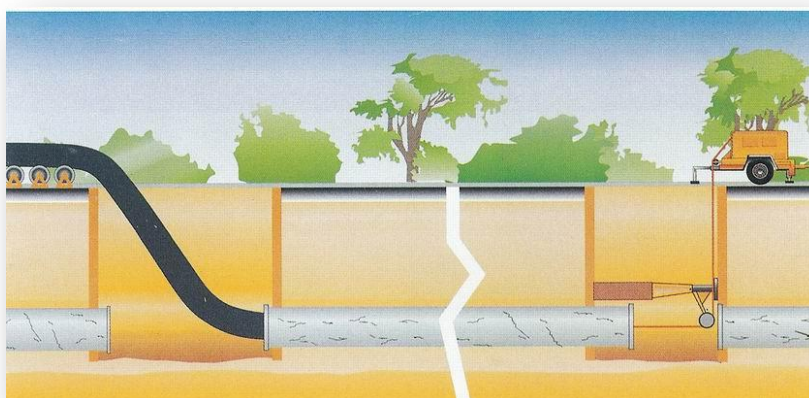


Figura 39 – Esquema exemplificativo do processo de «*relining*» por «*sliplining*» onde é visível o poço de entrada da tubagem; o poço de tracção da tubagem e o posicionamento do guincho (MANVIA, 2006)

2.3.6.10 Preenchimento do espaço anelar com calda de cimento

Concluído o processo de «*relining*» e após o período de relaxamento, o espaço existente entre o colector antigo e a nova tubagem de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) será preenchido com argamassa fluida adequada.

O procedimento inclui:

- a. a selagem das extremidades com argamassa de retracção compensada;
- b. instalação de tubos de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) de pequeno diâmetro para ligação das bombas de injeção;
- c. preparação da mistura e injeção.

De forma a assegurar que as pressões hidráulicas exteriores na tubagem de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) não excedem o limite calculado para a tubagem DN800, o processo de preenchimento será sempre monitorizado e a pressão de injeção

nunca deverá ser superior à pressão máxima exterior calculada para os tubos (cf. Figura 40).

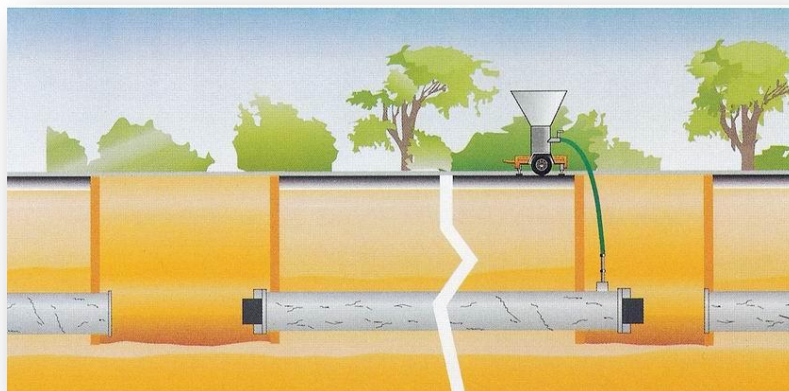


Figura 40 – Esquema exemplificativo do processo injeção de caldas (MANVIA, 2006)

2.3.7 Entubamento com rebentamento – tubos de polietileno convencionais ou modulares

O processo de entubamento com rebentamento, também designado por «*burstlining*» (MANVIA, 2007) utiliza-se na renovação de tubagens (cf. Figura 41) com escoamento sob pressão em condutas elevatórias de águas residuais ou na renovação de tubagens em redes de drenagem (utilização de tubagens modulares) mantendo ou aumentando o diâmetro das tubagens.



Figura 41 – Entubamento com rebentamento – renovação de redes de saneamento (MANVIA, 2007)

2.3.7.1 Campos de aplicação

Esta técnica aplica-se em tubagens ovalizadas e/ou com degradação muito acentuada (cf. Figura 42) que têm escoamentos sob pressão e escoamentos gravíticos com os seguintes diâmetros:

- DN60 a DN600 com utilização de tubagens de polietileno convencionais;

- DN60 a DN300 com utilização de tubagens modulares;
- Quando não é possível aceitar uma redução na secção do colectora.

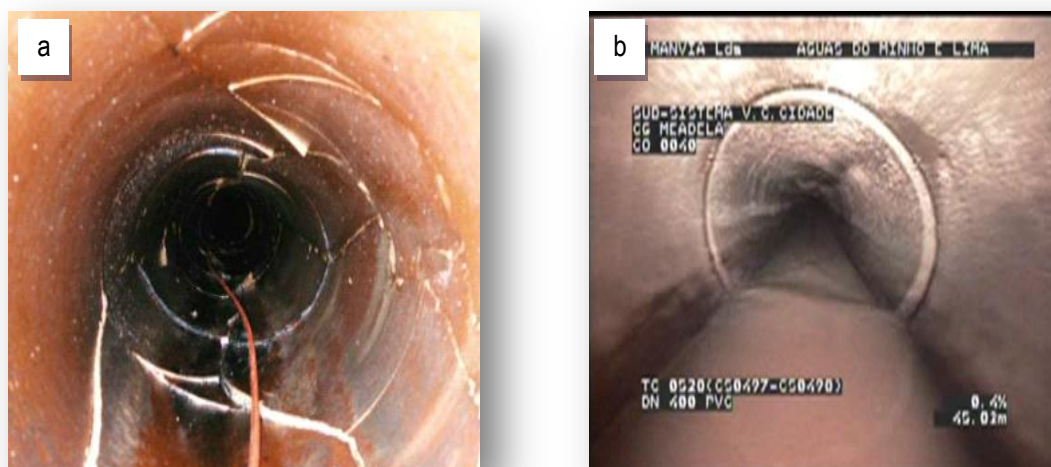


Figura 42 – (a) Degradação muito acentuada; (b) Ovalização (MANVIA, 2009)

2.3.7.2 A técnica

O método consiste em fragmentar a tubagem existente, compactar os solos envolventes e introduzir uma nova tubagem num espaço criado por este processo.

A tubagem fragmentada não é retirada permanecendo na envolvente da nova tubagem.

À semelhança do processo de entubamento simples, na renovação de colectores com rebentamento a obra executa-se com a abertura de alguns poços para tracção e inserção de tubagens convencionais de polietileno.

Minimiza-se de forma muito significativa os trabalhos de remoção de pavimentos e escavações.

Em função do tipo de solos envolvente e da profundidade a que o colector existente está instalado, é possível aumentar a secção hidráulica.

Este aumento pode chegar aos 20% do diâmetro interno do colector, o que a somar ao melhor comportamento hidráulico das tubagens de polietileno, assegura um ganho muito significativo ao nível do escoamento.

Em colectores de escoamento gravítico o entubamento com rebentamento pode ser realizado com tubos modulares.

Existem dois métodos de entubamento por rebentamento:

- 1) Rebentamento dinâmico: a cabeça de rebentamento pneumática de expansão avança por meio de ar comprimido. A energia cinética do pistão de percussão destrói a tubagem obsoleta e, simultaneamente, faz progredir a cabeça e a nova tubagem;
- 2) Rebentamento estático: a cabeça de rebentamento avança por meio de pressão hidrostática controlada a partir de um mecanismo de expansão.

2.3.7.3 Vantagens

As vantagens deste método são:

- Secção hidráulica: não há redução do diâmetro do colector, podendo o processo permitir manter a mesma secção hidráulica ou mesmo aumentá-la até um máximo de 20%;
- Estabilização: uma vez que a tubagem existente é destruída não é necessário qualquer trabalho de preenchimento de espaço anelar;
- Escavação e pavimentos: redução para menos de ¼ dos trabalhos de remoção de pavimentos e escavação na renovação de redes de águas;
- Com a utilização de tubos modulares não há necessidade de haver qualquer escavação;
- Comportamento estrutural e hidráulico: as características finais do colector reabilitado correspondem às da nova tubagem.

2.3.7.4 Desvantagens

As desvantagens deste método são:

- Provoca vibrações e ruído o que em locais urbanos (e.g., escolas), ou rurais (e.g., zonas protegidas) pode não ser o mais aconselhável;
- Provoca perturbações no terreno e em tubagens adjacentes;
- Obriga a abertura de poços de ataque de grande dimensão (extensão).

2.3.7.5 Renovação de uma rede de drenagem doméstica por entubamento com rebentamento

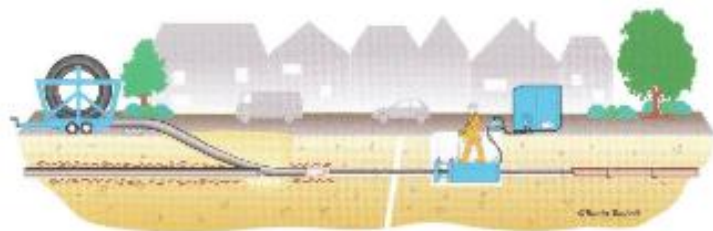
O faseamento da renovação de uma rede de drenagem doméstica por entubamento com rebentamento, utilizando tubos modulares quando a degradação é muito acentuada é o seguinte:



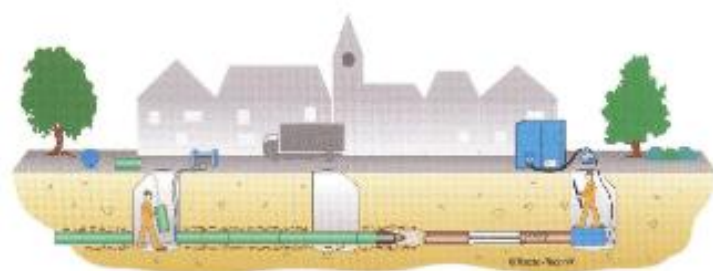
Figura 43 – A renovação de uma rede de drenagem doméstica por entubamento com rebentamento, utilizando tubos modulares (MANVIA, 2007)

2.3.7.6 Entubamento com tubos convencionais e modulares

Na Figura 44 está representada esquematicamente a técnica de entubamento com rebentamento utilizando tubos convencionais e/ou modulares.



a) Entubamento com rebentamento utilizando tubos convencionais; Processo de entubamento com pormenor dos poços de tracção e inserção da tubagem.



b) Entubamento com rebentamento utilizando tubos modulares; Renovação de colectores de águas residuais domésticas ou pluviais com utilização exclusiva das caixas de visita existentes.

Figura 44 – Entubamento com tubos convencionais e modulares (MANVIA, 2009)

2.3.8 Exemplo de Proposta n.º 5 - Aplicação do entubamento com rebentamento

2.3.8.1 Aspectos gerais

Entidade contraente: Monte Adriano – Serviços de Logística, A.C.E..

Designação do trabalho: Renovação de troço de colector de águas residuais domésticas pelo método de rebentamento.

Sistema de drenagem: Colector de águas residuais domésticas – renovação por entubamento com rebentamento.

O processo «*burstlining*», ou rebentamento permite a renovação de troços longos de tubagem a custos reduzidos (cf Figura 45). Neste método, um tubo de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) ou Polipropileno (PP) «*standard*» é introduzido no espaço ocupado pela tubagem antiga à medida que esta vai sendo destruída e os terrenos circundantes compactados. As propriedades finais do colector reabilitado são as que correspondem às características de uma tubagem nova.



Figura 45 – Tubagem de grés destruída durante o «*burstlining*» com introdução de novos tubos em Polipropileno (PP) (MANVIA, 2007)

A presente proposta contempla a execução da obra recorrendo a tubagem modular em Polipropileno (PP). Deste modo, toda a obra se fará apenas com acesso pelas caixas de visita e sem necessidade de abertura de valas ou remoção de pavimentos.

O impacte sobre o público em geral e sobre a circulação pedonal e rodoviária é assim praticamente nulo. Será apenas necessário garantir que duas viaturas ligeiras de mercadorias acedam às imediações das tampas das caixas a montante e a jusante dos troços a renovar.

No final de cada dia de trabalho nenhum vestígio da obra deverá permanecer no local.

O ruído resultante da operação dos equipamentos necessários a este método é insignificante e incomparável com o que normalmente resulta das máquinas de escavação, corte de pavimentos, etc., associadas à execução desta obra pelos processos tradicionais.

2.3.8.2 Metodologia

A execução da obra de «*burstlining*» ou rebentamento compreenderá as seguintes etapas:

1. «*By-pass*» por bombagem e transfega de caudais no troço a intervir;
2. Preparação dos fundos das caixas de montante e de jusante;
3. Montagem dos equipamentos de «*burstlining*» nas caixas de visita a montante;
4. Ligação dos tubos modulares na caixa de visita a jusante;
5. Execução do «*relining*» por «*burstlining*»;
6. Colocação em serviço.

2.3.8.3 Tubos modulares em Polipropileno (PP) sistema EGEPLAST

As vantagens da utilização de tubos modulares para a execução do «*relining*» são:

- não ser necessária a abertura de poços para entrada da tubagem (os tubos são introduzidos nas caixas de visita e abocardados durante a execução do «*relining*»);
- não ser necessário recorrer ao processo de soldadura topo-a-topo entre tubos (a ligação abocardada é estanque até à pressão nominal do tubo - 6bar);
- os tubos são fabricados especialmente para águas residuais, sendo constituídos com uma camada de cor cinzenta clara no interior que facilita futuros trabalhos de inspeção por «*Closed-Circuit Television*» (CCTV) à rede;
- menor impacte sobre o público, evitando a movimentação de longas tubagens em espaços públicos.

2.3.8.3.1 Sistema, apresentação e especificações

Os tubos a utilizar para a execução da renovação da tubagem serão fornecidos e fabricados pela EGEPLAST GmbH, de acordo com patentes dos próprios e cumprindo as seguintes especificações e normas:

- *Apresentação*

Tubos de Polipropileno (PP) com comprimento total de 0,7m (0,64m úteis), de junta abocardada, de cor exterior castanha e interior cinzenta clara.

- *Especificações*

Qualidade da Resina de Polietileno (MRS 8.0) segundo DIN 8074/75 e DIN 19537 produzidos interiormente e exteriormente por co-extrusão simultânea. Junta abocardada patenteada tipo QUICK-LOCK e estanque à classe de pressão da tubagem de acordo com a norma DIN 19537 parte 2.

2.3.8.4 Máquina de «burstlining»

O método será implementado sem recurso a quaisquer trabalhos de escavação, remoção e reposição de pavimentos e movimentação de terras.

As vantagens resultantes da aplicação desta metodologia em áreas urbanas são evidentes.

Na Figura 46, observa-se o esquema tipo de execução de uma obra pelo método de «burstlining».

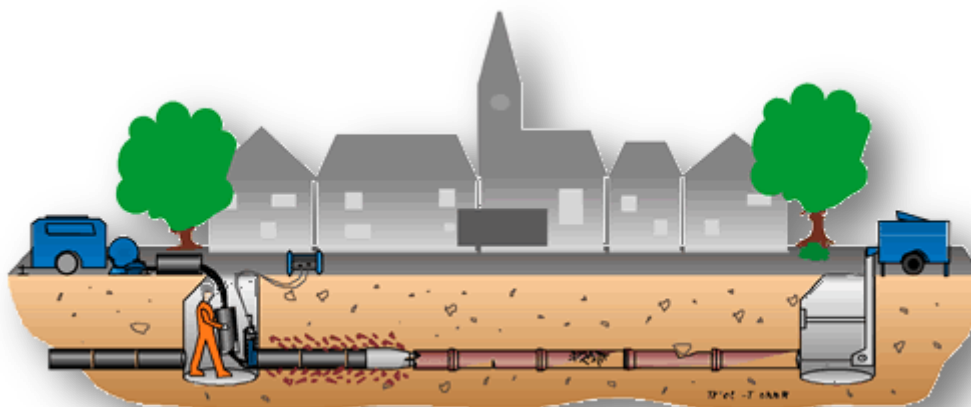


Figura 46 – Esquema tipo de aplicação do método de «burstlining» com acesso apenas pelas caixas de visita existentes. As tubagens modulares serão introduzidas na caixa de visita a jusante. A obra far-se-á apenas com a utilização de equipamentos ligeiros (MANVIA, 2007)

2.3.8.5 Execução do «burstlining» por troços

Após a conexão do primeiro tubo, deverá ser fixa mecanicamente a cabeça de corte, expansão e amarração da tubagem (cf. Figura 47).



Figura 47 – Cabeça de corte, expansão e de amarração.
São visíveis os roletes de aço especial para corte da tubagem (MANVIA, 2007)

Por efeito da tracção do «burstlining», o equipamento da figura anterior vai progredindo na tubagem e produzindo os seguintes resultados:

- Fractura da tubagem existente, que poderá ser frágil no caso de materiais duros como o Policloreto de Vinilo (PVC), ou o Fibrocimento (FC), ou dúctil no caso de tubagem de Ferro Fundido (FF);
- Expansão da tubagem fracturada, com compactação dos terrenos circundantes;
- Introdução da tubagem de Polipropileno (PP).

Durante a introdução as forças de tracção deverão ser continuamente monitorizadas e registadas. A tubagem de polietileno não deverá ser submetida a esforços excessivos.

Dado o comportamento elástico do Polietileno de Alta Densidade (PEAD), a nova tubagem contornará algumas mudanças de direcção da tubagem existente, sempre dentro dos limites de deformação elástica aceitáveis para este material.

É possível por este método a renovação de redes com expansão do diâmetro existente. Por exemplo passando de Fibrocimento (FC) DN150 para Polietileno de Alta Densidade (PEAD) DN200.

O resultado após renovação é o que se apresenta na Figura 48.



Figura 48 – Resultado após «*relining*» com tubos EGEPLAST (MANVIA, 2009)

2.4 Instalação de «*by-pass*» para transfega de caudais

Todas as técnicas acima apresentadas devem envolver as soluções construtivas previstas e o modo de desenvolvimento dos trabalhos tendo em vista garantir o funcionamento do actual sistema durante a execução da obra, através da instalação de «*by-pass*» para transfega de caudais.

2.4.1 «*By-pass*» para transfega de caudais

Durante a execução dos trabalhos, os caudais existentes nos colectores serão transfegeados por bombagem para uma caixa a jusante.

O «*by-pass*» deverá ser instalado a montante do troço onde se realizará a intervenção, garantindo que a zona de intervenção estará livre de caudais.

Este «*by-pass*» poderá ser executado com bombas de pistão a diesel (cf. Figura 49), com sistema em redundância e ligados a uma tubagem de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) provisória que será instalada nas linhas de água ou em zonas adequadas de forma a garantir a circulação pedonal e rodoviária (cf. Figura 50).



Figura 49 – Bombas diesel de 4 polegadas a pistão para transfega de caudais (MANVIA, 2009)



Figura 50 – Tubagem flexível de sucção dos caudais da caixa de visita a montante do troço a intervir (MANVIA, 2009)

A tubagem de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) deverá ter uma extensão de 300 m a 400 m, tendo sempre em consideração os obstáculos existentes e deverá garantir o escoamento de todos os caudais a velocidades de escoamento aceitáveis.

A tubagem de «*by-pass*» deverá ser soldada com uniões electrossoldáveis, ou por soldadura topo-a-topo.

O tamponamento dos colectores será executado com balões obturadores com gama de diâmetros adequado (cf. Figura 51). O estado geral destes balões deverá ser verificado diariamente de forma a garantir que os mesmos estão em bom estado de utilização e que não vão sofrer roturas que possam pôr em causa os trabalhos em curso.



Figura 51 – Balão pneumático obturador de colectores (MANVIA, 2009)

2.4.1.1 Sequência das operações

Os trabalhos de reabilitação ou de instalação de tubagens sem abertura de vala serão executados sempre de montante para jusante. Desta forma garantir-se-á que se percebem sempre as variações de caudais existentes no sistema e se encontram medidas para os prevenir evitando que o sistema de «*by-pass*» entre em sobrecarga.

2.4.1.2 Operacionalidade do «*by-pass*»

O «*by-pass*» indicado possibilita trabalhar 24h/24h, 7 dias por semana ininterruptamente.

Cerca de 87% das empreitadas que são executadas pelas técnicas de reabilitação sem abertura de valas, não têm necessidade de manter o «*by-pass*» em funcionamento 24h por dia.

Os trabalhos de reabilitação de um troço deverão começar à primeira hora da manhã e acabar apenas quando o troço for repostado em condições de funcionamento, normalmente 8 horas a 10 horas depois do início dos trabalhos. Enquanto os trabalhos não estiverem em curso será a tubagem existente a manter o sistema em funcionamento. Para tal serão sempre retirados os balões obturadores ao final do dia.

2.5 Inspeção «*Closed-Circuit Television*» (CCTV)

De salientar que todas as técnicas atrás apresentadas devem envolver, antes da sua aplicação, uma inspeção com o «*Closed-Circuit Television*» (CCTV), (cf. Figura 52), dispositivo de vídeo próprio para inspeção de tubagens.



Figura 52 – Modelo de câmara «*Closed-Circuit Television*» (CCTV) utilizado em inspeções de tubagens (Crusade Designs, 2007)

2.5.1 Metodologia

As inspeções com o «*Closed-Circuit Television*» (CCTV) a realizar ao colector serão realizadas recorrendo a um sistema de circuito fechado de televisão.

O equipamento utilizado será sempre aquele que permita o visionamento interno dos tubos com a maior flexibilidade possível. O equipamento deve permitir o rápido visionamento interno das tubagens (cf. Figura 53).

A inspeção vídeo deverá permitir decidir pelo processo de limpeza mais adequado.



Figura 53 – Inspeção vídeo robotizada de tubagens enterradas e equipamento de «*Closed-Circuit Television*» (CCTV) sistema IBAK MIDI DN100-DN800 (MANVIA, 2007)

Após cada inspeção vídeo será produzido um relatório com as principais conclusões retiradas acerca do estado interno das tubagens (cf. Figura 54).

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VÍDEO
CIRCUITO FECHADO DE TELEVISÃO

IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA OBRA

Localização: _____ Foto: _____
 Cliente: _____ Foto: _____
 Inspeção em: _____ Data: _____

CARACTERIZAÇÃO DO TUBO

Tubo: _____ Diâmetro: _____
 Material: _____ Estado: _____
 Comprimento: _____ Data: _____

#	Registo	Descrição	Fotografias
01	00:00	Inspeção inicial da tubagem.	
02	00:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
03	00:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
04	00:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
05	01:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
06	01:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
07	01:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
08	01:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
09	02:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
10	02:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
11	02:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
12	02:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
13	03:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
14	03:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
15	03:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
16	03:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
17	04:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
18	04:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
19	04:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
20	04:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
21	05:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
22	05:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
23	05:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
24	05:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
25	06:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
26	06:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
27	06:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
28	06:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
29	07:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
30	07:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
31	07:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
32	07:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
33	08:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
34	08:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
35	08:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
36	08:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
37	09:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
38	09:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
39	09:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
40	09:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
41	10:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
42	10:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
43	10:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
44	10:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
45	11:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
46	11:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
47	11:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
48	11:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
49	12:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
50	12:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
51	12:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
52	12:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
53	13:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
54	13:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
55	13:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
56	13:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
57	14:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
58	14:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
59	14:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
60	14:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
61	15:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
62	15:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
63	15:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
64	15:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
65	16:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
66	16:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
67	16:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
68	16:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
69	17:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
70	17:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
71	17:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
72	17:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
73	18:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
74	18:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
75	18:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
76	18:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
77	19:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
78	19:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
79	19:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
80	19:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
81	20:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
82	20:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
83	20:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
84	20:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
85	21:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
86	21:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
87	21:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
88	21:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
89	22:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
90	22:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
91	22:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
92	22:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
93	23:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
94	23:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
95	23:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
96	23:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
97	00:00	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
98	00:15	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
99	00:30	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	
100	00:45	Estado geral da tubagem e presença de resíduos sólidos e líquidos.	

Observações:

Este relatório é propriedade da empresa e não deve ser divulgado sem a autorização da mesma. Qualquer cópia não autorizada será considerada crime de contra-facção e punida de acordo com a legislação em vigor.

Fig. 1/1

Figura 54 – Relatório de Inspeção Vídeo de Tubagens por «Closed-Circuit Television» (CCTV) (MANVIA, 2008)

2.6 Metodologias de limpeza mecânica

Com excepção da técnica do entubamento com rebentamento da tubagem existente, todas as técnicas acima descritas envolvem um polimento prévio mais ou menos minucioso conforme seja uma técnica que envolva maiores ou menores, riscos de ferir a nova tubagem durante a sua instalação no colector a reabilitar.

2.6.1 Aspectos gerais

O presente ponto destina-se a descrever a metodologia a empregar na actividade de Limpeza Mecânica.

Sempre que se detectem anomalias na fase de inspeção ou de limpeza por jacto de água em alta pressão, dever-se-á determinar qual o tipo de limpeza a adoptar, propondo aos Donos de Obra um dos dois processos distintos, que a seguir se indicam:

- Dispositivo de corte tipo Microtuneladora - sempre que o volume da incrustação a remover seja superior a 30% da secção da tubagem;

- Dispositivo tipo Robot Fresador - sempre que os volumes sejam inferiores a 30% da secção da tubagem ou sempre que seja necessário proceder à eliminação de arestas vivas ou outros tipos de defeitos.

2.6.2 Microtuneladora

2.6.2.1 Metodologia: microtuneladora

A passagem da microtuneladora pelo troço em que se pretende remover os excessos de argamassa nas juntas ou outro tipo de obstrução de grande volume, deverá ser precedida de uma limpeza prévia por jacto de água em alta pressão. Esta etapa tem como objectivo a remoção de sujidades e outros depósitos removíveis por este meio.

O corte da obstrução far-se-á assim com a tubagem isenta de sujidades, sendo que os resíduos resultantes dos excessos de argamassa nas juntas permanecerão no interior da tubagem, determinando uma última passagem do jacto de limpeza em alta pressão para remoção destes resíduos.

A inspecção vídeo preliminar poderá assim ser realizada, seguindo-se as restantes actividades inerentes à reabilitação das tubagens.

Note-se que a remoção do excesso de argamassa nas juntas não substitui a utilização do robot fresador na fase de reabilitação, que continuará a ser necessário para o ajuste fino dos defeitos e incrustações existentes, necessários apenas na fase de reabilitação.

2.6.2.2 Equipamento: microtuneladora

O equipamento a utilizar consiste num dispositivo mecânico movido pelo jacto de água do camião utilizado nas limpezas, ver Figura 55.

Esta ferramenta possui uma coroa de corte, adaptável aos vários diâmetros encontrados, que remove por corte os excessos de incrustações.

Os resíduos resultantes do corte ficarão no interior da tubagem, sendo removidos posteriormente pelo processo de limpeza tradicional.



Figura 55 – Microtuneladora para remoção de betão (MANVIA, 2007)

2.6.3 Robot fresador

2.6.3.1 Metodologia: robot fresador

O robot fresador destina-se a preparar o colector para a reabilitação, devendo efectuar as seguintes tarefas:

- remover pequenas incrustações nas paredes do colector;
- eliminar arestas vivas em juntas desalinhadas;
- remover objectos em penetração nas paredes do colector (e.g. ramais);
- desbastar defeitos de construção do colector;
- suavizar mudanças de direcção nas ligações.

2.6.3.2 Equipamento: robot fresador

O equipamento que se indica é produzido pelo fabricante alemão PROKASRO e consiste num robot auto – motriz semelhante aos utilizados na inspecção vídeo e que possui um braço equipado com ferramenta rotativa do tipo fresadora e uma câmara de inspecção vídeo que permite ao operador visualizar todo o processo de limpeza, ver Figura 56.



Figura 56 – Robot fresador (MANVIA, 2007)

O equipamento está montado num veículo semelhante aos utilizados para a inspecção vídeo.

2.7 Resumo de técnicas de reabilitação

O estabelecimento da metodologia de reabilitação teve por base a descrição das técnicas reabilitação de redes de drenagem doméstica e pluvial (sem vala aberta) efectuada no presente capítulo (Capítulo 3) e cuja síntese se apresenta no Quadro 7. Este quadro inclui a lista das referidas técnicas de reabilitação de colectores sem abertura de vala, assim como a indicação das suas vantagens e desvantagens, comparação de custos, permitindo ter acesso à informação referente a de cada uma das técnicas analisadas, de uma maneira rápida, sucinta e sistematizada.

Quadro 7 – Resumo das técnicas de reabilitação de colectores (sem vala aberta), vantagens e desvantagens e comparação de custos

Técnica	Tipo de Patologia	Operação	Campos aplicáveis	Vantagens	Desvantagens	Materiais típicos dos colectores a reabilitar	Custo ¹
Encamisamento Pontual «short liner»	Pontual	Reparação	<p>Reparação de colectores em diversos materiais entre DN100 e DN800 para os seguintes defeitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Roturas localizadas com ou sem entrada de águas freáticas; • Fissuras longitudinais, transversais ou mistas; • Desfragmentação parcial; • Desalinhamento em juntas; • Penetração de raízes; • Penetração de objectos; • Corrosão localizada; • Cada reparação pontual pode apresentar uma extensão variável entre 0,5 m e 3,0 m. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elimina totalmente a necessidade de remover pavimentos e abrir valas (todos os trabalhos são executados a partir das caixas de visita existentes); • Reparações mais rápidas (menos que 2 horas por defeito pontual reparado); • Celeridade na resposta (o sistema é facilmente mobilizável para qualquer ponto do país e não envolve equipamento pesado); • Impacte mínimo dos trabalhos à superfície; • Perturbação mínima do tráfego automóvel; • Materiais ecologicamente seguros. 	<ul style="list-style-type: none"> • Não aconselhável para trechos longos nem para diâmetros superiores a 1000 mm; • Não resolve problemas de esmagamento da tubagem; • Não permite o aumento de diâmetro; • Não permite um aumento da capacidade hidráulica do sistema. 	qualquer	€ ²
Encamisamento Contínuo com manga de fibras de feltro (cura por calor)	Contínua	Renovação	<ul style="list-style-type: none"> • Na reposição da estanquidade de redes de drenagem; • Na renovação de colectores em diversos materiais entre DN60 e DN300 em redes de drenagem; • Nos comprimentos de reabilitação variáveis entre 1 m e 100 m em função do diâmetro; • Tubagens verticais (e.g. nas redes em edifícios) que podem ser renovadas por este processo; • Em redes com mudanças de direcções acentuadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mais económico que as mangas de fibras de vidro; • Processo mais rápido na renovação de pequenos diâmetros quando comparado com as mangas de fibras de vidro; • Elimina totalmente a necessidade de remover pavimentos e abrir valas (todo o trabalho é efectuado a partir das caixas de visita existentes); • Ramais ou ligações directas à tubagem são facilmente recolocados em serviço (mediante a utilização de um robot fresador); • Ultrapassa mudanças de direcção acentuadas (pode ser utilizada na renovação de redes com uma ou mais curvas de direcção até 90°); • Máxima resistência química. 	<ul style="list-style-type: none"> • Processo mais lento; • Processo dispendioso; • Necessita de mão-de-obra especializada. 	qualquer	€€€

Quadro 7 – Resumo das técnicas de reabilitação de colectores (sem vala aberta), vantagens e desvantagens e comparação de custos (Continuação)

Técnica	Tipo de Patologia	Operação	Campos aplicáveis	Vantagens	Desvantagens	Materiais típicos dos colectores a reabilitar	Custo ¹
Encamisamento Contínuo com manga de fibras de vidro (cura por radiação ultravioleta)	Contínua	Renovação	<ul style="list-style-type: none"> • Renovação de tubagens em diversos materiais entre DN150 a DN1000 em colectores ou emissários de esgotos domésticos ou pluviais; • Comprimentos de reabilitação variáveis entre os 10 m e os 140 m não dependentes do diâmetro; • Possibilidade de renovar perfis não circulares (e.g. ovóides, rectangulares, etc); • Sempre que for viável necessidade de minimizar o efeito de redução da secção hidráulica resultante da renovação (espessuras variáveis entre 3 mm e 15 mm); • Na redução dos coeficientes de rugosidade e melhoria do comportamento hidráulico de colectores existentes; • Na renovação de colectores industriais com fluidos de agressividade elevada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistência mecânica elevada com tubos de espessura reduzida (o novo tubo resiste isoladamente às cargas estáticas e dinâmicas sem necessitar da contribuição do tubo existente); • Máxima resistência química, mesmo em caudais altamente agressivos (tempos de vida útil superiores a 50 anos em função da aplicação e da resina seleccionada); • Elimina totalmente a necessidade de remover pavimentos e abrir valas (todo o trabalho é efectuado a partir de caixas de visita existentes); • Os ramais ou ligações directas à tubagem são recolocadas em serviço posteriormente à reparação por um robot fresador controlado a partir do exterior; • Rapidez de execução da renovação (reabilitação de comprimentos superiores a 100m num só dia de trabalho). 	<ul style="list-style-type: none"> • Processo mais lento; • Processo mais dispendioso; • Necessita de mão-de-obra especializada. 	qualquer	€€€

Quadro 7 – Resumo das técnicas de reabilitação de colectores (sem vala aberta), vantagens e desvantagens e comparação de custos (Continuação)

Técnica	Tipo de Patologia	Operação	Campos aplicáveis	Vantagens	Desvantagens	Materiais típicos dos colectores a reabilitar	Custo ¹
Entubamento Simples – «sliplining» - tubos de polietileno convencionais	Contínua	Renovação	<p>Tubagens com escoamento sob pressão em qualquer diâmetro, espessura ou classe de pressão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Condutas elevatórias; • Condutas de escoamento de outros fluidos (e.g. gás, águas industriais, etc.). <p>Tubagens com escoamento gravítico em qualquer diâmetro:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colectores de águas residuais domésticas; • Colectores de águas pluviais; • Passagens hidráulicas tubulares; • Correção de pendentes: Entubamento com tubos de menor diâmetro utilizando o espaço livre para corrigir as contra-pendentes. 	<p>Escoamento sob pressão:</p> <ul style="list-style-type: none"> • As características da nova conduta são correspondentes à tubagem utilizada no entubamento (tubagens convencionais de polietileno); • Redução para menos de ¼ dos trabalhos de remoção de pavimentos e escavação. <p>Escoamento gravítico (em superfície livre):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reperfilamento e renovação integral de colectores irrecuperáveis por outras técnicas de reabilitação; • Redução total dos trabalhos de remoção de pavimentos e escavação (tubagens modulares). 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização não aconselhada no caso de elevadas cargas diamétricas; • Pode não resolver problemas de fugas e roturas, caso o local onde a água residual aparece à superfície não corresponda ao local da fuga e onde se procede ao entubamento; • Necessária abertura de vala (poços) aberta nas ligações. 	qualquer	€
Entubamento Simples – «sliplining» - tubos modulares			qualquer	€€€			

Quadro 7 – Resumo das técnicas de reabilitação de colectores (sem vala aberta), vantagens e desvantagens e comparação de custos (Continuação)

Técnica	Tipo de Patologia	Operação	Campos aplicáveis	Vantagens	Desvantagens	Materiais típicos dos colectores a reabilitar	Custo ¹
Entubamento com rebentamento - «burstlining» - tubos de polietileno convencionais	Contínua	Renovação	<p>Tubagens em escoamento sob pressão e colectores de escoamento gravítico com os seguintes diâmetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • DN60 a DN600 com utilização de tubagens de polietileno convencionais; • DN60 a DN300 com utilização de tubagens modulares; • Quando não é possível aceitar uma redução na secção do colector. 	<ul style="list-style-type: none"> • Secção hidráulica: não há redução do diâmetro do colector, podendo o processo permitir manter a mesma secção hidráulica ou mesmo aumentá-la até um máximo de 20%; • Estabilização: uma vez que a tubagem existente é destruída não é necessário qualquer trabalho de preenchimento de espaço anelar; • Escavação e pavimentos: redução para menos de ¼ dos trabalhos de remoção de pavimentos e escavação na renovação de redes de águas; • Com a utilização de tubos modulares não há necessidade de haver qualquer escavação; • Comportamento estrutural e hidráulico: as características finais do colector reabilitado correspondem às da nova tubagem. 	<ul style="list-style-type: none"> • Provoca vibrações e ruído o que em locais urbanos (e.g., escolas), ou rurais (e.g., zonas protegidas) pode não ser o mais aconselhável; • Provoca perturbações no terreno e em tubagens adjacentes; • Obriga a abertura de poços de ataque de grande dimensão (extensão). 	Não se aplica Ferro Fundido Dúctil (FFD) e Aço	€€
Entubamento com rebentamento - «burstlining» - tubos modulares							€€€€

Quadro 7 – Resumo das técnicas de reabilitação de colectores (sem vala aberta), vantagens e desvantagens e comparação de custos (Continuação)

Técnica	Tipo de Patologia	Operação	Campos aplicáveis	Vantagens	Desvantagens	Materiais típicos dos colectores a reabilitar	Custo ¹
Vala aberta	Pontual e Contínua	Substituição	Todos	<ul style="list-style-type: none"> Em alguns casos é mais económico. 	<ul style="list-style-type: none"> Menos seguro para os trabalhadores, peões e veículos; Grande incómodo para as populações; Provoca cortes de trânsito em cruzamentos e bloqueia entradas de casas e entrada de garagens; Necessita de movimentação de terras e transporte das mesmas a aterro autorizado; Necessita de reposição de pavimento. 	Qualquer material	€€€

¹ € - menos dispendioso; €€€€€ - mais dispendioso

² De acordo com o levantamento efectuado da prática actual, a técnica Encamisamento Pontual «*short liner*» é muito menos dispendiosa que a de vala aberta, na relação de € e €€€ respectivamente.

Os esgotos oleosos não suportam tubagens de Polietileno de Alta Densidade (PEAD), logo não são aplicáveis as técnicas de Entubamento Simples e de Entubamento com Rebentamento (tubos de polietileno convencionais ou modulares).

2.8 Características dos materiais dos colectores reabilitados

No Anexo 1 apresentam-se as características de alguns materiais utilizados nas técnicas de reabilitação conforme o Quadro 8 abaixo indicado.

Quadro 8 – Tipos de materiais utilizados em cada técnica de reabilitação

Técnicas	Materiais utilizados
Encamisamento Pontual « <i>short liner</i> »	resina e manga de reparação
Encamisamento Contínuo com manga de fibras de feltro (cura por calor)	resina e manga de fibras de feltro
Encamisamento Contínuo com manga de fibras de vidro (cura por radiação ultravioleta)	resina e manga de fibras de vidro
Entubamento Simples – « <i>sliplining</i> » tubos de polietileno convencionais ou modulares	tubos convencionais: Polietileno de Alta Densidade (PEAD); Polipropileno (PP) tubos modulares em Polipropileno (PP) da EGEPLAST
Entubamento com rebentamento – tubos de polietileno convencionais ou modulares	tubos convencionais: Polietileno de Alta Densidade (PEAD); Polipropileno (PP) tubos modulares em Polipropileno (PP) da EGEPLAST

No Capítulo 3 referente à descrição das técnicas de reabilitação foram mencionadas ao longo dos exemplos de proposta adequadas a cada técnica, as características dos materiais a aplicar.

2.9 Conclusões

Porquê Reabilitar com técnicas de reabilitação sem vala aberta?

- Porque a obra tem um impacto menor na vida das populações;
- Porque pode ser mais económico, mesmo sem o custo indirecto associado ao impacto na vida das populações;
- Porque a obra reabilitada equivale em termos técnicos a uma obra nova;
- Porque os materiais empregues têm tempos de vida útil maiores ou iguais a 50 anos;
- Porque o prazo de execução é mais reduzido.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA DE APOIO À DECISÃO PARA A REABILITAÇÃO DE SISTEMAS DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS (SDAR)

3.1 Considerações gerais

As entidades gestoras podem ter dois tipos de atitude mediante o envelhecimento dos seus sistemas e perante a reabilitação: atitude reactiva ou atitude preventiva. Na atitude reactiva, os colectores reabilitados são seleccionados de acordo com critérios de emergência (e.g. colectores que falhem ou tenham sido reparados muitas vezes) e de previsão de intervenções na via (de acordo com a necessidade de intervenção noutras infra-estruturas). Muito raramente, as características do colector ou outros aspectos ambientais são tidos em conta. Este tipo de atitude leva a reduzidas (ou nulas) taxas de reabilitação de colectores e as condições de funcionamento da rede irão, muito provavelmente, dar origem a custos financeiros elevados envolvendo grandes investimentos nos anos que se seguem. Com uma atitude preventiva, as entidades gestoras planeiam os investimentos a curto, médio e longo prazo depois de analisarem as condições estruturais dos colectores e prever a sua degradação. Esta atitude requer um bom conhecimento das características dos colectores da rede, que deveriam estar disponíveis em bases de dados informatizadas.

Assim é muito importante desenvolver um sistema de apoio à decisão, para apoiar pragmaticamente o gestor de sistemas de águas residuais no planeamento da reabilitação das suas redes respondendo às seguintes questões:

- Qual é o estado de determinado colector e do sistema no seu conjunto?
- Quais são os colectores mais vulneráveis?
- Qual a previsão de falhas e de obstruções para o futuro?
- Como definir prioridades na selecção de projectos de reabilitação?
- Que tecnologias de reabilitação seleccionar?
- Quais as consequências socioeconómicas das falhas e dos trabalhos de reabilitação no sistema?
- Quais são as necessidades de investimento futuro no sistema de drenagem de águas residuais?
- Como se poderá planear melhor a reabilitação do sistema de drenagem de águas residuais?

Para desenvolver um sistema computacional de apoio à decisão em termos de reabilitação estratégica (onde, quando e como reabilitar redes?) e com o objectivo de apoiar as entidades gestoras foi criado um modelo protótipo com base num programa europeu de

investigação chamado Projecto «*Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks*» (CARE S) em que (Matos, Covilhã, UBI, 2005):

- Participaram 16 Parceiros de 12 países europeus (Universidades e Instituições de Investigação, em Portugal, foi o Laboratório de Engenharia Civil (LNEC));
- Participaram 20 utilizadores finais (entidades gestoras, incluindo Serviços Municipalizados de Água e Saneamento de Oeiras e Amadora) de 12 países europeus;
- O prazo foi : Out. 2002 – Out. 2005;
- Orçamento total de 4.5 Milhões €;
- Financiamento EU: 2.9 Milhões €.

Em Portugal os desenvolvimentos efectuados no âmbito do estabelecimento de uma metodologia para apoio à reabilitação dos sistemas de águas residuais e no desenvolvimento de software para a sua aplicação foram os seguintes:

- Definição de uma metodologia para avaliação do desempenho técnico de sistemas de águas residuais para apoio à reabilitação;
- Definição de um quadro de indicadores de desempenho para apoio à reabilitação de sistemas de drenagem urbana;
- Definição de metodologia para apoio à definição de planos de reabilitação e de inspecção.

Tratando-se o «*Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks*» (CARE-S) um modelo protótipo importante para apoiar pragmaticamente o gestor de sistemas de águas residuais no planeamento da reabilitação das suas redes, passa-se à sua descrição mais detalhada no subcapítulo seguinte.

3.2 O programa de apoio à reabilitação Modelo CARE-S

O CARE-S é um programa computacional para apoio e reabilitação de sistemas de drenagem urbana. O «*CARE-S Manager*» é uma plataforma integradora de vários módulos individuais, que permite introduzir, importar, exportar e seleccionar dados, correr as aplicações associadas a cada módulo e representar geograficamente tanto os dados como os resultados. O «*Manager*» gere uma base de dados centralizada, dispondo para o efeito de um sistema de gestão de base de dados e de uma aplicação de visualização de dados e

resultados, que permitem arquivar e processar toda a informação, com facilidades de visualização.

A especificação do problema pode ser feita tirando partido das propriedades da aplicação de visualização de dados e resultados que permite definir graficamente os limites da parcela do sistema por características (por exemplo, analisar o comportamento de colectores de determinados materiais, diâmetros, idade, etc.). O «CARE-S» prepara automaticamente os dados exigidos para o funcionamento de cada módulo, incluindo as respectivas aplicações, e armazena os resultados de cada aplicação na base de dados. A modelação hidráulica é executada exteriormente ao «CARE-S *Manager*», estando prevista a utilização de três programas de simulação hidráulica, o «*Storm Water Management Model*» (SWMM), o «MOUSE/DHI», e o «Infoworks» (Camacho, 2007).

O «CARE-S *Manager*» é constituído por 6 módulos:

- Indicadores de desempenho;
- Previsão da condição estrutural;
- Análise hidráulica e ambiental;
- Base de dados de tecnologias de reabilitação;
- Consequências socioeconómicas;
- Apoio à decisão multicritério.

Na Figura 57, apresenta-se o esquema de funcionamento do «CARE-S».

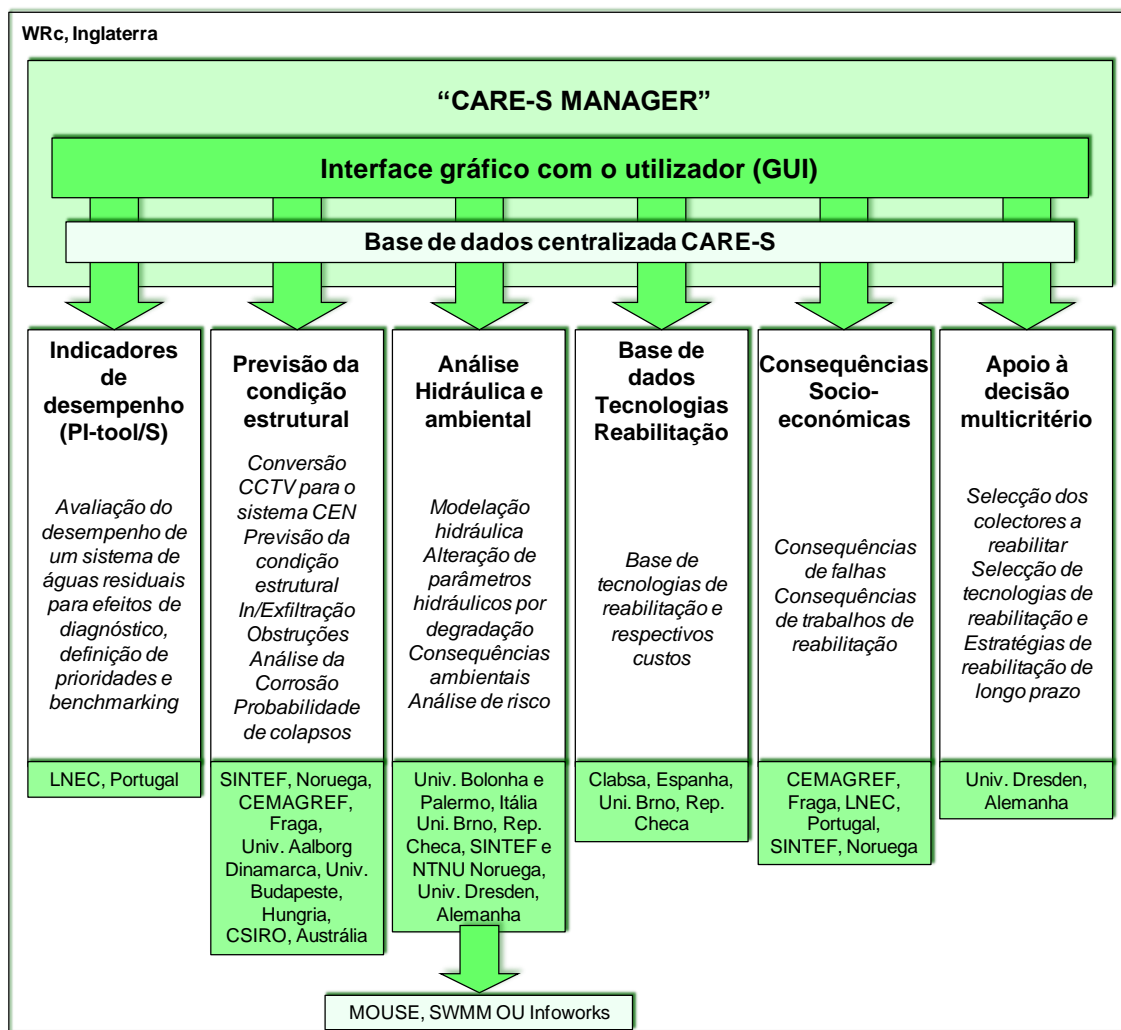


Figura 57 – Esquema de funcionamento do «CARE-S» (Seminário Desenvolvimento Sustentável, IST, LNEC 2006)

Nos pontos seguintes, descrevem-se os módulos incluídos no «CARE-S Manager».

3.2.1 Indicadores de desempenho

Seguindo os passos propostos na abordagem «CARE-S», normalmente o primeiro módulo a utilizar é o «PI-Tool/S», que permite apoiar o diagnóstico através da avaliação de indicadores de desempenho relevantes para a reabilitação de colectores. Os indicadores foram definidos, tendo como base o sistema de indicadores de desempenho da «*International Water Association*» (Matos *et al.*, 2003), tendo sido testados em casos de estudo. A aplicação informática permite seleccionar os indicadores e variáveis de interesse para o caso em análise, introduzir os dados correspondentes, calcular os indicadores e variáveis, e produzir tabelas e gráficos de resultados (Camacho, 2007).

3.2.2 Módulo da previsão da condição estrutural

Este módulo de previsão da condição estrutural, permite ao utilizador avaliar a condição estrutural do sistema em estudo.

Este módulo é constituído pelas ferramentas que a seguir se indicam.

3.2.2.1 Conversão de dados «*Closed-Circuit Television*» (CCTV)

Actualmente, nos vários países europeus são utilizadas diferentes normas de classificação das falhas observadas nas inspecções de colectores por «*Closed-Circuit Television*» (CCTV), no entanto as ferramentas desenvolvidas para o «CARE-S» utilizam a norma europeia EN 13508-2 (2003). O módulo de conversão de dados «*Closed-Circuit Television*» (CCTV) permite a um utilizador de um dado país converter uma base de dados de inspecção «*Closed-Circuit Television*» (CCTV), segundo qualquer norma nacional incluída no conversor para uma base de dados de acordo com a norma europeia EN 13508-2 (2003) (Camacho, 2007).

3.2.2.2 Módulo de previsão de falhas

As ferramentas integrantes do módulo de previsão de falhas permitem ao utilizador obter informação geral do sistema no que respeita à condição estrutural, à infiltração/exfiltração, à corrosão interna e externa, e à probabilidade de colapso nos colectores. De seguida resumem-se as funções de cada uma das ferramentas deste módulo (Camacho, 2007):

O «**GompitZ**» é um programa constituído por dois módulos executáveis: o «*Gompcal*» e o «*Gompred*». O «*Gompcal*» calcula a probabilidade de ocorrência de uma determinada condição estrutural para uma dada idade do colector. O «*Gompred*» permite, por sua vez, a simulação de cenários de reabilitação e de previsão da condição estrutural de colectores.

A «**IE tool**» (***Infiltration-Exfiltration tool***) é uma ferramenta que permite estimar o volume de infiltração e a exfiltração de colectores gravíticos, para períodos de 24 horas, e o respectivo volume horário.

A «**Blockage Tool**» é uma ferramenta que permite ao utilizador avaliar a probabilidade de ocorrência de obstruções num colector. A ferramenta consiste num modelo estatístico «*factorialbased model*», onde os factores são identificados através de uma

análise estatística do histórico das obstruções. A ferramenta é calibrada pelo utilizador e efectua os cálculos para todos os colectores presentes na base de dados através de uma rotina automática. A qualidade e a fiabilidade dos resultados aumentam com o número de anos do histórico de dados.

O «*CARE-S Manager*» disponibiliza duas ferramentas para a análise do risco de corrosão, o «**ZModel**» e o «**WATS**». O «**Z-Model**» é um programa simples baseado numa fórmula modificada de cálculo do parâmetro «Z de Pomeroy», cujos resultados são expressos em termos qualitativos. O «**WATS**» é um programa mais complexo do que o anterior, cujo funcionamento é semelhante a um modelo hidráulico. Os resultados do «**WATS**» consistem numa taxa de corrosão para cada colector expressos em mm/ano.

O «**ExtCorr**» é um programa que produz uma estimativa da corrosão externa associada a cada colector, recorrendo a uma fórmula empírica que considera a humidade do solo, o nível de resistência do colector, o ano de instalação e um ano de previsão. Os resultados obtidos através da utilização desta ferramenta consistem num valor para a corrosão externa total para cada colector expresso em milímetros para o horizonte de projecto definido pelo utilizador.

O «**Load**» é um modelo que calcula as forças externas às quais os colectores de betão e de secção circular estão expostos, baseando-se nas cargas externas e nas características dos próprios colectores. A relação entre a carga e resistência resultam num factor de segurança e numa probabilidade de colapso para cada colector. Os resultados do «**Load**» apresentam uma maior qualidade quando são disponibilizados dados relativos ao tráfego, à corrosão externa e interna, e aos níveis freáticos, o que implica, ser necessário utilizar previamente as ferramentas «**Wats**» e «**Extcorr**», para obter resultados mais coerentes.

3.2.3 Módulo de análise hidráulica e ambiental

O módulo de análise hidráulica e ambiental permite ao utilizador avaliar a fiabilidade hidráulica e ambiental do sistema em estudo. Este módulo é constituído por cinco ferramentas (Camacho, 2007):

- «Degradation Tool»;
- «Hydraulic Model»;
- «Groundwater Assessment Tool» (GAT);

- «Combined Sewer Overflow Assessment Tool» (CAT);
- «Hellmud».

A ferramenta «**Degradation Tool**» traduz a degradação dos colectores em parâmetros que produzem as mesmas condições hidráulicas causadas pelos efeitos da degradação. Nos colectores em que a inspecção «*Closed-Circuit Television*» (CCTV) revela defeitos, as suas consequências em termos hidráulicos são calculadas utilizando esta ferramenta. Estes efeitos são avaliados em termos de coeficiente de perda de carga local, novos coeficientes de rugosidade ou, ainda, como uma nova área da secção transversal dos colectores. Os parâmetros obtidos são utilizados para recalculer o modelo hidráulico.

Os resultados obtidos através da aplicação da «**Degradation Tool**» são processados por sua vez pela ferramenta «**Hydraulic Model**», com objectivo de produzir um novo ficheiro de entrada para o programa de simulação hidráulica (SWMM, MOUSE, ou Infoworks). O ficheiro de resultados obtido através nova simulação hidráulica, é importado de novo para o «*CARE-S Manager*», onde se pode proceder a um novo processo de avaliação se o utilizador considerar necessário.

A ferramenta «**GAT**» permite avaliar a vulnerabilidade da água subterrânea em relação à exfiltração dos colectores, e assim identificar as áreas mais sensíveis à poluição com origem em processos de exfiltração. Este programa baseia-se nos métodos «*DRASTIC, Eaton*», e em dois métodos simplificados. Os resultados obtidos dependem dos métodos utilizados para a avaliação de vulnerabilidade. Se seleccionado o método «*DRASTIC*», o resultado é expresso de forma numérica, enquanto se for qualquer um dos outros métodos o resultado é expresso através de intervalos qualitativos (baixa, média ou elevada vulnerabilidade).

O «**CAT**» é um programa que permite avaliar o impacte das descargas dos sistemas nos meios receptores aquáticos. A avaliação é realizada tendo em conta a legislação nacional referente a este tipo de situações. Esta ferramenta inclui uma base de dados referente à legislação de vários países europeus, que pode ser actualizada pelo utilizador.

O «**Hellmud**» é um modelo matemático direccionado para a análise da fiabilidade ambiental e hidráulica dum sistema de colectores, para um cenário predeterminado através da definição de critérios de fiabilidade e da selecção de ficheiros de resultados de

modelação hidráulica relativos a eventos de precipitação de diferentes períodos de retorno ou durações temporais, importados pelo «CARE-S Manager». Esta ferramenta também permite analisar várias estratégias de reabilitação em termos de fiabilidade, desde que disponibilizados os ficheiros de resultados dos modelos hidráulicos correspondentes a essas estratégias.

3.2.4 Módulo da base de dados de tecnologias de reabilitação

O módulo relativo às tecnologias de reabilitação consiste numa base de dados de vários métodos de reabilitação e dos custos associados aos mesmos. Esta base de dados pode ser editada e adaptada à realidade de cada país. As tecnologias de reabilitação seleccionadas através deste módulo são utilizadas nas ferramentas que integram os módulos das consequências socioeconómicas e de apoio à decisão. Este módulo inclui, ainda, uma folha de cálculo que permite efectuar cálculos económicos associados à utilização de uma tecnologia de reabilitação (Camacho, 2007).

3.2.5 Módulo de consequências socioeconómicas

Num processo de selecção da estratégia de reabilitação é importante compreender os custos socioeconómicos associados às possíveis falhas e aos trabalhos de reabilitação. Neste módulo são calculados critérios que traduzem o *peso* destes custos, de forma a tornar o processo de decisão mais fiável. Este módulo é constituído por duas ferramentas: a «**Socio Fail Tool**» e a «**Socio-Works Tool**».

A «**Socio Fail Tool**» permite calcular critérios relacionados com os custos socioeconómicos das falhas que possam ocorrer nos colectores. A «**Socio-Works Tool**» permite calcular critérios relacionados com os custos socioeconómicos decorrentes de trabalhos de reabilitação de colectores. Os critérios definidos para estas duas ferramentas pretendem traduzir de forma objectiva os custos socioeconómicos, tendo em conta a informação disponível, para o colector considerado e para as falhas (Camacho, 2007).

3.2.6 Módulo de apoio à decisão multicritério

O módulo de apoio à decisão permite ao utilizador seleccionar os colectores que devem ser reabilitados, as técnicas e as estratégias de reabilitação mais adequadas, através de um processo onde são considerados os resultados e os critérios produzidos pelas ferramentas anteriores. Este módulo é constituído por três ferramentas:

- «**SRP**» (colectores a reabilitar);
- «**SRT**» (técnicas);
- «**LTP**» (estratégias de reabilitação).

A ferramenta «**SRP**» permite seleccionar os colectores prioritários para reabilitação, esta selecção é efectuada através de um processo interactivo de análise dos critérios e resultados produzidos nos módulos referidos anteriormente. A ferramenta «**SRT**» disponibiliza um método de selecção de tecnologias de reabilitação, este baseia-se num processo de comparação das vantagens e desvantagens associadas à utilização das tecnologias de reabilitação para um colector em particular. Finalmente, a ferramenta «**LTP**», permite seleccionar a estratégia de reabilitação a longo prazo mais vantajosa, através da comparação das previsões de desempenho e dos custos associados às diferentes estratégias. O utilizador pode definir uma estratégia de reabilitação em função dum comprimento de sistema a reabilitar, orçamento ou, ainda, da condição estrutural pretendida para o sistema (Camacho, 2007).

3.3 Resumo da metodologia de avaliação de estratégias de reabilitação

A metodologia de avaliação de estratégias de reabilitação encontra-se representada na Figura 58, com a utilização do programa «CARE-S».

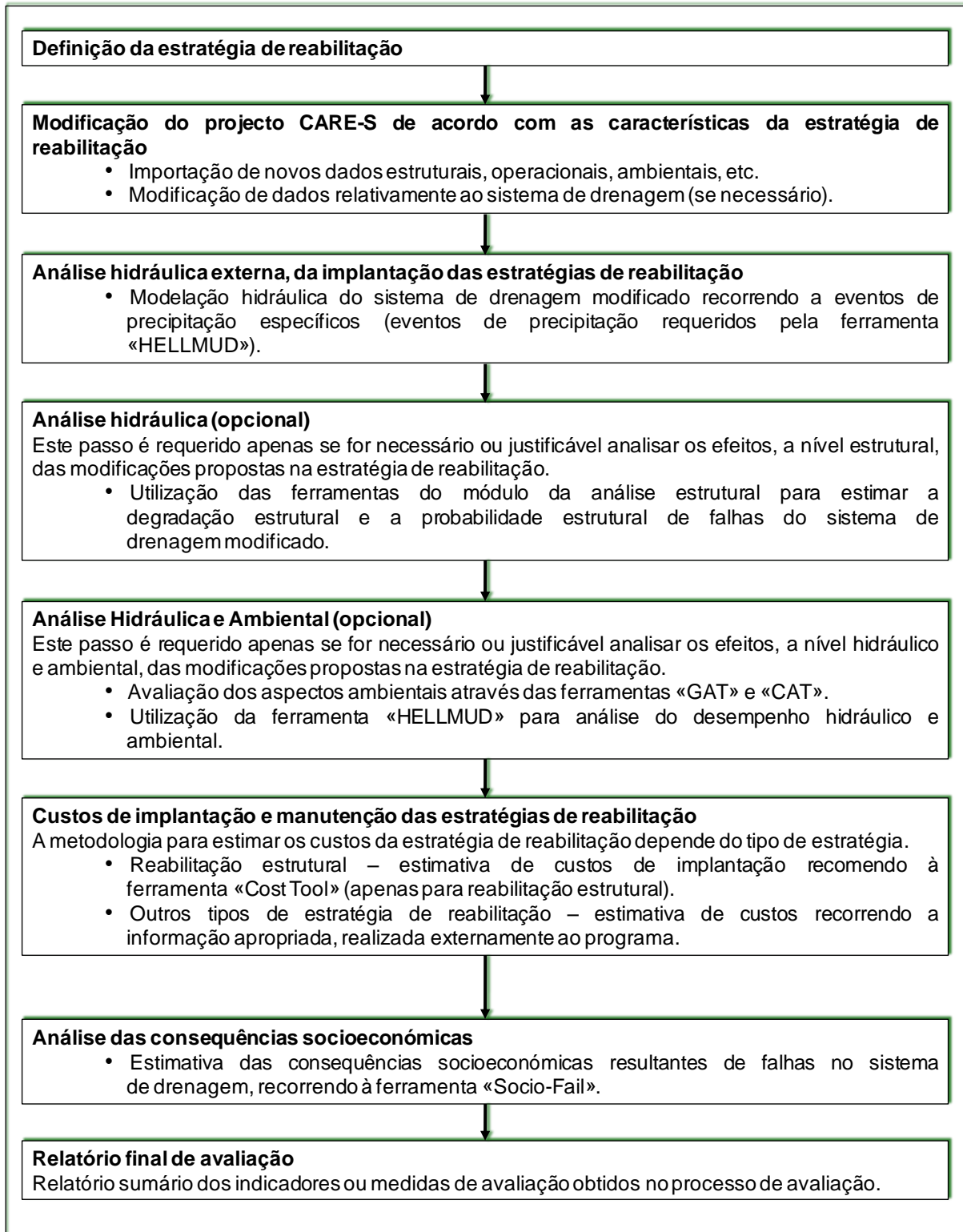


Figura 58 – Resumo da metodologia de avaliação de estratégias de reabilitação, (Camacho, 2007)

3.4 Conclusões

Neste capítulo reuniram-se os conhecimentos necessários para que, com uma base sólida teórica, se pudesse desenvolver um modelo de apoio a decisão para a selecção da técnica de reabilitação técnica e economicamente mais adequada. Para o efeito, é necessário identificar quais os colectores prioritários que necessitam de reabilitação. Daí a importância de modelos como o «CARE-S».

Qualquer decisor depara-se com problemáticas reais de qual a melhor técnica a utilizar em cada situação, pois cada intervenção é única e para cada uma em particular devem ser, em primeira instância, reduzidas o número de hipóteses de técnicas.

Verificou-se que nesta metodologia de apoio à decisão na reabilitação não existe uma metodologia estruturada e baseada no conhecimento do sistema que permita a selecção da técnica de reabilitação a utilizar em cada caso, muito em particular em colectores de drenagem de águas residuais.

Esta metodologia até à data de hoje não funciona a 100% porque o utilizar a metodologia «CARE-S» requer um processo de recolha de dados que pode ser demorado, dependendo da quantidade e do tipo de informação já existente relativamente ao sistema de drenagem a estudar. Na verdade, nos casos em que não existam os dados requeridos, a duração da campanha de recolha dos dados pode corresponder a vários meses. Por esta razão, a metodologia de avaliação «CARE-S» pode ser um processo dispendioso se feito de raiz, uma vez que será necessário levar a cabo pelo menos campanhas de medição de precipitação e caudal, levantamentos topográficos e de cadastro.

Esta foi a principal motivação para o desenvolvimento deste tema neste capítulo.

Pela razão acima mencionada, até à data os decisores implementam metodologias de apoio empíricas, como a que está representada na Figura 59.

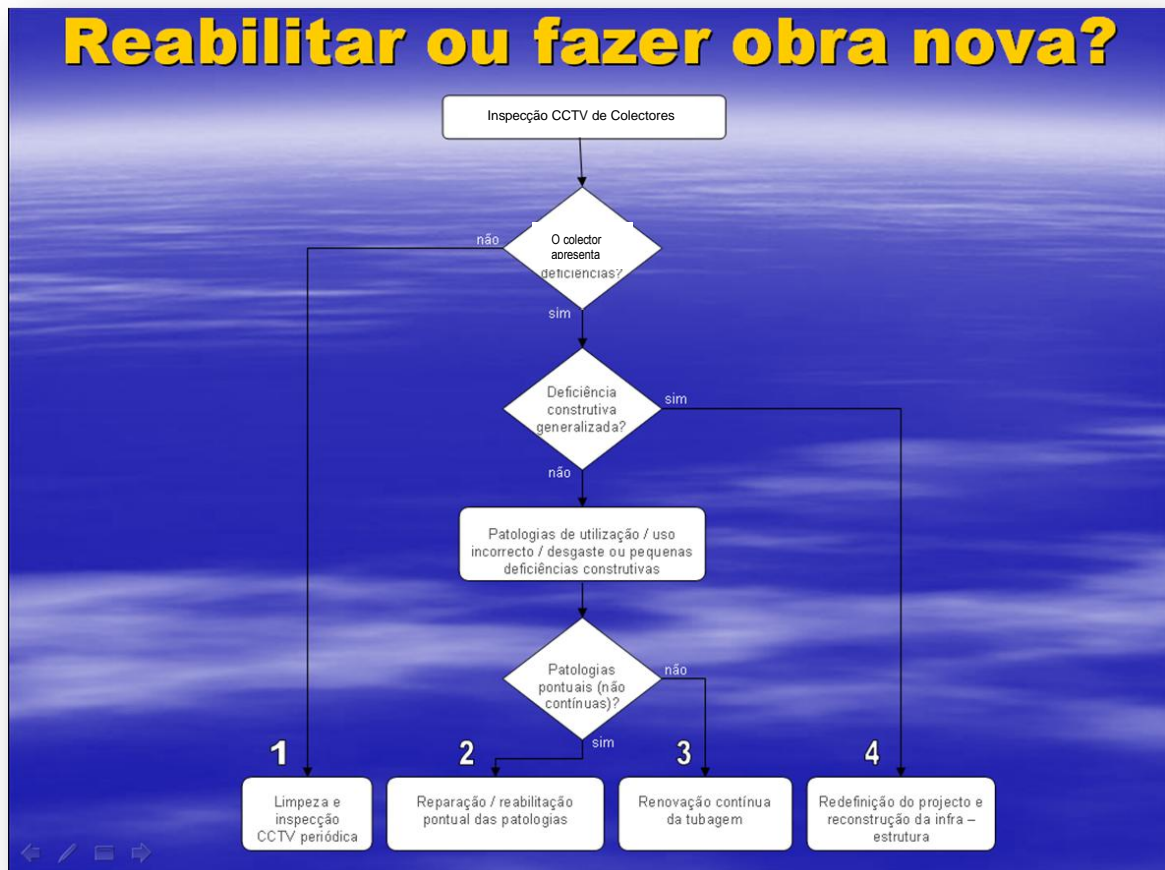


Figura 59 – Árvore de decisão adoptada para a escolha da técnica de reabilitação (MANVIA, 2010)

CAPÍTULO 4 - REGRAS OPERACIONAIS E DE SEGURANÇA FUNDAMENTAIS A APLICAR NA REABILITAÇÃO DE COLECTORES

4.1 Introdução

Os trabalhos em espaços confinados constituem a maior causa de morte em locais de trabalho associados a sistemas de drenagem de águas residuais.

No presente capítulo, apresentam-se os principais riscos associados aos trabalhos desenvolvidos nas técnicas de reabilitação de colectores de águas residuais e as respectivas medidas de prevenção adoptadas.

Pretende-se com as medidas adoptadas minimizar os riscos para a saúde dos trabalhadores, resultantes dos seguintes perigos:

- 1) Perigos relacionados com a atmosfera do colector:
 - Explosão (gasolina, solventes, metano);
 - Concentração de oxigénio inferior a 18,5% ou superior a 23,5%;
 - Gases vapores ou misturas de ambos em concentração superior a 10% do Limite Inferior de Explosividade (LIE);
 - Substâncias tóxicas em concentração superior ao limite admissível de exposição (gás sulfídrico, dióxido de carbono, cloro).
- 2) Arrastamento e imersão;
- 3) Quedas;
- 4) Quedas de objectos;
- 5) Infecções (cortes e feridas: vacinação: tétano e poliomielite);
- 6) Hipotermia;
- 7) Outros (equipamentos especializados).

4.1.1 Reabilitação: inspeção vídeo dos colectores

A que se aplica:

À actividade de Inspeção Vídeo dos Colectores, recorrendo aos seguintes equipamentos: Veículo combinado vácuo/alta pressão, Robot com «*Closed-Circuit Television*» (CCTV), Balões de tamponamento, Detectores de gás, Ventiladores.

Instruções operacionais:**• Antes da operação**

- Limpar por completo as caixas;
- Limpar o troço entre caixas com cabeça de limpeza com retro jacto, com uma pressão de serviço de 150 a 200 bar;
- Proceder à sucção eficiente dos inertes arrastados para as caixas;
- Proceder ao esvaziamento de troços inundados, como por exemplo troços em sifão;
- Criar acessos e proceder à desmatação de troços implantados fora das vias de circulação;
- Proceder ao desvio de trânsito, sua sinalização, policiamento, bem como estabelecer contactos necessários com os serviços competentes das Câmaras Municipais;
- Abrir a tampa da câmara de visita, por onde se faz o acesso dos trabalhadores e das câmaras situadas imediatamente a montante e a jusante, para ventilação;
- Medir a concentração de gases e vapores perigosos. Proceder à lavagem com alta pressão da câmara de visita;
- Verificar o estado de conservação das escadas a utilizar;
- Caso o local de intervenção não permita o acesso directo dos veículos combinados, junto das caixas, a limpeza será feita com mangueira de alta pressão que arrastará os detritos de caixa em caixa até à caixa onde o veículo combinado fará a respectiva aspiração.

• Durante a operação

- Efectuar a inspecção vídeo a 100% da extensão dos troços;
- Caso surjam trabalhos no interior de uma câmara de visita devem ser assistidos no exterior, por um ou mais trabalhadores que permaneçam junto dessa câmara durante toda a operação.

• Após a operação

- Proceder à inspecção e limpeza final de toda a área envolvente aos trabalhos de forma a eliminar indícios das actividades realizadas.

Instruções de segurança:

Quadro 9 – Reabilitação: inspecção vídeo dos colectores: riscos, medidas de prevenção, Equipamentos de Protecção Individual (EPI's) a utilizar

Riscos	Medidas de Prevenção	EPI's a utilizar
<ul style="list-style-type: none"> • Rotura de colectores - inundações; • Explosão; • Asfixia; • Projecção de objectos; • Intoxicações; • Infecções; • Existência de gases ou vapores perigosos. 	<ul style="list-style-type: none"> • A permanência dos trabalhadores dentro das câmaras de visita e nos colectores é interrompida de meia em meia hora, por um período nunca inferior a 10 minutos. Estas operações repetir-se-ão as vezes necessárias, até à completa limpeza do troço; • Dentro das caixas, utilizar equipamento de 24 V, de forma a evitar-se a electrocussão. 	<p>Uso Permanente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calçado de segurança (palmilha e biqueira de aço); • Equipamento de detecção de gases ou vapores perigosos e de teor de oxigénio; • Protectores auriculares; • Luvas de canhão alto; • Aparelhos individuais de protecção respiratória (máscaras antigás); • Cintos ou arneses.
<ul style="list-style-type: none"> • Afogamento (devido ao aumento brusco de caudal e inundações súbitas). 	<ul style="list-style-type: none"> • Nos colectores pluviais ou unitários visitáveis, as operações de visita e inspecção só devem ser feitas em condições favoráveis, isto é, quando não se preveja um aumento de caudal susceptível de pôr em risco a segurança dos trabalhadores; • Devem ser considerados os efeitos negativos das descargas de emergência nos sistemas de abastecimento de água e nos sistemas de águas residuais, nomeadamente os respeitantes às descargas de superfície dos reservatórios de água e às descargas de tempestade dos colectores unitários; • As câmaras de visita ou de inspecção e os colectores visitáveis devem permitir a evacuação em segurança e tão rápida quanto possível dos trabalhadores em situações de emergência. 	<p>Uso Pontual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bota pescador com peitilho; • Capacete de protecção; • Óculos/viseiras.

4.1.2 Reabilitação: renovação de tubagens**A que se aplica:**

A trabalhos de reabilitação: Renovação de tubagens, que permite a renovação de tubagens antigas (de grés, betão, Ferro Fundido (FF), Fibrocimento (FC) e Policloreto de Vinilo (PVC)) com instalação de novas tubagens de igual ou superior diâmetro.

Instruções operacionais:

- **Antes da operação**
 - Introduzir uma guia metálica na tubagem antiga;
 - Fixar na extremidade oposta à do equipamento de tracção um conjunto constituído por uma cabeça.
- **Durante a operação**
 - Introduzir o encamisado de polietileno previsto para a reparação do tubo através de cilindros que reduzem o diâmetro circular;
 - Introduzir na tubagem o encamisado de polietileno moldado;
 - Fechar hermeticamente os extremos dos tubos;
 - Encher a tubagem com água fria. Assim, o teste de pressão da tubagem provoca ao mesmo tempo a dilatação da nova tubagem.
- **Após a operação**
 - Proceder à Inspeção e Limpeza final de toda a área envolvente aos trabalhos de forma a eliminar indícios das actividades realizadas.

Instruções de segurança:

Quadro 10 – Reabilitação: renovação de tubagens: riscos, medidas de prevenção, Equipamentos de Protecção Individual (EPI's) a utilizar

Riscos	Medidas de Prevenção	EPI's a utilizar
<ul style="list-style-type: none"> • Soterramento; • Asfixia; • Queda de nível diferente; • Entalamento; • Contacto com objectos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medidor de oxigénio; • Ventilador. 	<p>Uso Permanente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calçado de segurança (palmilha e biqueira de aço); • Protectores auriculares; • Fatos impermeáveis; • Cintos ou arneses. <p>Uso Pontual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacete de protecção.

4.1.3 Reabilitação: encamisamento contínuo com manga de fibras de vidro**A que se aplica:**

A trabalhos de reabilitação: Renovação de tubagens – encamisamento contínuo, que consiste numa renovação com introdução e cura de uma manga de resina de poliéster reforçada com estruturas de fibras de vidro, em redes de saneamento danificadas por raízes, desalinhasadas ou fissuradas.

Instruções operacionais:

- **Antes da operação**
 - Seleccionar as mangas a utilizar;
 - Retirar a tubagem antiga de serviço;
 - Proceder à limpeza mais adequada;
 - Realizar uma inspecção vídeo que permite determinar a necessidade de se proceder ao corte de raízes ou de outros obstáculos que podem ser eliminados por robots preparado para o efeito.
- **Durante a operação**
 - Utilizando caixas de visita existentes, introduzir a manga no interior da tubagem antiga, procedendo-se posteriormente à sua expansão e cura, realizada por tracção de um guincho;
 - Para efectuar a cura da manga, recorrer à introdução combinada de vapor e ar de acordo com curvas de temperatura previamente estabelecidas;
 - Verificar a monitorização e registo de todo o processo de cura.

Instruções de segurança:

Quadro 11 – Reabilitação: encamisamento contínuo (fibras de vidro): riscos, medidas de prevenção, Equipamentos de Protecção Individual (EPI's) a utilizar

Riscos	Medidas de Prevenção	EPI's a utilizar
<ul style="list-style-type: none"> • Asfixia; • Queda de nível diferente; • Entalamento; • Contacto com objectos; • Contacto com o calor/frio; • Inalação de partículas de fibras de vidro (cancerígeno). 	<ul style="list-style-type: none"> • As câmaras de visita ou de inspecção e os colectores visitáveis devem permitir a evacuação em segurança e tão rápida quanto possível dos trabalhadores em situações de emergência; • Não permitir a aproximação de pessoas às áreas de intervenção das máquinas; • Nunca abandonar as máquinas sem que as mesmas estejam accionadas com sistemas de imobilização e de segurança; • Desobstruir e arrumar as áreas de trabalho; • Acondicionar materiais; • Demarcar obstáculos; • Delimitar zonas de circulação para peões e viaturas; • Respeitar as distâncias regulamentares. 	<p>Uso Permanente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calçado de segurança (palmilha e biqueira de aço); • Protectores auriculares; • Aparelhos individuais de protecção respiratória (máscaras antigás); • Fatos impermeáveis; • Cintos ou arneses. <p>Uso Pontual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacete de protecção.

4.1.4 Reabilitação: encamisamento pontual

A que se aplica:

A trabalhos de reabilitação: Reparação de tubagens – encamisamento pontual, que consiste em localizar os danos no interior da tubagem, inserir no local um troço de manga de encamisamento e provocar a sua expansão e cura.

É utilizada em selagem de tubagens contra a entrada de águas freáticas, selagem de fissuras longitudinais e transversais, reparação permanente e efectiva no caso de roturas e desfragmentação da tubagem, reparação de fugas em desalinhamentos, prevenção de danos causados por raízes, na prevenção e protecção contra a corrosão e na resistência química a águas residuais agressivas.

Instruções operacionais:

- **Antes da operação**
 - Limpar convenientemente a tubagem;
 - Realizar uma inspecção vídeo que permite decidir quais os locais que são alvos de reparação.
- **Durante a operação**
 - Introduzir na tubagem um dispositivo (um êmbolo), levando com ele um troço de manga impregnada com resina;
 - Parar a progressão do êmbolo dentro da tubagem no local exacto do dano;
 - Após o posicionamento exacto do êmbolo, proceder à expansão do êmbolo, dando-se a compressão do troço de manga contra tubagem na zona afectada.
- **Após a operação**
 - Concluída a cura, retirar a pressão ao êmbolo e retirar o memo para o exterior.

Instruções de segurança:

Quadro 12 – Reabilitação: encamisamento pontual: riscos, medidas de prevenção, Equipamentos de Protecção Individual (EPI's) a utilizar

Riscos	Medidas de Prevenção	EPI's a utilizar
<ul style="list-style-type: none"> • Asfixia; • Queda de nível diferente; • Entalamento; • Contacto com objectos; • Inalação de partículas de fibras de vidro (cancerígeno). 	<ul style="list-style-type: none"> • As câmaras de visita ou de inspecção e os colectores visitáveis devem permitir a evacuação em segurança e tão rápida quanto possível dos trabalhadores em situações de emergência; • Não permitir a aproximação de pessoas às áreas de intervenção das máquinas; • Nunca abandonar as máquinas sem que as mesmas estejam accionadas com sistemas de imobilização e de segurança; • Desobstruir e arrumar as áreas de trabalho; • Acondicionar materiais; • Demarcar obstáculos; • Delimitar zonas de circulação para peões e viaturas; • Respeitar as distâncias regulamentares. 	<p>Uso Permanente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calçado de segurança (palmilha e biqueira de aço); • Protectores auriculares; • Aparelhos individuais de protecção respiratória (máscaras antigás); • Fatos impermeáveis; • Cintos ou arneses. <p>Uso Pontual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacete de protecção.

4.1.5 Reabilitação: entubamento simples -«sliplining»**A que se aplica:**

A trabalhos de reabilitação: Renovação de tubagens – entubamento simples «sliplining», que permite a renovação de troços longos de tubagens.

Instruções operacionais:

- **Antes da operação**
 - Colocar fora de serviço a tubagem a reabilitar;
 - Seccionar em 2 pontos do troço a reabilitar correspondentes aos poços de entrada e saída;
 - Realizar uma inspecção vídeo que permite determinar os procedimentos de limpeza mais adequados;
 - Remover todos os obstáculos que impeçam a normal progressão da nova tubagem;
 - Limpar convenientemente a tubagem a reabilitar;

- Seleccionar a tubagem de polietileno cujo diâmetro externo deve ser inferior ao diâmetro interno da tubagem antiga.
- **Durante a operação**
 - Antes de introduzir a tubagem de polietileno, soldar a mesma;
 - Fixar por soldadura à cabeça de tracção;
 - Introduzir a nova tubagem por tracção utilizando guinchos na tubagem antiga, podendo ser usado um lubrificante para reduzir o atrito entre tubagens;
 - Durante a introdução, verificar a monitorização e registos das forças de tracção;
 - Quando a nova tubagem estiver completamente introduzida, preencher com argamassa de selagem adequada o espaço anelar entre a tubagem nova e a antiga.

Instruções de segurança:

Quadro 13 – Reabilitação: entubamento simples – «*sliplining*»: riscos, medidas de prevenção, Equipamentos de Protecção Individual (EPI's) a utilizar

Riscos	Medidas de Prevenção	EPI's a utilizar
<ul style="list-style-type: none"> • Asfixia; • Queda de nível diferente; • Entalamento; • Contacto com objectos; • Contacto com calor e frio; • Soterramento. 	<ul style="list-style-type: none"> • As câmaras de visita ou de inspecção e os colectores visitáveis devem permitir a evacuação em segurança e tão rápida quanto possível dos trabalhadores em situações de emergência; • Não permitir a aproximação de pessoas às áreas de intervenção das máquinas; • Nunca abandonar as máquinas sem que as mesmas estejam accionadas com sistemas de imobilização e de segurança; • Desobstruir e arrumar as áreas de trabalho; • Acondicionar materiais; • Demarcar obstáculos; • Delimitar zonas de circulação para peões e viaturas; • Respeitar as distâncias regulamentares. 	<p>Uso Permanente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calçado de segurança (palmilha e biqueira de aço); • Protectores auriculares; • Aparelhos individuais de protecção respiratória; • Fatos impermeáveis; • Cintos ou arneses. <p>Uso Pontual</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacete de protecção.

CAPÍTULO 5 - APRESENTAÇÃO DE CASOS DE ESTUDO

5.1 Introdução

A reabilitação de sistemas de drenagem em Portugal é motivada, essencialmente, por três factores: a necessidade de aumento da capacidade de vazão dos sistemas, a sua idade e o elevado grau de deterioração dos colectores. Neste capítulo, apresenta-se a análise e aplicação de duas técnicas de reabilitação sem abertura de vala a dois casos de estudo portugueses, localizados no Concelho de Cascais:

- Caso 1: Reabilitação do Emissário da Cadaveira
- Caso 2: Reabilitação de um Troço da Rede Doméstica no Hospital de Cascais

Estes dois casos de estudo foram facultados pela empresa JODOFER - Empreiteiros, S.A. e pela empresa PFEIFFER Manvia, A.C.E..

Nos dois casos foi permitida a visita às obras e a consulta dos respectivos projectos de execução, sendo possível efectuar um acompanhamento exaustivo das respectivas obras, das técnicas e das soluções de reabilitação adoptadas, com constatação de pormenores e soluções construtivas que de outro modo não seria possível apreender. Assim, nestes dois casos, acrescenta-se à aplicação e ao acompanhamento da técnica de reabilitação adoptada, o levantamento fotográfico dos diferentes procedimentos de execução destas intervenções de reabilitação.

5.2 Reabilitação do Emissário da Cadaveira (Caso 1)

5.2.1 Descrição geral

Designação da Obra: Remodelação do Emissário da Cadaveira (Troço Montante) entre a Quinta do Patiño e S. João do Estoril (Vale de St^a. Rita).

Dono de Obra: SANEST - Saneamento da Costa do Estoril, S.A..

Descrição sumária da obra: Obra de remodelação integral do emissário da Cadaveira, efectuada em consórcio, que atravessou a auto-estrada do Estoril e as vias de acesso.

Localização: A obra desenvolveu-se ao longo da Quinta do Patiño, Bairro da Martinha, travessia da Autoestrada (AE) A5 e vias de acesso até S. João do Estoril, no concelho de Cascais.

Prazo execução global da empreitada - 7 meses.

Valor final - 1 134 537,27 €.

Características principais:

- Abertura e tapamento de valas em terra e rocha, incluindo entivação das paredes da vala;
- Execução de emissário gravítico em tubo Policloreto de Vinilo (PVC) corrugado com:
 - Ø 400 mm - 1 066 m;
 - Ø 500 mm - 117 m.
- Remodelação de colectores afluentes Ø 200 mm e Ø 250 mm;
- Execução de caixas de visita Ø 1,25 m com alturas entre 2,0 m e 5,0 m de altura (95 unidades) com pintura interior com resina epóxida;
- Desvio temporário de caudais domésticos durante a execução dos trabalhos;
- Reposição de pavimentos;
- Execução de 3 túneis mineiros sob a Autoestrada (AE) A5 e vias de acesso, com o comprimento total de 276,58 m;
- **Reabilitação estrutural do colector doméstico com Ø 400 mm por encamisamento contínuo com manga de fibras de vidro, «relining», com o comprimento total de 530 m:**
 - *com um prazo de execução de 40 dias de calendário para reabilitar com o valor final de 118.324,00€, sendo o custo por metro de 223,00 € (tubagem de DN400).*

5.2.2 Características do colector a reabilitar

As características do colector a reabilitar são as seguintes:

- Material: Betão (condição estrutural regular);
- DN: 400 mm;
- Extensão: aproximadamente 530 m. (Caixa Doméstica 267 à Caixa Doméstica 380), ver Anexo 2;
- Profundidade média de implantação: 2,5 m;
- Traçado: conforme Figura 60 abaixo representada;

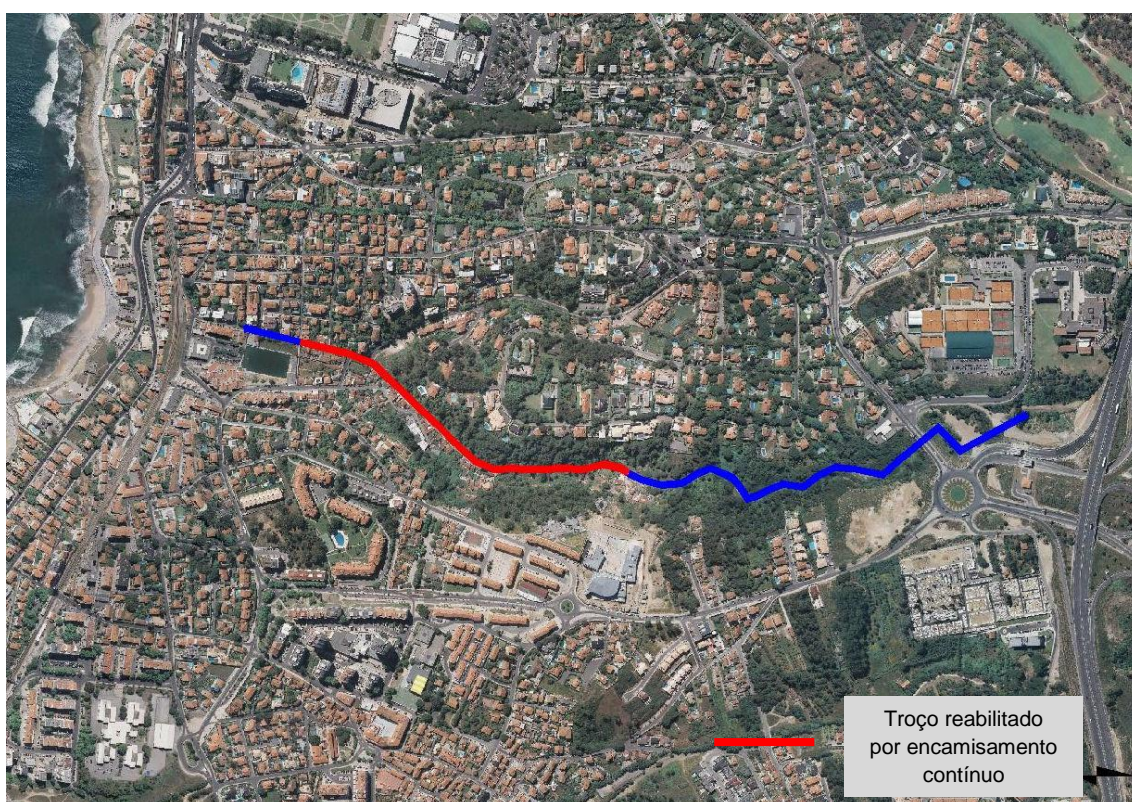


Figura 60 – Traçado e localização da intervenção do Caso de Estudo 1 : Emissário da Cadaveira

- Elementos de perfil: conforme Quadro 14 a seguir representado;

Quadro 14 – Elementos de Perfil

CAIXA	CT	Prof (M)	Prof (J)	CS (M)	CS (J)	Troço	L (m)	Inc. (m/m)	Diam. (mm)	Material	Notas
CD0250.00	25,57	1,78	2,30	23,79	23,27	CD0250.00-CD0260.00	30,59	0,0229	400	Betão	
CD0260.00	24,73	2,16	2,16	22,57	22,57	CD0260.00-CD0265.00	32,34	0,0155	400	Betão	
CD0265.00	24,01	1,94	2,00	22,07	22,01	CD0265.00-CD0267.00	14,42	0,0298	400	Betão	
CD0267.00	23,65	2,07	2,07	21,58	21,58	CD0267.00-CD0270.00	31,32	0,0204	400	Betão	
CD0270.00	23,12	2,18	2,18	20,94	20,94	CD0270.00-CD0275.00	29,90	0,0157	400	Betão	
CD0275.00	22,96	2,49	2,49	20,47	20,47	CD0275.00-CD0280.00	14,61	0,0130	400	Betão	
CD0280.00	22,72	2,44	2,44	20,28	20,28	CD0280.00-CD0285.00	23,49	0,0175	400	Betão	
CD0285.00	22,11	2,24	2,24	19,87	19,87	CD0285.00-CD0290.00	35,22	0,0114	400	Betão	
CD0290.00	22,29	2,82	2,82	19,47	19,47	CD0290.00-CD0295.00	38,30	0,0164	400	Betão	
CD0295.00	21,97	3,13	3,13	18,84	18,79	CD0295.00-CD0297.00	26,25	0,0188	400	Betão	
CD0297.00	21,41	3,11	3,11	18,30	18,30	CD0297.00-CD0300.00	19,94	0,0188			Tampa paviment.
CD0300.00	20,93	3,01	3,01	17,92	17,92	CD0300.00-CD0310.00	32,37	0,0482	400	Betão	
CD0310.00	18,78	2,42	2,42	16,36	16,36	CD0310.00-CD0320.00	36,03	0,0128	400	Betão	
CD0320.00	18,05	2,15	2,15	15,90	15,90	CD0320.00-CD0325.00	37,26	0,0215	400	Betão	
CD0325.00	17,21	2,11	2,11	15,10	15,10	CD0325.00-CD0330.00	35,99	0,0228	400	Betão	
CD0330.00	16,42	2,14	2,14	14,28	14,28	CD0330.00-CD0335.00	37,68	0,0234	400	Betão	
CD0335.00	15,55	2,15	2,15	13,40	13,40	CD0335.00-CD0340.00	38,30	0,0222	400	Betão	
CD0340.00	14,68	2,13	2,13	12,55	12,55	CD0340.00-CD0345.00	32,31	0,0325	400	Betão	
CD0345.00	13,98	2,48	2,48	11,50	11,50	CD0345.00-CD0350.00	5,59	0,0268	400	Betão	
CD0350.00	13,76	2,41	2,41	11,35	11,35	CD0350.00-CD0360.00	31,56	0,0215	400	Betão	
CD0360.00	12,78	2,11	2,11	10,67	10,67	CD0360.00-CD0370.00	21,72	0,0069	400	Betão	
CD0370.00	12,68	2,16	2,16	10,52	10,52	CD0370.00-CD0380.00	43,23	0,0245	400	Betão	
CD0380.00	13,11	3,65	3,65	9,46	9,46	CD0380.00-CD0390.00	38,17	0,0141	400	Betão	

- Estado interno do colector: conforme visionamento dos vídeos fornecidos pelo Dono de Obra – Saneamento da Costa do Estoril, S.A. (SANEST) em que as anomalias detectadas consistiram em (ver Anexo 3):
 - Presença de bastantes detritos e acumulação de sedimentos em grande parte da extensão do emissário;
 - Excesso de argamassa em juntas e algumas incrustações de natureza diversas, bem como corrosão acentuada em algumas manilhas.

5.2.3 Problemas a solucionar

Os problemas a solucionar foram os seguintes:

- Não estanquidade em juntas;
- Semi-colapso em troço localizado.

5.2.4 Considerações adicionais

Existem considerações adicionais que se devem ter em conta:

- Implantação do emissário em via rodoviária urbana de largura condicionada e sem alternativa;
- Transporte de esgoto doméstico;
- Minimização do impacte negativo sobre a capacidade de transporte do emissário.

5.2.5 Selecção da técnica de reabilitação

Após análise dos dados de base acima descritos, complementados por um reconhecimento no local das condições urbanas existentes ao longo do traçado do colector (falta de alternativas de acesso aos moradores residentes entre as câmaras de visita CD0267,00 e CD0380,00 - Rua do Vale de S. Rita, cf. Figura 61) confirmou-se a necessidade de adoptar uma técnica de reabilitação por encamisamento contínuo passível de utilizar como pontos de acesso ao colector as caixas de visita existentes. Em conformidade, para responder aos dados conhecidos, foi seleccionada a técnica de encamisamento contínuo estrutural com manga de fibras de vidro adequado à reabilitação de redes de esgotos domésticos.



Figura 61 – Falta de alternativas de acesso aos moradores residentes entre as câmaras de visita CD0267,00 e CD 0380,00 - Rua do Vale de S. Rita – Caso de Estudo 1

Esta técnica garante a reabilitação do emissário, com selagem total das juntas e garantia de independência estrutural da solução de reabilitação face às condições actuais ou futuras do mesmo.

5.2.6 Aplicação da técnica de reabilitação

Os trabalhos realizados compreenderam a execução de várias actividades que a seguir se indicam.

5.2.6.1 Desvios provisórios

Foram montadas redes de «*by-pass*» bombeadas de forma a garantir a manutenção dos troços a seco durante todas as fases de reabilitação.

A rede a montante foi tamponada por balonamento, seguindo as regras da arte neste tipo de trabalhos.

Os ramais ligados, quer às caixas, quer em forquilha foram também alvo de «*by-pass*» por bombagem recorrendo à mesma técnica.

Foram utilizadas bombas para transfega dos caudais para as caixas a jusante dos troços a intervir.

5.2.6.2 Trabalhos preparatórios

Os trabalhos preparatórios envolveram as seguintes actividades:

- Inspeção vídeo preliminar de toda a extensão do emissário a reabilitar (foram identificados os troços entre caixas verificando-se a existência de caixas cegas e ligações clandestinas ou mal executadas, bem como os principais danos no emissário que teriam de ser reparados por processos tradicionais), ver Anexo 3;
- Definição dos troços que eram para reabilitar em simultâneo, troços que necessitaram de reparações pontuais por métodos tradicionais e sequência das operações;
- Encomenda das mangas (a encomenda das mangas de reabilitação só foi concretizada após o conhecimento exacto da rede a reabilitar);
- Mobilização dos equipamentos e transporte em frio das mangas;
- Apoio material e humano ao desenrolamento da tubagem para execução de «*by-pass*» e transfega de caudais;

- Limpeza de toda a extensão do emissário com jacto de alta pressão, incluindo remoção de raízes;
- Inspeção vídeo exhaustiva para verificação do resultado da limpeza;
- Mobilização de equipamento robotizado para fresagem do excesso de betão em juntas de manilhas e de outras incrustações;
- Trabalhos de construção civil que foram necessários à detecção, abertura das caixas de visita e obtenção de condições de acesso.

5.2.6.3 Trabalhos de reabilitação (encamisamento por troços)

O presente ponto tem como objectivo descrever a metodologia da execução da obra de *Reabilitação do Emissário da Cadaveira*, utilizando a técnica de encamisamento contínuo através da cura da manga de reabilitação em Poliéster Reforçado com Fibras de Vidro (PRFV) por **radiação ultravioleta (UV)**.

Para as várias etapas a PFEIFFER-MANVIA contou com pessoal e equipamento próprio para este tipo de trabalhos (Figura 62).



Figura 62 – Pessoal e equipamento próprio da PFEIFFER-MANVIA para a execução do encamisamento contínuo através da cura da manga de reabilitação em Poliéster Reforçado com Fibras de Vidro (PRFV) por radiação ultravioleta (UV) – Caso de Estudo 1

5.2.6.3.1 Mangas de fibras de vidro para cura por ultravioleta (UV)

Os materiais foram seleccionados em função dos seguintes parâmetros:

- tipo de fluído;
- temperatura do fluído;
- resistência estrutural.

Apurou-se que o emissário se destinava à condução de esgoto doméstico de natureza e proveniência comum, não havendo concentração significativa de agentes químicos agressivos aos materiais comumente empregues neste tipo de reabilitações, e.g. ácidos ou bases fortes.

Concluiu-se que a temperatura do fluído era a temperatura ambiente, com as flutuações aceitáveis e normais para a profundidade a que se encontrava o emissário no subsolo.

O reforço estrutural do emissário foi determinado com base na caracterização dos principais tipos de danos encontrados na inspecção vídeo preliminar. Ao longo do traçado encontraram-se zonas mais danificadas que outras. O reforço estrutural do encamisamento poderia ser diferenciado pelos tipos de danos encontrados, mas optou-se por não efectuar essa diferenciação, e assim todo o emissário foi reforçado estruturalmente como se, em toda a sua extensão, se tivessem encontrado danos idênticos ao pior troço caracterizado pela inspecção vídeo.

Foi seleccionada a manga SAERTEX-LINER do fabricante alemão SAERTEX MULTICOM, ver Anexo 1.

Os componentes e características desta manga foram:

- Material Base: resina de poliéster;
- Reforço: fibras de vidro texturizada;
- Diâmetro: 400 mm;
- Espessura: 6 mm por banda.

As mangas foram encomendadas com a indicação expressa de que se destinavam a serem curadas por radiação ultravioleta (UV) e não pelos processos tradicionais (vapor ou água quente).

As diferenças entre as mangas de cura por ultravioleta (UV) e as de cura por vapor, assentam exclusivamente nos adjuvantes da resina, mantendo-se a resina de poliéster como base constituinte da matriz da manga e o reforço em fibras de vidro. A manga SAERTEX LINER que foi fabricada e aplicada para este processo de cura, era uma manga pré-impregnada, ou seja, já vinha impregnada de fábrica.

Nas mangas para cura por ultravioleta (UV), são adicionadas à resina base (neste caso éster), moléculas foto-sensíveis que se decompõem em radicais livres quando expostos à radiação ultravioleta. Estes radicais formarão as ligações com os monómeros da resina, induzindo o processo de polimerização.

Por este motivo, as mangas para cura por ultravioleta (UV), são menos sensíveis ao calor, podendo ser armazenadas à temperatura ambiente, desde que não sejam expostas à radiação solar.

É importante referir que o reforço veio impregnado de fábrica, isto é, a manga veio pronta a instalar, não havendo necessidade de qualquer operação de impregnação em obra. Esta é uma característica deste fabricante, constituindo uma grande vantagem face às mangas não impregnadas (para impregnar no estaleiro).

O facto de as mangas terem sido fornecidas já impregnadas de resina determinou que o seu processo de transporte e armazenamento fosse realizado em condições adequadas. Desde que saíram das instalações do fabricante as mangas foram providas em contentor frigorífico adequado e com temperatura controlada entre os 10 °C e os 18°C.

Em caso algum a manga poderia ser provida a temperaturas superiores a 18°C.

Cada troço de manga foi provido dentro de caixas de madeira produzidas pelo fabricante (*cf.* Figura 63) e onde se encontravam pequenos aparelhos registadores de temperatura. A partir do momento em que uma caixa foi retirada do contentor de temperatura controlada, e em função da temperatura exterior, houve um tempo limite para a aplicação e cura da manga. No manual de aplicação do fabricante era possível determinar qual a duração máxima desse período em função da temperatura ambiente.



Figura 63 – Troço de manga provido dentro da caixa de madeira – Caso de Estudo 1

5.2.6.3.2 Preparação da tubagem

A inspecção vídeo detectou a presença de anomalias na tubagem, tais como, incrustações duras, excessos de argamassa nas juntas, penetração de raízes, estas anomalias foram removidas mecanicamente recorrendo à seguinte tecnologias:

- dispositivo robot fresador porque os volumes eram inferiores a 30% da secção do colector de betão e houve necessidade de eliminar arestas vivas e outros defeitos;

O robot fresador preparou a tubagem para a instalação da manga, o qual efectuou as seguintes tarefas:

- removeu pequenas incrustações nas paredes da tubagem;
- eliminou arestas vivas em juntas;
- removeu objectos em penetração nas paredes da tubagem (raízes).

O equipamento robot fresador utilizado na execução desta empreitada foi produzido pelo fabricante alemão PROKASRO e consistiu num robot auto-motriz semelhante aos utilizados na inspecção vídeo e possuía um braço equipado com ferramenta rotativa do tipo fresadora e uma câmara de inspecção vídeo que permitiu ao operador visualizar todo o processo de limpeza (cf. Figura 64).

O equipamento veio montado num veículo semelhante aos utilizados para a inspecção vídeo.



Figura 64 – Equipamento robot fresador com câmara de inspecção vídeo – Caso de Estudo 1

5.2.6.3.3 Encamisamento

5.2.6.3.3.1 Definição das extensões de reabilitação

O emissário reabilitado apresentava uma extensão aproximada de 530 m. Nesta extensão existiam várias caixas de visita acessíveis (*cf.* Figura 65) e outras que se encontram cobertas por aterro e pavimento ou só pavimento.



Figura 65 – Caixas de visita acessíveis – Caso de Estudo 1

Por razões que se prenderam com o processo de instalação e cura da manga definiu-se como extensão máxima de encamisamento aproximadamente 80 m.

Deste modo o emissário foi reabilitado de forma simultânea em secções de 80 m num total de 7 troços.

Os troços foram reabilitados seguindo o sentido do escoamento, isto é começando da caixa de montante do emissário, para jusante (*cf.* Figura 66).



Figura 66 – (a) Caixa montante do emissário; (b) caixa jusante do emissário – Caso de Estudo 1

Nas caixas intermédias que se encontravam na extensão de 80 m, a manga foi posteriormente cortada e preparada adequadamente.

5.2.6.3.4 Introdução da manga na tubagem e processo de cura por radiação UV

Uma vez introduzida a manga no interior da tubagem, deu-se o início à sequência das operações de cura da manga que se resumem a:

5.2.6.3.4.1 Inserção da manga no emissário

Antes de inserir a manga no troço do emissário a reabilitar, foi fixada numa das extremidades a cabeça de tracção / extracção de vapor.

A manga foi inserida no emissário utilizando para o efeito um guincho. O cabo deste guincho foi fixado à cabeça de tracção e a manga foi traccionada para o interior do emissário (*cf.* Figura 67).

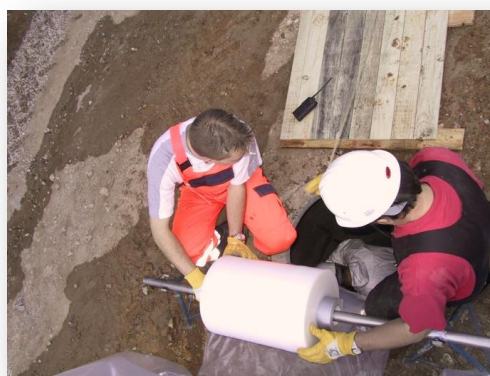


Figura 67 – Fases da inserção da manga no troço do colectora a reabilitar – Caso de Estudo 1

A entrada da manga na caixa de visita e posteriormente no colectora foi efectuada de forma lenta e controlada (*cf.* Figura 68). Os parâmetros máximos para esta operação foram:

- Velocidade máxima: 5m/min;
- Força máxima de tracção: 37 kN.



Figura 68 – Entrada da manga na caixa de visita e posteriormente no colector efectuada de forma lenta e controlada - Caso de Estudo 1

Durante a inserção não pôde haver manga exposta directamente à luz solar. A acção dos raios ultravioletas (UV) sobre a manga era bastante nefasta. Foram tomadas todas as medidas necessárias para proteger a manga da exposição directa ao sol, ou seja o trabalho de inserção da manga foi realizado após o pôr-do-sol (cf. Figura 69).

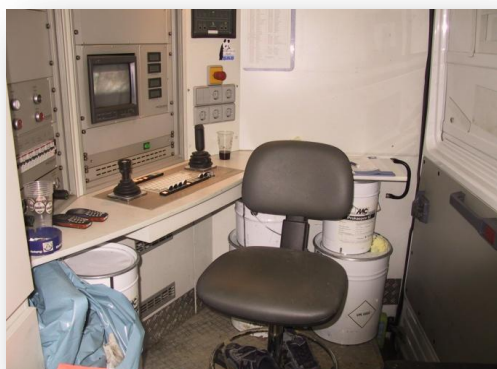


Figura 69 – O trabalho de inserção da manga foi realizado após o pôr-do-sol – Caso de Estudo 1

Após inserção de toda a manga, a cabeça de tracção estava totalmente fora da tubagem e dentro da caixa de visita oposta à da entrada.

Uma extensão livre de manga na caixa de visita com comprimento mínimo de 0,40 m, media o fim da cabeça de tracção e o início da tubagem.

Os troços de manga foram inseridos sempre no sentido de escoamento do esgoto (montante para jusante).

A cabeça de fecho foi posteriormente instalada na manga e dentro da caixa de visita por onde esta entrou. Também neste caso se deixou na caixa de visita um comprimento mínimo de 0,40 m entre a cabeça e o início da tubagem do emissário.

5.2.6.3.4.2 *Instalação dos dispositivos de medição*

Após a manga estar completamente instalada no emissário foram instalados os equipamentos de medição dos parâmetros de cura.

Os sensores instalados traduziam as seguintes condições:

- temperatura dentro da manga na caixa de início;
- temperatura dentro da manga na caixa de fim;
- temperatura da tubagem do emissário na caixa de início;
- temperatura da tubagem do emissário na caixa de fim;
- pressão no interior da manga.

Estes sensores estavam ligados a registadores contínuos de temperatura e de pressão. Estes registadores encontravam-se devidamente calibrados e aferidos.

O protocolo de instalação do fabricante foi escrupulosamente seguido. Posteriormente à cura da manga foram entregues todos os registos ao fabricante, assegurando-se assim as garantias do mesmo para a durabilidade do material instalado.

5.2.6.3.4.3 *Insuflação com ar*

Antes do processo de cura por radiação ultravioleta (UV) ter iniciado insuflou-se a manga com ar à temperatura ambiente (*cf.* Figura 70).



Figura 70 – Fases de insuflação de ar na manga e controlo da pressão – Caso de Estudo 1

Este procedimento tinha dois objectivos práticos:

- (1) determinar se a manga não se encontrava torcida;
- (2) conferir a forma adequada à manga.

Assim, insuflou-se ar para dentro da manga a partir da caixa montante. A válvula de escape no final do troço (caixa jusante) estava na posição aberta.

O ar foi insuflado de modo a que a taxa de subida da pressão fosse de 0,1bar/min.

Durante a subida lenta e gradual da pressão, algum ar saiu na válvula de escape a jusante. Caso não saísse nenhum ar ou um caudal muito reduzido, isso significava que a manga poderia estar torcida.

A manga foi correctamente instalada e o procedimento de insuflação foi o seguinte (cf. Figura 71):

- a insuflação foi feita à taxa de 0,1 bar/min até aos 0,25 bar;
- a pressão de insuflação foi mantida por 1 min para que a manga pudesse moldar correctamente às paredes do emissário;
- a pressão posteriormente foi incrementada à taxa de 0,1bar/min até à pressão de cura;
- a pressão de cura foi mantida durante 10min após o qual se pode dar início ao processo de cura.

A pressão máxima de cura para esta manga foi de 0,60 bar.

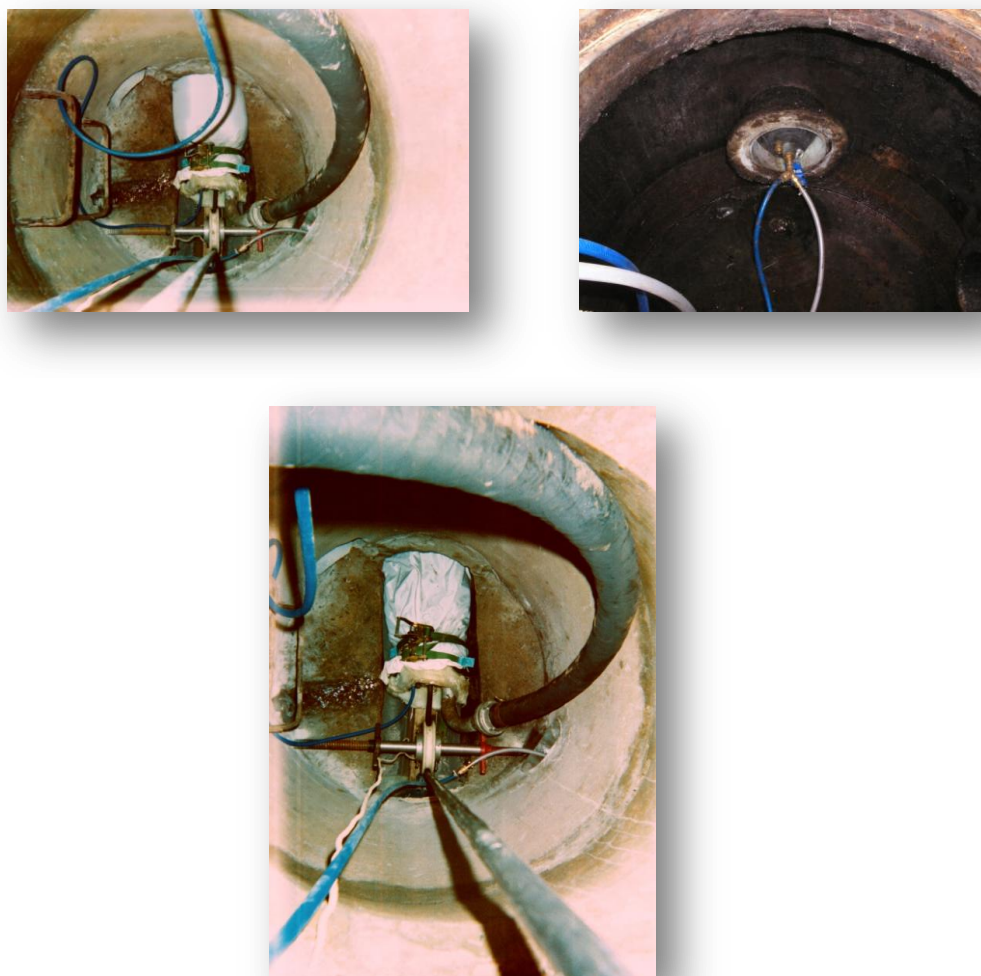


Figura 71 – Manga correctamente instalada seguindo-se o procedimento de insuflação
– Caso de Estudo 1

Nas caixas intermédias (entre a caixa montante e a caixa jusante) a manga foi constrangida, de forma circular, com a colocação de meias canas na parte superior da banqueta da caixa. A manga não podia estar livre nas caixas, porque poderia haver o risco de a mesma rebentar se não estivesse devidamente constrangida.

Se a manga estivesse torcida, o procedimento a adoptar era:

- despressurizar a manga;
- remover a cabeça de tracção no final do troço;
- fazer subir a pressão lentamente até que a manga se destorcesse naturalmente;
- caso a manga não destorcesse naturalmente com a pressão a mesma deveria ser removida para fora do emissário e reinstalada o mais rapidamente possível.

5.2.6.3.5 Cura

5.2.6.3.5.1 Introdução do conjunto de lâmpadas ultravioletas (UV)

Com a manga insuflada e mantida à pressão recomendada, introduziu-se numa das extremidades o conjunto de lâmpadas de ultravioletas (UV), denominado por «*UV train*» por analogia à aparência articulada e repetitiva semelhante a um comboio, ver Figura 72.



Figura 72 – Introdução do conjunto de lâmpadas ultravioletas (UV) - Caso de Estudo 1

Após introduzido o «*UV train*» no interior da manga, fez-se passar o mesmo de uma ponta à outra da manga.

Esta operação teve dois objectivos:

- (1) verificar se o processo de insuflação foi correcto e a manga não possui rugas ou está torcida (possível porque o «*UV train*» possui acoplada uma câmara de «*Closed-Circuit Television*» (CCTV), ver Figura 73) e
- (2) colocar o «*UV train*» em posição de início do processo (sempre do fim para o princípio).

5.2.6.3.5.2 Ligação das lâmpadas de radiação ultravioleta (UV)

Com o «*UV train*» no final do troço a reabilitar deu-se o início ao processo de cura, ligando sequencialmente as lâmpadas de radiação ultravioleta (UV).



Figura 73 – «*UV train*» possui acoplada uma câmara de «*Closed-Circuit Television*» (CCTV)

Do fim para o princípio do «*UV train*» ligou-se a primeira das lâmpadas e após um período determinado de tempo ligou-se a segunda. O mesmo se passou em relação às restantes lâmpadas (sempre em intervalos de tempo pré-determinados).

A sequência foi tal que quando se acendeu a última lâmpada, o «*UV train*», iniciou a sua progressão dentro da manga (com todas as lâmpadas acesas). Deste modo, qualquer secção do troço terá estado exposto durante o mesmo período de tempo à mesma quantidade de radiação ultravioleta (UV).

5.2.6.3.5.3 *Movimentação do «UV train»*

A progressão do «UV train» no interior da manga foi determinada face à quantidade de radiação necessária para a cura completa por unidade de comprimento de manga.

Para o diâmetro realizado a progressão do «UV train» variou entre os 10 m e os 50 m por hora.

O que significa que um troço de 80 m levou no máximo duas horas a curar (ao contrário das 4 horas mínimas para o processo tradicional e independentes da extensão a curar).

À medida que o «UV train» progrediu durante a cura, foi possível verificar em tempo real a ausência de defeitos na superfície interior da manga através da câmara «Closed-Circuit Television» (CCTV).

5.2.6.3.5.4 *Desligar as lâmpadas de radiação ultravioleta (UV)*

No momento em que o «UV train» chegou ao princípio do troço, iniciou-se o processo de desligar as lâmpadas de radiação (UV).

À semelhança da forma como estas foram ligadas, foram desligadas na mesma sequência, isto é, lâmpada 1, lâmpada 2,, última lâmpada. A primeira lâmpada ligada, foi a primeira a ser desligada. Deste modo, e mais uma vez, qualquer secção do troço esteve exposto durante o mesmo período de tempo à mesma intensidade de radiação ultravioleta (UV).

5.2.6.3.6 *Corte e preparação dos extremos*

A primeira cabeça a remover foi a jusante. Antes de se proceder ao corte da manga, procedeu-se à abertura de uma janela com 10 cm x 10 cm na parte superior da manga e verificou-se se houve acumulação de condensados nesta zona.

Concluída a cura, as cabeças foram removidas por corte da manga. A operação de corte foi efectuada com protecção respiratória apropriada.

O acabamento das mangas nas caixas jusante e montante fez-se apenas por corte e rectificação da manga até se atingir uma união perfeita entre caixa e manga. Operação idêntica foi realizada nas caixas intermédias.

5.2.6.3.7 Quantidade de radiação necessária

Conforme já foi referido a quantidade de radiação que uma secção de manga esteve exposta foi o resultado da intensidade da radiação e do tempo de exposição a essa intensidade.

Será sempre o fabricante a indicar qual a quantidade de radiação necessária à cura completa por metro de manga. Também nos processos tradicionais, o gráfico de cura é sempre fornecido pelo fabricante.

Com base nessa indicação e conhecendo a potência das lâmpadas montadas no «UV train», foi possível determinar qual a velocidade de progressão e, conseqüentemente, o tempo que iam durar as operações de ligar e desligar das lâmpadas.

A quantidade de radiação necessária foi calculada pelo fabricante com base nos seguintes parâmetros:

- a natureza e percentagem do catalizador da reacção de polimerização por radiação ultravioleta (UV);
- a espessura;
- o diâmetro.

5.2.6.4 Trabalhos finais nas caixas de visita

Os trabalhos finais nas caixas de visita envolveram as seguintes fases:

- Arranque de tampas de caixas de visita e preparação da caixa para receber novo aro e tampa;
- Limpeza das caixas de visita, incluindo reparação das caixas, que incluiu os seguintes trabalhos:

A - Reparação de fissuras:

- Escarificação das fissuras com um mínimo de 50 mm de largura e até à raiz da fissura (colocação de armadura para espessuras > 50 mm);
- Enchimento total da zona aberta com argamassa de reparação com retracção compensada e resistente aos sulfatos, tipo EMACOS88 da DEGUSSA;
- Revestimento de superfícies interiores com duas demãos de resina «epoxy», tipo POLIEPOX da MATESICA.

B - Reparação de fundos de caixa de betão:

- Escarificação do betão do fundo da caixa retirando todo o betão contaminado ou que apresentava sinais de corrosão;
- Colocação de armadura de aço e ligação às paredes da caixa;

- Enchimento e reconstrução do fundo da caixa com betão aditivado com hidrófugo tipo PLASTOCRET-05 da SIKA.

C - Estanquidade nas travessias com tubagem:

- Escarificação do betão em todo o perímetro da tubagem;
 - Colocação de perfil hidroexpansivo tipo SWELL P tipo 2003 da SIKA;
 - Enchimento total da zona aberta com argamassa de reparação com retracção compensada e resistente aos sulfatos, tipo EMACO S88 da DEGUSA.
- Inspeção final de todo o emissário após reabilitação, com a elaboração de um relatório final de todo o troço reabilitado.

5.2.6.5 Meios afectados a execução da obra

5.2.6.5.1 Equipamentos

No início da obra de reabilitação estavam afectados à empreitada de forma contínua os seguintes equipamentos:

- Equipamentos de inspeção de vídeo;
- Camião de limpeza de alta pressão;
- Camião grua de 3 eixos;
- Equipamento de cura;
- Compressor 12 m³/min;
- Guincho de 10 toneladas;
- Bomba submersível 6 polegadas e mangueiras – 2 unidades;
- Viatura ligeira transporte de carga;
- Viaturas de transporte de pessoal e ferramentas diversas.

5.2.6.5.2 Meios humanos

Foi afectado à obra o seguinte pessoal:

- Engenheiro (50%);
- 2 Técnico Especialistas (100%);
- 2 Técnico Tubagens (100%);
- 1 Operador de «Closed-Circuit Television» (CCTV) (100%);
- 2 Motoristas (100%);
- 3 Ajudantes (100%).

5.2.6.5.3 Rendimentos

A reabilitação de um troço do emissário, isto é, para instalação de uma manga, fez-se cumprindo a seguinte sequência de operações programadas:

- À primeira hora da manhã o emissário foi obturado com balões e montadas as bombas e o «*by-pass*» para transfega de caudais;
- O camião de limpeza iniciou de imediato a limpeza do troço;
- Concluída a limpeza procedeu-se à inspecção vídeo;
- Estando tudo bem, isto é, a tubagem estava convenientemente limpa e preparada, procedeu-se a seguir às operações seguintes, caso contrário teria que se voltar a limpar o troço e repetir a inspecção vídeo;
- Concluída a limpeza fez-se passar o cabo do guincho pelo troço a reabilitar;
- A cabeça jusante foi montada na manga e a manga inserida na tubagem do emissário;
- Montou-se a cabeça montante e insuflou-se a manga com ar;
- Procedeu-se à cura da manga;
- Seguiu-se o corte e rectificações nas caixas;
- Inspecção vídeo;
- Reposição do troço em serviço.

A sequência das operações acima descritas demorou 12 horas sem interrupções.

5.2.6.6 Considerações finais

A solução adoptada respondeu cabalmente às solicitações extrapoladas dos dados conhecidos, ou seja:

- restabeleceu a capacidade estrutural do colector pelo facto de ser autoportante;
- melhorou a capacidade do colector devido à redução do coeficiente de rugosidade (após a reabilitação a capacidade de transporte do colector foi incrementada, em cerca de 10% considerando que o coeficiente de rugosidade (k) da tubagem do emissário era igual a 1);
- obteve-se um colector contínuo, desaparecendo as juntas entre tubos e, em consequência, possíveis problemas de estanquidade;
- reduziu-se o risco de deposição de sedimentos.

A tecnologia de cura de mangas por radiação ultravioleta (UV) representa hoje em dia uma metodologia segura, fiável e mais económica quando comparada com os processos tradicionais de cura por vapor ou água quente.

Em todo o mundo, os processos tradicionais têm vindo a ser substituídos por processos ultravioletas (UV), tendo esta tecnologia mais de 20 anos de utilização na área da reabilitação de colectores, «*Cured-in-Place Pipe*» (CIPP).

O custo final da execução do «*relining*» entre as câmaras de visita CD0267,00 e CD0380,00 foi de **118.324,00€**.

O custo final dos trabalhos de reabilitação, se a técnica adoptada fosse a de abertura de vala era de **137.260,00€**.

5.3 Reabilitação de troço da rede de drenagem doméstica (Caso 2)

5.3.1 Descrição geral

Designação da Obra: Reabilitação de Troço da Rede Doméstica no Hospital de Cascais.

Dono de Obra: Teixeira Duarte, S.A. e JODOFER – Empreiteiros, S.A..

Descrição sumária da obra: A obra consistiu na renovação do troço da rede de drenagem doméstica em Polipropileno corrugado (PPc) DN250 por rebentamento com instalação de nova tubagem em Polipropileno (PP) DN225.

Localização: Cabreiro, Alcabideche, Novo Hospital de Cascais.

Prazo execução – 1 semana.

Valor final - 56.440,00€.

Características principais:

A renovação do troço da rede doméstica da caixa D34 à D35, com um total de 27 m, em que foi adoptada a técnica de entubamento com rebentamento – tubos modulares, envolveu as seguintes actividades:

- Mobilização e desmobilização de equipamentos para a obra, incluindo transportes de equipamento especial (cf. Figura 74);



Figura 74 – Equipamentos para a execução do entubamento com rebentamento, incluindo, equipamento especial – Caso de Estudo 2

- Fornecimento de tubos modulares em polipropileno com 0,62m de comprimento útil com encaixe estanque para ligação dentro das caixas de visita do fabricante EGEPLAST GmgH (diâmetro interno da nova tubagem=199,4mm), ver Figura 75 e Anexo 1;



Figura 75 – Tubos modulares em polipropileno do fabricante EGEPLAST – Caso de Estudo 2

- Montagem de equipamentos e preparação para instalação (cf. Figura 76);



Figura 76 – Caixas de visita montante e jusante referente ao troço a reabilitar – Caso de Estudo 2

- Execução dos trabalhos e rebentamento, incluindo fornecimento de todos os materiais e consumíveis necessários (cf. Figura 77);



Figura 77 – Materiais consumíveis utilizados no encamisamento por rebentamento – Caso de Estudo 2

- «By-pass» para transfega de caudais durante todas as fases de execução da empreitada.



Figura 78 – «By-pass» instalado – Caso de Estudo 2

5.3.2 Características do troço a reabilitar

As características do colector a reabilitar foram as seguintes:

- Colector novo;
- Material: Polipropileno corrugado (PPc);
- DN: 250 mm;
- Extensão: 27 m (Caixa Doméstica 34 à Caixa Doméstica 35), ver Anexo 2;
- Profundidade média de implantação: 7 m a 8 m;

- Traçado: conforme figura abaixo;

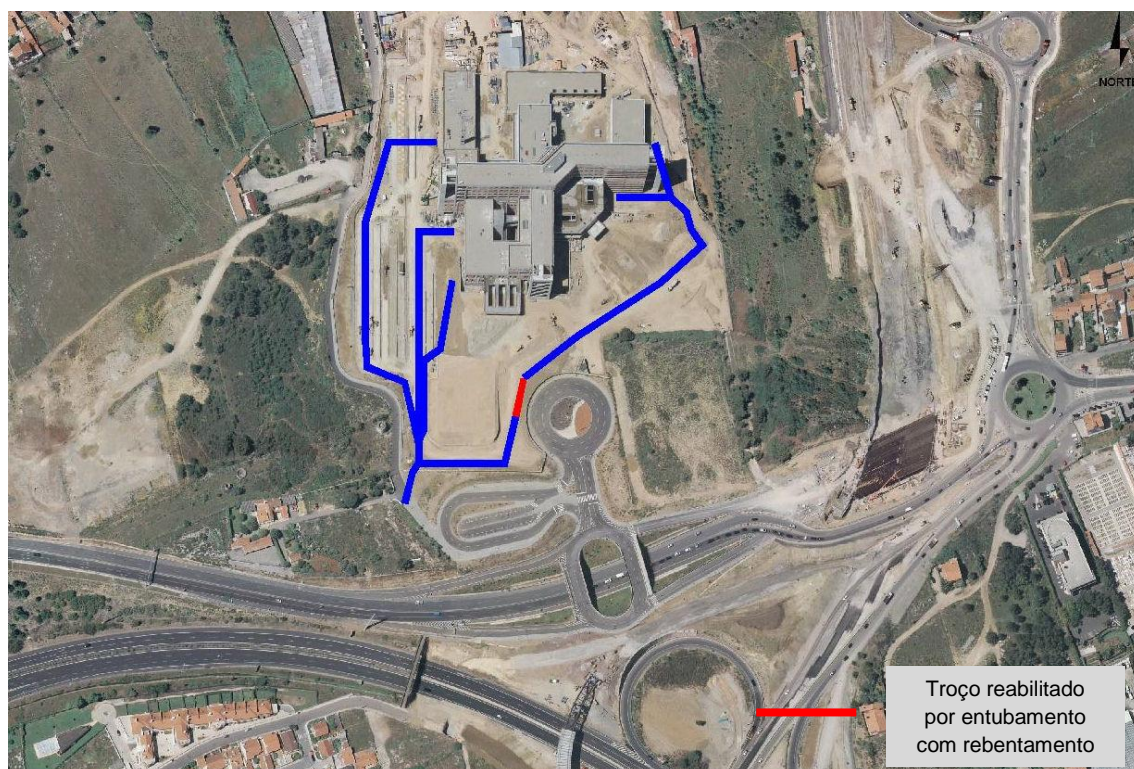


Figura 79 – Traçado e localização da intervenção do Caso de Estudo 2: renovação do troço da rede doméstica no Hospital de Cascais

- Estado interno do colector: conforme visionamento dos vídeos em que as anomalias detectadas consistiram em (ver Anexo 3):
 - Colector de drenagem doméstica em Polipropileno corrugado (PPc) DN250 totalmente colapsado pelo efeito da compressão do aterro (cf. Figura 80).

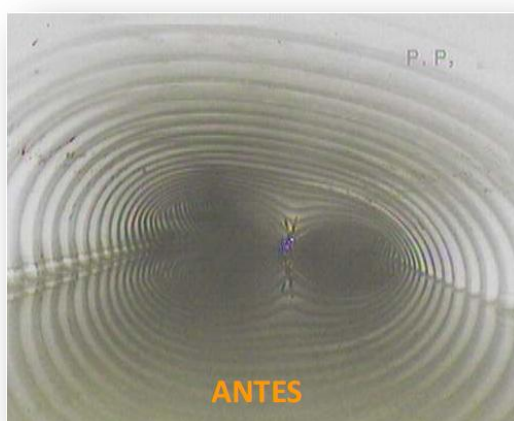


Figura 80 – Fotograma captado pela inspeção com «Closed-Circuit Television» (CCTV), verificando-se a ovalização do colector (MANVIA 2010) – Caso de Estudo 2

5.3.3 Problemas a solucionar:

Os problemas detectados foram os seguintes:

- Diminuição da resistência à compressão diametral;
- Ovalizações pronunciadas;
- Zonas obturadas sem passagem de caudal (cf. Figura 81);

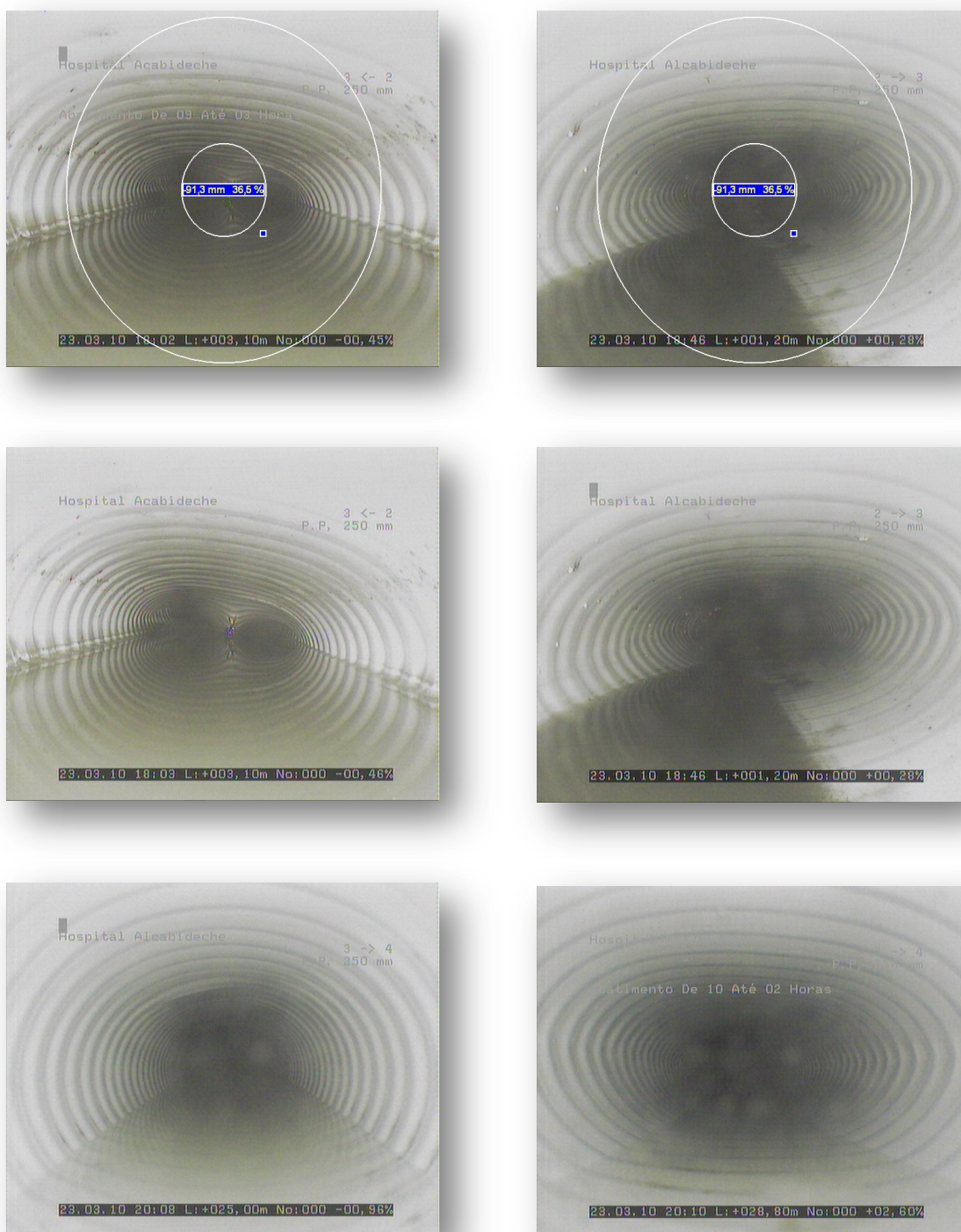


Figura 81 – Fotogramas captados pela inspeção com «Closed-Circuit Television» (CCTV), verificando-se zonas obturadas sem passagem de caudal (MANVIA, 2010) – Caso de Estudo 2

5.3.4 Considerações adicionais

Foram consideradas as seguintes situações:

- A situação extrema em que se encontrava o colector e a profundidade de instalação – 7 m a 8 m – inviabilizava à partida a aplicação de qualquer método de reabilitação utilizado até à data;
- Era praticamente impossível proceder à abertura de poços, quer a montante quer a jusante do troço danificado;
- Tornava-se assim necessário renovar este colector utilizando apenas o espaço existente nas caixas de visita ($\phi 1,25$ m) a montante e a jusante;
- A localização da intervenção situava-se mesmo em frente à entrada das urgências do Novo Hospital de Cascais. Se fosse adoptada a técnica de abertura de vala até à profundidade mencionada os trabalhos realizados eram muito inseguros e com um impacte negativo para os utentes dessa entidade.

5.3.5 Selecção da técnica de renovação:

As tubagens de Polipropileno corrugado (PPc) têm vindo a conquistar uma fatia importante do mercado nacional das tubagens plásticas para construção de redes de drenagem doméstica e pluvial.

Os tubos de Polipropileno corrugado (PPc) apresentam algumas vantagens importantes quando comparados com outros materiais, sendo o baixo preço e reduzido peso os seus principais atractivos.

Interessa contudo salientar o rigor que se exige na fase de instalação de tubos de Polipropileno corrugado (PPc), sobretudo no que se refere à compactação dos solos envolventes ao colector. Compactações menos eficientes conduzem geralmente a uma diminuição da resistência à compressão diametral e a ovalizações pronunciadas.

A solução passou pela utilização de um processo já conhecido, o entubamento com rebentamento, mas numa variante mais adequada, o rebentamento dinâmico.

O processo consistiu na utilização de uma cabeça de rebentamento pneumática que procedeu à destruição da tubagem existente e à introdução simultânea de uma tubagem nova em Polipropileno (PP) maciço (*cf.* Figura 82).



Figura 82 – Tubo modular com um comprimento total de 0,70 m diâmetro exterior com 225 mm, correspondendo ao diâmetro interior de 199,4 mm – Caso de Estudo 2

Estes tubos são fornecidos com um comprimento total de 0,70m e ligados por um processo de embocadura sem sobre-diâmetro, permitindo que a união tubo-tubo seja efectuada dentro de uma caixa de visita convencional.

O diâmetro exterior do novo colector é de 225 mm e a espessura de 12,8 mm, para uma Relação de Dimensões Standart (SDR¹) 17.6, correspondendo ao diâmetro interior de 199,4 mm (*cf.* Figura 82 e Anexo 1), sendo o diâmetro interior dos tubos de Polipropileno corrugado (PPc) DN250 existentes de 217,4 mm.

Toda a obra foi realizada sem que houvesse qualquer trabalho de escavação ou remoção de pavimento e sempre utilizando apenas as caixas de visita existentes (*cf.* Figura 83).

¹ Relação de Dimensões Standart (SDR) – é quociente entre o diâmetro exterior ou nominal (DN) e a espessura nominal (e), ou seja, $SDR = DN/e$ «=» $SDR = 225/12,8=17,6$



Figura 83 – Toda a obra foi efectuada utilizando sempre as caixas de visita existentes –
Caso de Estudo 2

O resultado obtido é o que se apresenta na Figura 84 abaixo.



Figura 84 – Colector reabilitado pela técnica de entubamento por rebentamento com tubos modulares
(MANVIA, 2010) – Caso de Estudo 2

5.3.6 Análise da causa das patologias encontradas no troço D34 - D35

Foi analisada a causa do colapso da tubagem que não resistiu às condições de aterro realmente efectuadas, tendo-se concluído que a mesma colapsou sobre si própria conforme se verifica na análise seguidamente apresentada.

5.3.6.1 Cálculo com análise da situação de aterro da tubagem no troço D34-D35. Verificação da resistência da tubagem às condições de instalação

5.3.6.1.1 Na situação real

5.3.6.1.1.1 Cálculo das cargas de solo

Considerações para efeitos de Cálculo:

$\rho = 2,1 \text{ t/m}^3$ - peso específico do solo

$\delta = 15^\circ$ - ângulo de fricção interna do material de enchimento em graus

Considerou-se: - valor referente a solos de natureza argilosa com calcários

$H = 8 \text{ m}$ - altura média da vala

$\theta = (2/3)\delta = 10$ - valor do ângulo de fricção interna em função das condições de recobrimento

- enchimento compacto por camadas contra o solo original

Considerou-se: sem verificação do grau de compactação

$b = 1 \text{ m}$ - largura média da vala

Carga de Solo (P_s)

Fórmula: $P_s = S_c \times \rho \times b$

onde....

$$S_c = \frac{1 - e^{-2K \times \tan(\theta) \times \frac{H}{b}}}{2K \times \tan(\theta)}$$

S_c – coeficiente de correcção da carga do solo

sendo $K = (1 - \sin(\theta)) / (1 + \sin(\theta))$

$K = 0,704$

logo.... $S_c = 3,475$

$P_s = 73,0 \text{ kN / m}^2$ (aproximadamente $7,3 \text{ t/m}^2$)

5.3.6.1.1.2 Cálculo da deflexão da tubagem

Considerações para efeitos de cálculo

SN = 8 kN/m² classe de rigidez da tubagem de PPc SN8

Deformação dada pela fórmula:
$$\Delta D = \frac{(C \times P_s + P_t) \times B_1}{8 \times SN + 0,06 k E_R}$$

onde.....

C = 1,5 - factor de auto-compactação

P_t = 0 - carga de tráfego, considerou-se nula dado que a tubagem está implantada fora de zona de circulação rodoviária

B₁ = 0,097 - ângulo de apoio da tubagem = 90° (situação típica de instalação em vala)

E_R = 800 kN/m² - módulo de rigidez do terreno

Considerou-se: - solos tipo 3 (coesivo com misturas)

- grau de compactação mediano 85% proctor modificado

Logo

Deformação: $\Delta D = 0,0937 \approx 9,4\%$, ou seja 9,4 % muito acima dos 5%¹ máximos definidos para tubagens flexíveis (para valores superiores a 5% a tubagem pode colapsar sobre si própria) (cf. Figura 85).

¹ 5% = deformação máxima do diâmetro nominal das tubagens flexíveis recomendada aos 50 anos.

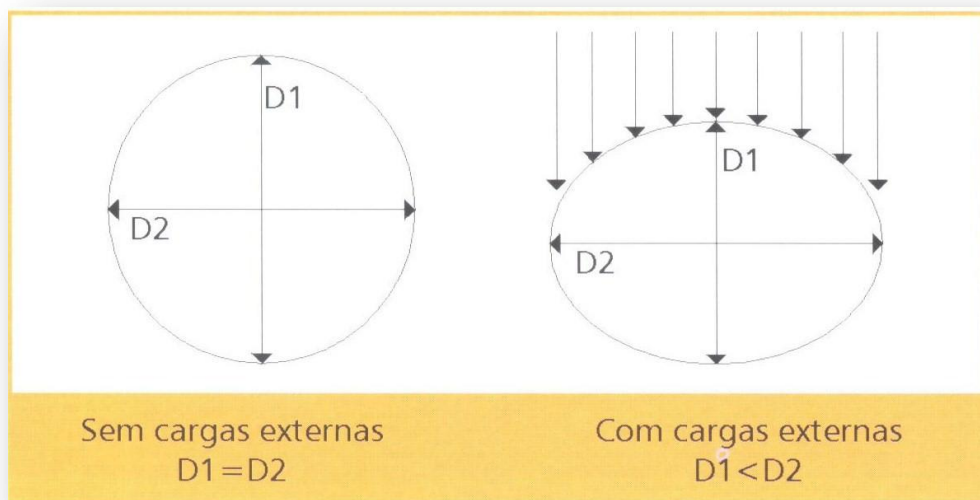


Figura 85 – Esquema representativo da deflexão sofrida por um tubo enterrado, por acção das cargas externas (FERSIL, 2003) – Caso de Estudo 2

5.3.6.2 Cálculo com análise da situação de aterro da tubagem no troço D34-D35. Verificação da resistência da tubagem às condições de instalação

5.3.6.2.1 Na situação ideal

5.3.6.2.1.1 Cálculo das cargas de solo

Considerações para efeitos de cálculo:

$\rho = 1,9 \text{ t/m}^3$ - peso específico do solo

$\delta = 35^\circ$ - ângulo de fricção interna do material de enchimento em graus

Considerou-se: AREIA SOLTA NA ENVOLVENTE DA TUBAGEM

$H = 8 \text{ m}$ - altura média da vala

$\theta = \delta = 35^\circ$ - valor do ângulo de fricção interna em função das condições de recobrimento

Considerou-se: ENCHIMENTO COMPACTO POR CAMADAS COM VERIFICAÇÃO DO GRAU DE COMPACTAÇÃO

$b = 1 \text{ m}$ - largura média da vala

Carga de Solo (P_s)

Fórmula: $P_s = S_c \times \rho \times b$

onde

$$S_c = \frac{1 - e^{-2K \times \tan(\theta) \times \frac{H}{b}}}{2K \times \tan(\theta)}$$

S_c – coeficiente de correcção da carga do solo

sendo..... $K = (1 - \text{sen}(\theta)) / (1 + \text{sen}(\theta))$

$$K = 0,271$$

logo...

$$S_c = 2,51$$

$$P_s = 47,7 \text{ kN/m}^2 \text{ (aproximadamente } 4,8 \text{ t/m}^2 \text{)}$$

5.3.6.2.1.2 Cálculo da deflexão da tubagem

Considerações para efeitos de cálculo

SN = 8 kN/m² classe de rigidez da tubagem de PPc SN8

Deformação dada pela fórmula:

onde.....

$$\Delta D = \frac{(C \times P_s + P_t) \times B_1}{8 \times SN + 0,06 k E_R}$$

C = 1,5 - factor de auto-compactação

P_t = 0 - carga de tráfego, considerou-se nula dado que a tubagem está implantada fora de zona de circulação rodoviária

B₁ = 0,097 - ângulo de apoio da tubagem = 90° (situação típica de instalação em vala)

E_R = 6000 - módulo de rigidez do terreno kN/m²

Considerou-se: SOLOS TIPO 1 = GRANULARES NÃO COESIVOS GRAU DE COMPACTAÇÃO 90% DO PROCTOR MODIFICADO

Logo

$\Delta D = 0,016$, ou seja 1,6% muito abaixo dos 5% máximos definidos para a deformação máxima das tubagens flexíveis.

5.3.6.3 Conclusão

Como se pode verificar na **'situação real'** a tubagem não resistiu às condições de aterro realmente efectuadas, daí que tenha colapsado sobre si própria.

Na **'situação ideal'** os parâmetros foram alterados para aterro com areia compactada por camadas na envolvente da tubagem. Nesta situação a tubagem resiste aos 8 m profundidade da vala.

5.3.7 Aplicação da técnica de reabilitação

O presente ponto pretende descrever o processo de execução da obra de Reabilitação de Troço da Rede de Drenagem Doméstica no Hospital de Cascais, recorrendo ao método de entubamento com rebentamento com tubos modulares (*cf.* Figura 86).

Serão claramente identificados os materiais e os equipamentos afectos à realização da obra, fazendo sempre referência aos rendimentos previstos para a execução do trabalho.

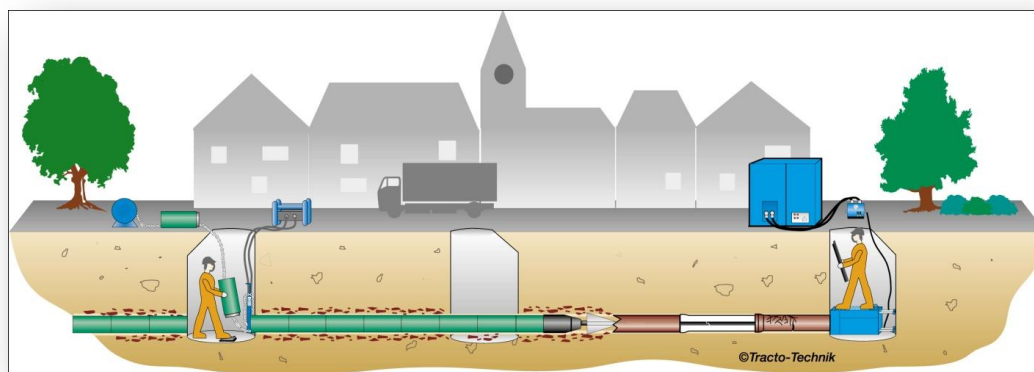


Figura 86 – Figura ilustrativa do processo adoptado em que a tubagem modular com 0,7m de comprimento é introduzida com rebentamento simultâneo da tubagem existente – Caso de Estudo 2

5.3.7.1 Caracterização da tubagem

As vantagens da utilização de tubos modulares na execução da presente empreitada foram:

- não foi necessária a abertura de poços para entrada da tubagem (os tubos foram introduzidos nas caixas de visita e abocardados durante a execução do entubamento);
- não foi necessário recorrer ao processo de soldadura topo-a-topo entre tubos (a ligação abocardada era estanque até à pressão nominal do tubo – 6 bar);
- minimizar o impacto sobre o público, evitando a movimentação de longas tubagens em espaços públicos.

5.3.7.1.1 Sistema, apresentação e especificações

Os tubos utilizados para a execução da reabilitação foram fornecidos e fabricados pela EGEPLAST GmbH (ver Anexo1), de acordo com patentes dos próprios e cumprindo as seguintes especificações e normas (*cf.* Figura 87):

5.3.7.1.1.1 Apresentação

Tubos de Polipropileno (PP) com comprimento total de 0,70 m (0,62 m úteis), de junta abocardada, de cor exterior castanha (esgoto) e interior cinzenta clara.

5.3.7.1.1.2 Especificações

Fabricados segundo as normas DIN 8074/75 e DIN 19537 produzidos interiormente e exteriormente por co-extrusão simultânea. Junta abocardada patenteada tipo QUICK-LOCK e estanque à classe de pressão da tubagem de acordo com a norma DIN 19537 parte 2.



Figura 87 – Tubos de Polipropileno (PP) da EGEPLAST fornecidos para a empreitada – Caso de Estudo 2

5.3.7.1.2 Secção hidráulica

O diâmetro exterior era de 225 mm, correspondendo a uma secção hidráulica interior de 199,4 mm (espessura = 12,8 mm).

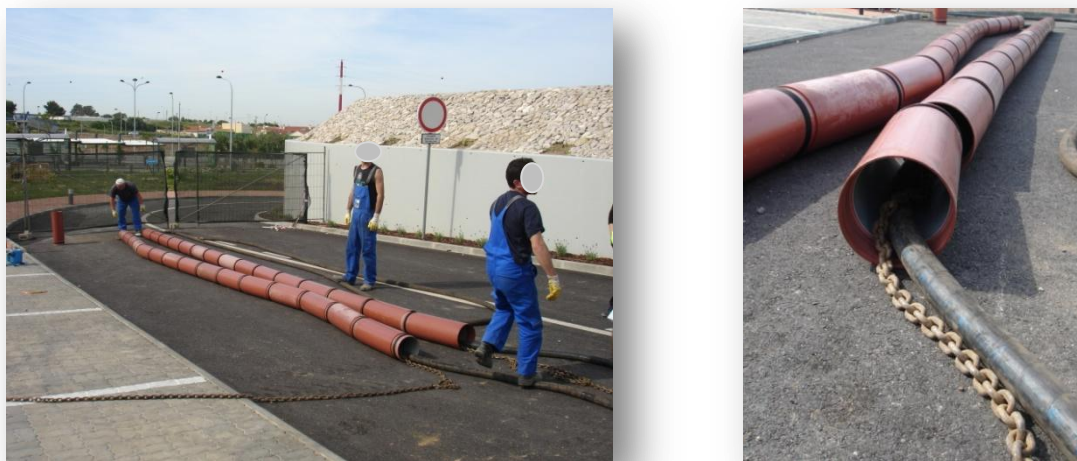


Figura 88 – Conexão dos tubos modulares fora da caixa de visita – Caso de Estudo 2

5.3.7.2 Trabalhos preparatórios

Os trabalhos realizados compreenderam a execução das seguintes actividades:

- Mobilização e desmobilização de equipamentos para a obra, incluindo transporte da Alemanha de equipamento especial;
- Pesquisa de gases efectuada com o analisador de gases da marca GASTECH modelo GT 402 (não foram detectados gases com concentrações superiores aos valores admissíveis. Foi autorizada a entrada de pessoas para a realização dos trabalhos). O relatório da medição dos gases encontra-se no Anexo 4;
- Inspeção vídeo preliminar do troço do colector de drenagem doméstica a reabilitar (foi identificado colapso total do troço);
- Encomenda dos tubos modulares em polipropileno com 0,62 m de comprimento útil com encaixe estanque para ligação dentro das caixas de visita do fabricante EGEPLAST GmbH (diâmetro interno da nova tubagem =199,4 mm) - 3 semanas;
- Montagem de equipamentos e preparação para instalação;
- Apoio material e humano ao desenrolamento da tubagem para execução de «by-pass» e transfega de caudais durante todas as fases de execução da empreitada.

5.3.7.3 Trabalhos de renovação: entubamento com rebentamento

A natureza dos defeitos visualizada pela inspecção vídeo efectuada (*cf.* Figura 81 e Relatório de Inspeção Vídeo que se encontra no Anexo 3) permitiu concluir que o processo de entubamento com rebentamento estático não era suficiente para a realização deste trabalho. As forças de tracção envolvidas nesta metodologia seriam insuficientes para vencer o grau de ovalização e colapso que as tubagens apresentavam.

Assim adoptou-se o processo de entubamento com utilização do sistema de rebentamento dinâmico que consistiu na utilização de uma cabeça de corte e expansão dinâmica (*cf.* Figura 89) capaz de criar espaço para a introdução da nova tubagem de Polipropileno (PP) DN225 no interior da existente em Polipropileno corrugado (PPc) DN250.

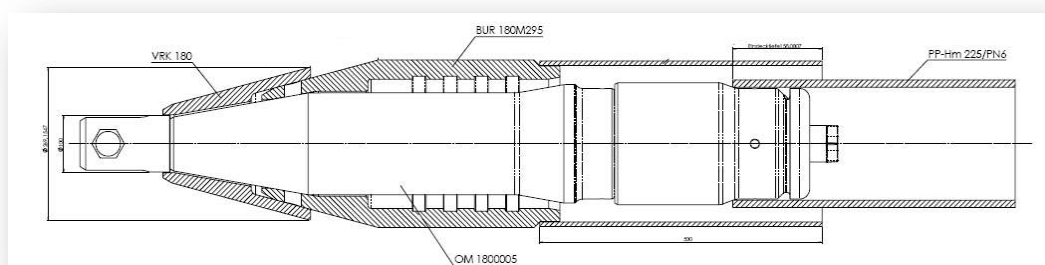


Figura 89 – Cabeça de rebentamento dinâmica (MANVIA 2010) – Caso de Estudo 2

Alimentada a ar comprimido, esta cabeça expandiu a tubagem existente ovalizada (*cf.* Figura 90) procurando através do aumento do grau de compactação dos terrenos envolventes desenvolver volume suficiente para a nova tubagem.

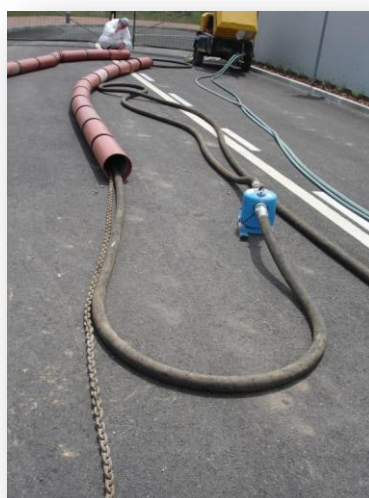


Figura 90 – Ar comprimido que alimenta a cabeça para expandir a tubagem existente ovalizada – Caso de Estudo 2



Figura 91 – Cabeça de rebentamento pneumática (antes de depois do entubamento por rebentamento) – Caso de Estudo 2

A cabeça de expansão dinâmica foi traccionada através de um guincho de 10 toneladas montado na caixa de visita oposta (cf. Figura 92).



Figura 92 – Guincho montado na caixa montante e abocardamento na caixa jusante durante a execução de um entubamento com rebentamento utilizando tubos modulares - Caso de Estudo 2

As fases de execução do entubamento por rebentamento estão representadas na Figura 93 abaixo representada:

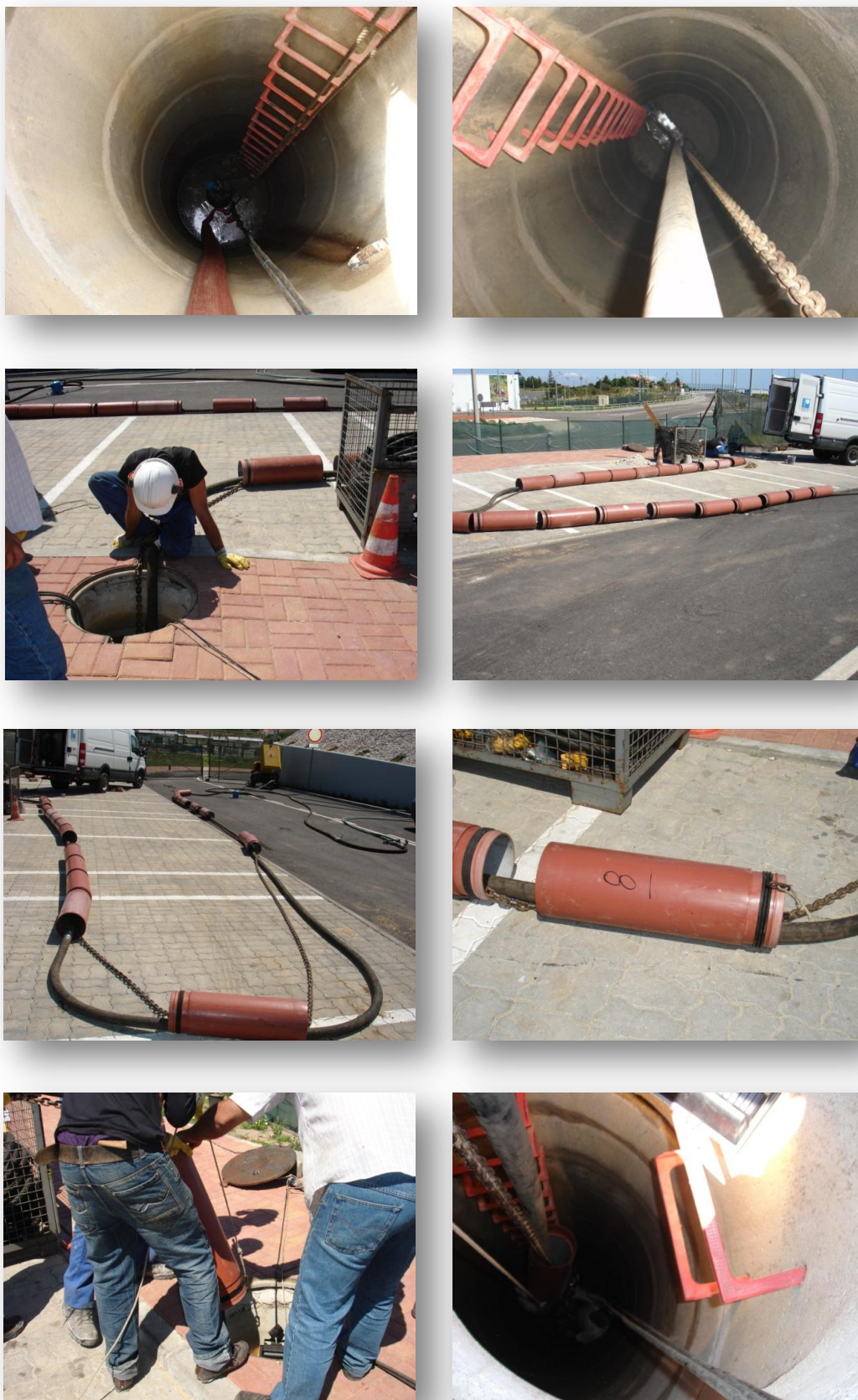




Figura 93 – Fases de execução do entubamento por rebentamento dinâmico (1º caso realizado em Portugal) – Caso de Estudo 2

Após a conclusão do entubamento por rebentamento, a tubagem obsoleta, tubo PPc foi retirado (cf. Figura 94) e enviado para um Operador de Gestão de Resíduos licenciado.



Figura 94 – Resíduos gerados pelo entubamento - tubagem antiga – Caso de Estudo 2

5.3.7.4 Prazos e rendimentos

Os prazos da execução da empreitada foram os seguintes:

- Fabrico das tubagens e mobilização de equipamentos: 3 semanas;
- Execução dos trabalhos de entubamento com rebentamento: 1 semana.

5.3.8 Considerações finais

A solução adoptada respondeu cabalmente às solicitações do Dono de Obra, porque:

- restabeleceu a capacidade estrutural do colector;
- uma vez que a tubagem foi destruída não foi necessário qualquer trabalho de preenchimento do espaço anelar;
- minimizou de forma muito significativa os trabalhos de remoção de pavimentos e escavações na renovação do colector de drenagem doméstica;

- as características finais do colector renovado corresponderam à da nova tubagem.

O custo final da execução do «*relining*» entre as câmaras de visita **D34** e **D35** foi de **56.440,00€**.

O custo final dos trabalhos de renovação, se a técnica adoptada fosse a vala aberta era de **15.585,50€**.

Comparando os custos, o da vala aberta é muito inferior à da técnica de reabilitação por rebentamento. O Dono de Obra quis optar por esta solução porque esta técnica:

- reduziu o impacte sobre público das Urgências do Novo Hospital de Cascais que envolveria os trabalhos se fossem através de vala aberta, tais como movimento de terras, entivações, movimentação de longas tubagens, manobras com máquinas de grandes dimensões;
- anulou os riscos associados aos trabalhos necessários para a abertura de vala com 8 metros de profundidade, resultando 0 acidentes, custos esses difíceis de contabilizar se houvesse um acidente.

A técnica de reabilitação por entubamento com rebentamento com tubos modulares é uma técnica eficaz na renovação e substituição de redes danificadas, de diâmetro igual ou superior, usando como caminho o da anterior.

As grandes vantagens são que eliminam substancialmente a escavação, seguindo o trajecto da tubagem existente, permitindo aumentar o diâmetro da tubagem e aumentando a sua capacidade, provocando menos distúrbios no tráfego, sendo o tempo de construção menor.

CAPÍTULO 6 - EXEMPLO DE UMA DEMONSTRAÇÃO DA EFICÁCIA DA APLICAÇÃO DE UMA TÉCNICA DE REABILITAÇÃO SEM ABERTURA DE VALA

6.1 Aspectos gerais

Designação da Obra: Reabilitação da Rede de Drenagem Pluvial por «*Relining*» com Tubagem de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) DN450

O presente ponto tem como objectivo determinar qual o caudal máximo da rede pluvial entre a caixa B e a caixa C na solução de reabilitação por «*relining*» com tubagem de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) DN450 ($D_{int}=415\text{mm}$) comparativamente à rede existente em betão DN600.

A interpretação do presente cálculo pressupõe o conhecimento da memória descritiva de execução da obra e das respectivas plantas de localização da rede de drenagem pluvial.

6.1.1 Cálculo de escoamento hidráulico

Em 1889 o engenheiro irlandês *ROBERT MANNING* apresentou uma fórmula que relacionava a inclinação da linha de energia, o caudal, a secção transversal e a rugosidade em tubagens de escoamento em superfície livre.

$$Q = \frac{1}{n} \times S \times R^{2/3} \times J^{1/2} \quad [\text{eq.1, fórmula de Manning-Strickler}]$$

Sendo:

Q = caudal em (m^3/s)

n = coeficiente de rugosidade de *Manning-Strickler* para o material da tubagem ($\text{m}^{-1/3}\text{s}$)

S = área da secção transversal do escoamento (m^2)

R = Raio Hidráulico da tubagem (m)

J = inclinação da linha de energia ou pendente (m/m)

Considerando que, de acordo com o regulamentos aplicáveis, a altura máxima da lâmina líquida numa rede de drenagem pluvial corresponde ao seu diâmetro interno, podendo-se assim assumir com o caudal de pico um escoamento em secção cheia e logo o seguinte resultado na fórmula de *Manning-Strickler*:

$$S = \pi R^2 \Rightarrow Q = \frac{0,312}{n} \times D^{8/3} \times J^{1/2} \quad [\text{eq.2, fórmula de Manning-Strickler}]$$

para escoamento em secção cheia]

Sendo, D = diâmetro interior da tubagem (m)

Da literatura é possível obter os valores para o coeficiente de rugosidade de Manning - Strickler ' η ' para diversos materiais, e nomeadamente para o material existente (betão) e para o material proposto para a reabilitação (polietileno), Quadro 15.

Quadro 15 – Coeficiente de Manning–Strickler para diversos materiais

Material	Coeficiente ' η '
Betão	0,0150
Polietileno (PE)	0,0080

Sabendo que para o troço imediatamente a montante do troço caixa B - caixa C tem as seguintes características:

$$D[\text{m}] = 0,600$$

$$J[\text{m/m}] = 0,010$$

Material = betão

Obtém-se, aplicando a equação 2, o seguinte caudal de ponta:

$$\text{Caudal de ponta}_{\text{troço a montante}} = 0,5327 \text{m}^3/\text{s}$$

Conhecendo-se ainda que o troço caixa B - caixa C possuirá após os trabalhos de reabilitação as seguintes características:

$$D[\text{m}] = 0,415$$

$$J[\text{m/m}] = 0,025$$

Material = polietileno

Obtém-se do mesmo modo:

$$\text{Caudal de ponta}_{\text{troço B-C}} = 0,5909 \text{m}^3/\text{s}$$

Conclui-se que a capacidade de vazão do troço caixa B - caixa C **reabilitado é superior** à capacidade de vazão do troço imediatamente a montante (caixa A - caixa B).

Uma vez que os ganhos na capacidade de transporte são alcançados pela redução do factor de atrito do escoamento (redução do coeficiente de rugosidade de *Manning-Strickler*) e por consequência de um aumento na velocidade, interessa verificar se os critérios de dimensionamento hidráulico – sanitário no que se refere aos limites máximos da velocidade de escoamento, cumprem os requisitos do RGSPDADAR (Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais).

Conhecendo o caudal de ponta e as respectivas secções hidráulicas, aplicando-se a equação 3, podem determinar-se as respectivas velocidades para a situação de caudal de ponta.

$$Q = S \times V \text{ [eq.3]}$$

Onde

Q = caudal (m³/s)

S = secção hidráulica (m²)

V = velocidade de escoamento (m/s)

Obtendo-se:

Velocidade _{troço a montante} = 1,88m/s

Velocidade _{troço B - C} = 4,37m/s

Sabendo-se que o regulamento determina como velocidade máxima de escoamento o valor de 5 m/s e como velocidade mínima (ou velocidade de auto-limpeza) o valor de 0,9 m/s, pode-se concluir que:

O troço caixa B - caixa C, quando reabilitado pelo processo por «relining» com tubagem de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) DN450 (Dint=415mm), apresenta uma capacidade de vazão comparável com o troço imediatamente a montante (caixa A – caixa B) ou mesmo ligeiramente superior, mantendo as velocidades de escoamento dentro dos limites máximos e mínimos impostos pelos regulamentos em vigor.

CAPÍTULO 7 - APRESENTAÇÃO DE DOIS EXEMPLOS DA MELHORIA CONTÍNUA DA APLICAÇÃO DAS TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO

7.1 Falhas detectadas no encamisamento pontual - método «short liner»

Com as mais de 1000 reparações por encamisamento pontual executadas foi melhorado o método ao longo da execução das mesmas, como por exemplo, a localização exacta da patologia a reparar.

Anteriormente a localização da patologia era só efectuada com a inspecção «Closed-Circuit Television» (CCTV), concluindo-se que uma em cada três reparações pontuais a inspecção «Closed-Circuit Television» (CCTV) falhava o alvo, ou seja a medida efectuada pela mesma não tinha rigor (cf. Figura 95).

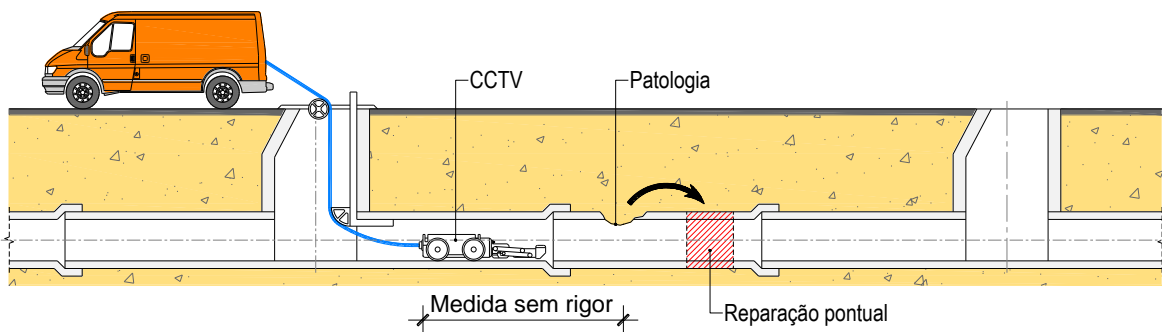


Figura 95 – Medida efectuada pelo «Closed-Circuit Television» (CCTV) sem rigor

Então, para reduzir este número de falhas adoptou-se a introdução de uma guia ao longo da tubagem a reparar ao mesmo tempo que se efectua a inspecção «Closed-Circuit Television» (CCTV) (cf. Figura 96). Esta guia é marcada de metro em metro com fita isoladora, que por sua vez vai dar a indicação à inspecção «Closed-Circuit Television» (CCTV) da localização exacta do defeito a reparar.

Com esta medida foram reduzidas as falhas do alvo para uma em cada cem reparações pontuais.

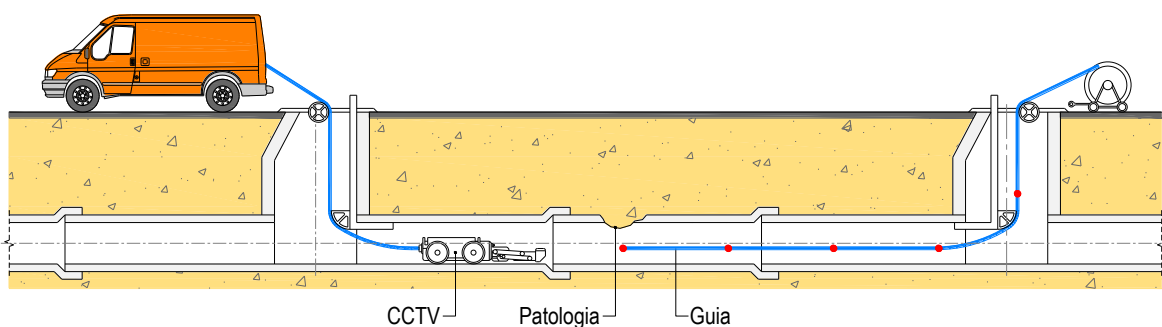


Figura 96 – Medida efectuada pelo CCTV com o auxílio da guia

7.2 Falhas detectadas no encamisamento contínuo – manga de fibras de vidro (cura por radiação ultravioleta)

Com mais de 6500 metros lineares de encamisamento contínuo instalados existem sempre problemas com a sua instalação.

Um deles tem a ver com a introdução da manga nos troços da rede a reabilitar, que por vezes quando esta é insuflada pode ficar torcida ganhando rugas quando está a aderir à tubagem existente (cf. Figura 97). Estas rugas podem não ser detectadas antes da cura efectuada por radiação ultravioleta.

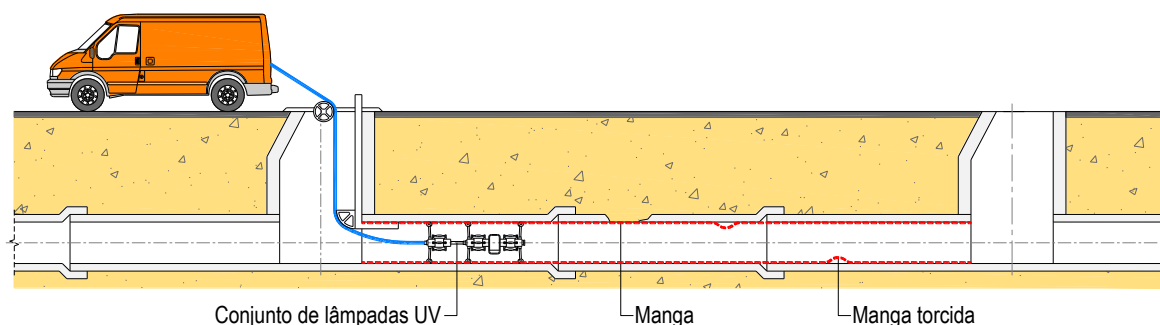


Figura 97 – Introdução do «UV train» com as luzes desligadas

Para ultrapassar este problema uma solução prática e económica para verificar se a manga não possui rugas ou está torcida introduz-se o «UV train» com as lâmpadas ultravioletas (UV) desligadas passando o mesmo de uma ponta à outra da tubagem, utilizando a câmara «Closed-Circuit Television» (CCTV) no próprio «UV train» para verificar a ausência de rugas (cf. Figura 98). Só depois desta verificação efectuada se inicia a cura, bastando iniciar o processo de acendimento das lâmpadas.

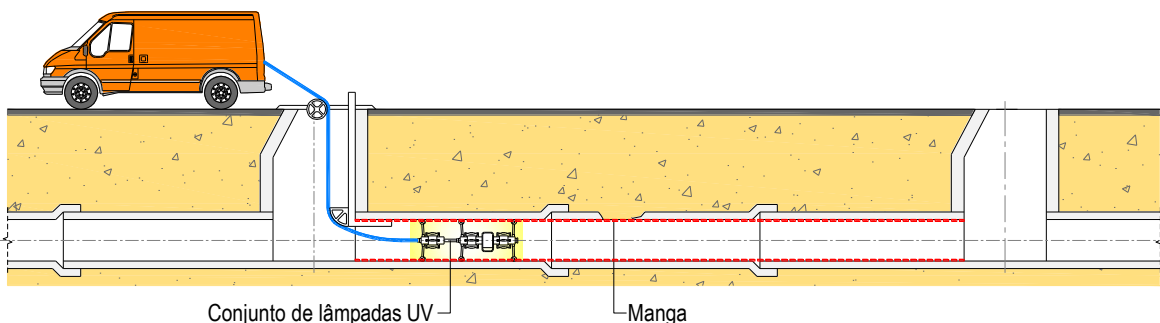


Figura 98 – Introdução do «UV train» com as luzes ligadas

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Conclusões

A realização desta dissertação teve como objectivo principal analisar e comparar as várias técnicas de reabilitação de redes de drenagem de águas residuais sem necessidade de abertura de valas. Estas técnicas foram também comparadas com a intervenção clássica de abertura de vala, concluindo-se que são boas alternativas em relação a essa mesma intervenção. Para o efeito, foi efectuado um levantamento exaustivo das técnicas de reabilitação mais utilizadas, das suas aplicações, dos seus custos relativos, das vantagens e inconvenientes e dos critérios de selecção utilizados em cada caso.

Para compreender melhor a aplicação das técnicas de reabilitação analisadas, foi necessário reunir informação sobre:

- os diferentes tipos de sistemas de drenagem;
- os diferentes tipos de componentes;
- os materiais utilizados em sistemas de drenagem;
- os principais problemas nos sistemas de drenagem urbana;
- os termos mais comuns utilizados em reabilitação e os seus respectivos conceitos, definições e soluções de reabilitação;
- os diferentes tipos de patologias.

Foram apresentados exemplos reais de propostas adequadas a cada técnica de reabilitação e dois casos de estudo (um encamisamento contínuo com manga de fibras de vidro para reabilitar o Emissário da Cadaveira, e um entubamento com rebentamento com tubos modulares pelo processo dinâmico, primeiro caso de entubamento realizado em Portugal para renovar um troço da rede de drenagem doméstica do novo Hospital de Cascais), que foram fundamentais para dar um cariz prático e essencial a esta dissertação. Permitiram concluir que a reabilitação de sistemas de drenagem sem abertura de vala apresenta muitas vantagens face à abertura de vala, porque:

- é muito mais rápida;
- não necessita de reposição de pavimento;
- não necessita de movimentação de terras;
- não há transporte de materiais a aterros autorizados;
- é mais segura para os trabalhadores, peões e veículos;
- causa menos incómodos às populações;
- não há cortes de trânsito em cruzamentos nem perturbação de entradas de casas e entradas de garagens.

Em relação aos custos, na maioria dos casos, as técnicas de reabilitação são mais económicas quando comparadas com a técnica de abertura de vala. Quando os custos são muito superiores, o decisor terá que pensar nos prós e contras que envolvem os trabalhos através de vala aberta e verificar se os custos socioeconómicos que não se contabilizam (e. g. impacte sobre o público, movimento de terras, entivações, movimentação de longas tubagens, manobras com máquinas de grandes dimensões, acidentes de trabalho) possam ser muito superiores ao diferencial de custos entre a técnica de reabilitação com e sem abertura de vala escolhida.

Em relação à durabilidade dos materiais utilizados nas técnicas de reabilitação sem abertura de vala, os fabricantes dão uma garantia de 50 anos. Ora como tal, foi impossível nesta dissertação desenvolver este tema, porque as técnicas apresentadas foram aplicadas recentemente, não havendo por isso resultados até à data de hoje.

Tornou-se também necessário referir a importância que a manutenção dos sistemas tem para a vida útil das infra-estruturas e para a melhoria do seu desempenho, podendo prevenir a degradação dos sistemas de drenagem de águas residuais.

Por grande interesse em saber como funciona a metodologia de apoio à decisão na reabilitação dos sistemas de drenagem, foi descrito o programa «*Computer-Aided Rehabilitation of Sewer Networks*» (CARE-S). Concluiu-se que esta metodologia até à data de hoje não funciona a 100%, porque o processo de recolha de dados é demorado e nos casos em que não existam dados, a duração da recolha pode durar vários meses e ser muito dispendiosa. Assim verificou-se que os decisores optam por metodologias empíricas.

Verificou-se também que, com a aplicação destas técnicas de reabilitação sem abertura de vala, a probabilidade de acontecer um acidente grave é praticamente nula.

As técnicas de reabilitação apresentadas nesta dissertação constituem um resumo das técnicas existentes. Naturalmente existem outras técnicas de reabilitação de sistemas, sendo que esta área deverá apresentar um constante desenvolvimento, para rentabilizar e aperfeiçoar os trabalhos de beneficiação dos sistemas, contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

O tema da reabilitação nos dias de hoje deve ser encarado para qualquer infra-estrutura, não só para aumentar a sua vida útil mas fundamentalmente porque, na grande maioria dos casos, se torna mais económico proceder a uma renovação dessa infra-estrutura ao invés de uma demolição.

No caso dos sistemas de drenagem o tema é um pouco mais complexo, devido às dificuldades de acesso a estas estruturas e dos problemas socioeconómicos que qualquer trabalho numa rede de drenagem implica.

Deve-se no entanto optar, em regra, pela renovação dos sistemas, pois a substituição parcial ou total de uma rede implica custos mais elevados, nomeadamente sociais e ambientais, devido à interacção de outros serviços afectados.

Para além do aspecto económico, deve-se também ter a consciência que as intervenções de reabilitação enquadram-se, regra geral, na política de reciclagem e de reutilização, permitindo utilizar o “que já existe”, adaptando-se às novas exigências funcionais.

Recomendações para estudos futuros

Considera-se fundamental prosseguir com novos desenvolvimentos no campo da avaliação e caracterização do desempenho dos sistemas de drenagem e na sua reabilitação. Deverão ser conduzidos novos estudos que permitam uma melhor utilização dos recursos disponíveis, implicando um estabelecimento correcto das prioridades de actuação. A implementação de novas soluções deve corresponder sempre a um melhor custo-benefício, em termos económicos, sociais e ambientais. Um exemplo é a ausência de colectores em que os efluentes de águas residuais produzidos são tratados e reutilizados na origem ou na proximidade e a solução de separação de águas residuais ao nível da habitação, minimiza custos de tratamento e possibilita a reutilização da matéria orgânica na agricultura, com a minimização de custos energéticos e redução de impactos ambientais.

Sugere-se como um trabalho futuro, a análise de mais casos de estudo de diferentes técnicas de reabilitação, integrando-os na metodologia «*Computer-Aided Rehabilitation of Sewer Networks*» (CARE-S), cujos módulos deverão ser todos preenchidos com a recolha de dados reais para conseqüente validação, correcção e aperfeiçoamento da técnica a utilizar e para que esta fique o mais sólida e abrangente possível, no apoio à decisão das entidades gestoras.

Por fim, sugere-se que seja adicionado na Norma NP EN 752-1 (1999) e na Norma NP EN 13380 (2007), que a reabilitação deve ser “*o mais possível, um processo eficaz, executado de uma forma rápida, sem incómodos para o consumidor e para terceiros, e o mais económico possível*”.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASCE, (1994).** *Existing Sewer Evaluation & Rehabilitation*. Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers. Second Edition. Manual and Report on Engineering Practice n.º 62. EUA.
- Ashley, M. e Verbanck, M. (1996).** *Mechanics of sewer sediment erosion and transport*. Journal of Hydraulic Research 34(6), 753-770.
- ASTM F1216 (2009).** *secção 5.1. Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube*. ASTM International Standards.
- Barber, D. (1992).** *Bailing out - City of Evanston*. APWA Reporter, February, 13-14.
- Caldas, M. (2000).** *Reabilitação de Sistemas de Drenagem de Águas Residuais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Coimbra, Portugal.
- Caldas, M.; Matos, J.S. (1999).** *Técnicas e materiais de renovação e reabilitação a aplicar em sistemas de drenagem de águas residuais*. Lição do curso *Estratégias para beneficiação e reabilitação de sistemas públicos de drenagem de águas residuais*. FUNDEC, IST.
- Camacho, Paulo Celso Góis (2007).** *Avaliação de estratégias de reabilitação de sistemas de drenagem urbana*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal
- Cardoso, M. (2007).** *Avaliação do Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana*. Dissertação de Doutoramento em Engenharia Civil, LNEC e IST, Lisboa, Portugal.
- Cardoso, M.A., Camacho, P., Matos, M.R. (2006).** *Resultados do Projecto Europeu CARE-S para Apoio à Reabilitação de Redes de Drenagem de Águas Residuais*. 12º ENaSB, APESB, 24-27 de Outubro, Cascais.

Cardoso, M.A.; Coelho, S.T.; Matos, J.S.; Matos, R.S. (1999). *A new approach to the diagnosis and rehabilitation of sewerage systems through the development of performance indicators*, 8th International Conference on Urban Storm Drainage, Sydney.

Cordeiro, Francisco Salema Reis Ataíde (2008). *Estratégias de Sistemas de Drenagem de Águas Residuais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico. Lisboa, Portugal.

CSIRO (2007). *Options for pipe rehabilitation*. www.cmmt.csiro.au. CSIRO Manufacturing & Materials Technology.

Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto. *Aprova o Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais*. 2ª Edição. Coleção Construção Civil.

Deuller, J., Reyna, S., Vanegas, J. (1996). *Hydroinformatics Tools for Planning, Design, Operation and Rehabilitation of Sewer Systems*. NATO ASI Series. 415-450.

EN 295-1 (1991). *Vitrified clay pipes and fittings and pipe joints for drains and sewers. Part 1: Requirements*. Comissão Europeia de Normalização.

EN 13508-2 (2003). *Condition of drain and sewer systems outside buildings. Part2: Visual inspection coding system*. Comissão Europeia de Normalização.

EN 752-8 (2007). *Drain and Sewer Systems Outside Buildings*. Comissão Europeia de Normalização.

FERSIL (2003). Manual Técnico.

Field, R. (1993). *Storm and combined sewer overflow: An overview of EPA's research program. Integrated Stormwater Management*. Lewis Publishers, pp. 3-43.

Gonçalves, L.; Monteiro, A. (2002). *Requisitos e Especificações Técnicas para a Elaboração de Projectos para o Grupo Águas de Portugal, SGPS – Águas Residuais. Dados Tubagens*, AdP, Lisboa.

Grilo, Tomás Velez (2007). *Técnicas de Reabilitação de Sistemas de Abastecimento de Água*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico. Lisboa, Portugal.

LeGauffre, P., Joannis, C., Gibello, C., Breyse, D., Demulliez, J., Wolff, M. (2004). *Performance Indicators and decision support for inspection and rehabilitation of non-man entry sewer networks*. NOVATECH 2004 *Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management*, Lyon, Proceedings Vol. 2., pp. 1625-1632.

Macaitis, W. (1994). *Urban Drainage Rehabilitation Programs and Techniques*. ASCE, New York.

MANVIA (2010). <http://www.manvia.pt> (site acedido em 2010).

MANVIA (2009). *Reabilitação de Redes de Drenagem Doméstica e Pluvial*. 1^a Parte. Porto.

MANVIA (2007a). *Memória Justificativa e Descritiva – Metodologia de Execução da Obra – Limpeza Mecânica: Robot Fresador*.

MANVIA (2007b). *Encamisamento pontual «short liner» – Reparação localizada de tubagens sem abertura de vala*. Catálogo.

MANVIA (2007c). *Encamisamento contínuo – manga de fibras de feltro (cura por calor) – Reabilitação contínua de tubagens sem abertura de vala*. Catálogo.

MANVIA (2007d). *Encamisamento contínuo – Manga de fibras de vidro (cura por radiação ultravioleta) – Reabilitação contínua de tubagens sem abertura de vala*. Catálogo.

MANVIA (2007e). *Entubamento simples - «sliplining» – Tubos de polietileno convencionais ou modulares – Renovação de tubagens sem abertura de vala*. Catálogo.

MANVIA (2007f). *Entubamento com rebentamento – Tubos de polietileno convencionais ou modulares. Renovação de tubagens sem abertura de vala*. Catálogo.

Marsalek, J. (1998). *Challenges in Urban Drainage. Environmental Impacts, Impact Mitigation, Methods of Analysis and Institutional Issues*. Hydroinformatic Tools. pp. 1-23.

- Matos, J. (2006).** *Ambiente e Saneamento – Sistemas de Drenagem Urbana*. IST Press, Lisboa, Portugal.
- Matos, J. (2003).** *Aspectos Históricos e Actuais da Evolução da Drenagem de Águas Residuais em Meio Urbano*, IST, Lisboa, Portugal.
- Matos, J. (2002).** *Comportamento Hidráulico e Ambiental de Sistemas Unitários – Um Olhar para Trás, em Direcção ao Futuro*. Edição em CD. Encontro Nacional de Saneamento Básico, Braga.
- Matos, J.; Frazão, A. (2001).** *O Saneamento na Cidade do Século XXI- Problemas, Paradigmas e Soluções*. Encontro Nacional de Entidades Gestoras, ENEG, Lisboa.
- Matos, M., Cardoso, M., Pinheiro, I., Almeida, M. (2003).** *Construction of a control panel for rehabilitation: Selection of a listing of Rehab Pls. Projecto CARE-S - Computer Aided REhabilitation of Sewer Networks*. Decision Support Tools for Sustainable Sewer Network Management, 5th Framework Programme of the European Union, EU project EVK1-CT- 2002-00106. LNEC, Lisboa.
- Matos, M.R. (1999).** *Gestão integrada de águas pluviais em meio urbano. Visão estratégica e soluções para o futuro*. Programa de investigação apresentado a concurso de acesso à categoria de Investigador Coordenador do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Matos, R. (2006).** *Gestão Técnica de Sistemas de Drenagem Urbana*, LNEC e IST, Lisboa, Portugal.
- Matos, R., Cardoso, A., Ashley, R. (2004).** *Indicadores de Desempenho para Serviços de Águas Residuais. Tradução e adaptação para português do Manual da IWA Performance Indicators for Wastewater Services*. IRAR/LNEC, 972-99354-3-2.
- Matos, R.M. (2000).** *Gestão Integrada de Águas Pluviais em Meio Urbano – Visão Estratégica e Soluções para o Futuro*. Teses e Projectos de Investigação. LNEC.
- Matos, Rafaela de Saldanha (2008).** *Seminário Desenvolvimento Sustentável – Água em Meio Urbano*. Gestão Técnica de Sistemas de Drenagem Urbana. IST.

- Matos, Rafaela de Saldanha (2005).** Seminário sobre a aplicação em Portugal e na União Europeia das Directivas Incidentes no Ciclo Urbano da Água – Indicadores de Desempenho de Serviços de Águas e de Águas Residuais. Covilhã, Universidade da Beira Interior.
- NP EN 13380 (2007).** *Requisitos Gerais dos Componentes utilizados na Renovação e na Reparação de Colectores e Ramais de ligação de Sistemas Públicos de Drenagem de Águas Residuais.* Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 752-5 (2000).** *Sistemas Públicos de Drenagem de Águas Residuais – Parte 5: Reabilitação.* Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 752-1 (1999).** *Sistemas Públicos de Drenagem de Águas Residuais – Parte 1: Generalidades e definições.* Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 752-2 (1995).** *Sistemas Públicos de Drenagem de Águas Residuais – Parte 2: Requisitos de desempenho.* Instituto Português da Qualidade.
- PFEIFFER MANVIA (2010).** <http://www.ludwigpfeiffer.com> (site acedido em 2010).
- Read, G. e Vickridge, I. (1997).** *Sewers – Rehabilitation and New Construction.* Arnold. Londres. Reino Unido.
- Sægrov, Sveinung (2006).** *CARE-S – Computer Aided Rehabilitation for Sewer and Stormwater Networks.* IWA Publishing.
- Sousa, E. (2001).** *Sistemas de Drenagem de Águas Residuais e Pluviais – Conceção de Sistemas de Drenagem.* IST, Lisboa, Portugal.
- Stein, D. (2001).** *Rehabilitation and maintenance of drains and sewers.* Ernst & Sohn. ISBN 3-433-01316-0.
- WRc (2001).** *Sewerage rehabilitation manual.* Water Research Centre plc, 4.^a Edição, Swindon, Reino Unido. ISBN 1-898920-3 9-7.
- WRc (1983).** *Sewerage rehabilitation manual.* Water Research Centre, 1.^a Edição, Swindon, Reino Unido.

ÍNDICE REMISSIVO / ONOMÁSTICO**A**

Aço não ligado – 38.

Águas residuais – 2, 4, 5, 7, 12, 16, 23, 24, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 42,
44, 45, 49, 50, 53, 54, 56, 69, 78, 84, 90, 94, 103, 108, 109, 122, 126,
127, 136, 138, 140, 143, 194, 197, 198, 199, 200, 201, 203, 204, XXIII.

Analizador de gases – 184.

Análise da causa – 13, 179.

Árvore de decisão – 20, 137.

Avaliação de estratégias – 12, 20, 29, 135, 200.

B

Betão – 20, 24, 34, 35, 39, 41, 42, 43, 59, 60, 91, 96, 97, 117, 131, 140, 148, 149, 152, 155,
166, 167, 192, 193.

«*burstlining*» - 11, 19, 103, 108, 109, 110, 111, 123, 205.

«*by-pass*» - 11, 21, 56, 68, 109, 112, 113, 114, 151, 168, 173, 185.

C

Cabeça de rebentamento – 22, 104, 105, 176, 186, 187.

Cabeça de tracção – 85, 87, 101, 145, 157, 158, 162.

Caixas de visita – 13, 19, 20, 21, 22, 32, 58, 70, 79, 83, 92, 94, 106, 107, 108, 109, 110, 120,
121, 142, 147, 150, 152, 156, 166, 172, 176, 177, 178, 183, 184.

Câmaras de grades – 33, 51.

Câmaras de visita - 20, 23, 31, 32, 33, 140, 142, 144, 145, 149, 150, 169, 191.

Campos de aplicação – 8, 9, 10, 11, 27, 28, 57, 70, 78, 90, 103.

Características técnicas – 15, II.

CARE-S – 4, 12, 20, 26, 27, 28, 29, 127, 128, 129, 131, 132, 133, 135, 136, 198, 199, 200,
203, 204.

Cargas de solo – 14, 179, 181.

Caso de Estudo 1 – 15, 20, 21, 148, 150, 152, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 161, 163, XXX,
XXXV, XXXVI.

Caso de Estudo 2 – 15, 21, 22, 171, 172, 173, 174, 175, 177, 178, 181, 183, 184, 185, 186,
187, 189, 190, XXX, XXXV, XXXVII.

Circuito Fechado de Televisão – 115.

«*Closed-Circuit Television*» (CCTV) – 4, 11, 12, 18, 20, 21, 22, 64, 88, 89, 95, 97, 98, 109, 115, 116, 130, 132, 138, 164, 165, 167, 174, 175, 195, 196.

Coeficiente de *Manning-Strickler* – 5, 16, 192, 193, 194.

Coeficiente de rugosidade – 5, 38, 39, 40, 91, 97, 168, 192, 193, 194.

Colector(es) – 2, 9, 10, 12, 15, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 50, 51, 52, 56, 57, 59, 63, 68, 69, 70, 74, 78, 79, 84, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 104, 105, 107, 108, 112, 113, 114, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 137, 138, 140, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 155, 157, 158, 168, 169, 173, 174, 176, 177, 178, 185, 190, 191, 199, 204, II, XXXII, XXIII.

Comportamento hidráulico – 9, 69, 78, 97, 104, 121, 203.

Conclusões – 12, 14, 28, 29, 116, 125, 136, 197.

Conjunto de lâmpadas de ultravioletas – 10, 13, 18, 21, 83, 87, 88, 89, 162, 163, 164, 165, 166, 196.

Cura – 8, 9, 10, 13, 14, 16, 17, 18, 20, 28, 57, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 74, 75, 76, 77, 79, 81, 84, 86, 88, 89, 141, 142, 143, 152, 153, 154, 156, 157, 159, 161, 162, 164, 165, 166, 167, 168, 169, 196, IV, XII, XX, XXIII.

Cura por calor – 9, 41, 52, 68, 69, 74, 120, 125, 202.

Cura por radiação ultravioleta – 2, 9, 10, 14, 18, 29, 41, 52, 68, 78, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 121, 125, 152, 153, 154, 157, 159, 169, 196, 202, XXIII.

Cura por vapor – 70, 79, 84, 85, 142, 153, 157, 169, XXIII.

«*Cured-in-Place Pipe*» (CIPP) – 4, 63, 74, 76, 84, 169.

D

Deficiências ambientais – 7, 28, 42, 44.

Deficiências estruturais – 7, 10, 28, 42, 43, 95, 96.

Deficiências hidráulicas – 7, 28, 42, 43.

Deflexão da tubagem – 14, 180, 182.

Degradação dos sistemas – 7, 42, 198.

Desarenadores – 33, 51.

Descarregadores de tempestade – 30, 32, 33, 51.

Desgasificação – 15, XXXVIII.

Desvantagens – 8, 9, 10, 11, 16, 58, 71, 80, 92, 105, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 134.

E

EGEPLAST – 11, 19, 21, 22, 109, 112, 125, 172, 183, 184, 185, XXVI, XXVII, XXVIII, XXIX.

Electrossoldadura – 11, 99, 206.

Emissário da Cadaveira – 1, 2, 3, 12, 15, 20, 29, 74, 146, 147, 148, 152, 197.

Emissários – 23, 32, 36, 37, 38, 56, 69, 78, 121, 153.

Encamisamento contínuo com manga de fibras de feltro – 9, 16, 17, 41, 52, 68, 69, 74, 120,
125, 202, II, XI, XII, XV, XVI.

Encamisamento contínuo com manga de fibras de vidro – 9, 10, 13, 15, 18, 29, 41, 52, 68,
78, 84, 121, 125, 141, 142, 147,
152, 196, 197, 202, II, XIX, XX,
XXII, XXIII.

Encamisamento pontual – 2, 8, 12, 14, 15, 16, 17, 28, 29, 41, 52, 56, 59, 60, 61, 62, 63, 120,
124, 125, 143, 144, 197, 202, II, III, IV, VII, VIII.

Ensaaios – 11, 68, 69, 99.

Entubamento com rebentamento – 2, 11, 14, 15, 19, 21, 22, 29, 41, 52, 69, 103, 104, 105,
106, 107, 108, 116, 123, 124, 125, 170, 171, 174, 176,
183, 186, 187, 190, 191, 197, 202, II, XXV.

Entubamento com tubos convencionais – 10, 11, 18, 19, 91, 94, 104, 107.

Entubamento com tubos modulares – 10, 18, 90, 91, 94.

Entubamento simples – 2, 10, 12, 15, 16, 18, 26, 28, 41, 52, 69, 89, 90, 94, 95, 104, 122,
124, 125, 144, 145, 202, II, XXV.

«Epoxy» – 70, 76, 166.

Escoamento hidráulico – 14, 29, 91, 192.

Espaço anelar – 11, 93, 94, 102, 105, 123, 145, 190.

Especificações – 11, 14, 64, 75, 110, 183, 184, 201.

Estações elevatórias – 32,33.

Estruturas de retenção – 34.

F

Falhas detectadas – 14, 195, 196.

Ferro Fundido Dúctil – 4, 34, 37, 38, 40, 123.

Fibrocimento – 4, 35, 38, 41, 59, 111, 140.

G

Grés vitrificado – 35, 39.

H

Hospital de Cascais – 2, 15, 27, 29, 146, 170, 174, 176, 183, 191, 197, XXX, XXXV.

I

Inserção da manga – 10, 13, 21, 85, 157, 158.

Inspeção vídeo – 12, 15, 16, 20, 68, 73, 82, 100, 115, 116, 117, 118, 138, 139, 140, 142,
143, 144, 151, 152, 153, 155, 168, 185, 186, XXX.

Instruções de segurança – 2, 12, 29, 138, 140, 141, 142, 144, 145.

Instruções operacionais – 12, 138, 139, 141, 142, 143, 144.

Insuflação com ar – 10, 13, 18, 21, 86, 159.

Interceptores – 23, 32.

J

Junta abocardada – 109, 110, 183, 184.

L

Limpeza mecânica – 11, 116, 202.

M

Manga de fibras de feltro – 2, 9, 15, 16, 17, 28, 52, 68, 69, 70, 73, 74, 120, 125, 202, II, XI,
XII, XV, XVI.

Manga de fibras de vidro – 2, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 28, 29, 41, 52, 68, 78, 80, 82, 83, 84,
121, 125, 141, 147, 150, 196, 197, 202, XX, XXII, XXIII.

Manga de reparação – 8, 64, 65, 67, 125.

Manutenção preventiva – 8, 53.

Melhoria contínua – 14, 28, 29, 195.

Método «*short liner*» - 2, 3, 8, 14, 17, 28, 41, 52, 56, 63, 120, 124, 125, 195, 202.

Metodologia de apoio à decisão – 12, 27, 126, 136, 198.

Microtuneladora – 11, 20, 116, 117.

Módulo – 12, 27, 28, 127, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 180, 182, 199, XII, XX, XXIII.

N

NORDITUBE – 75.

O

Operação «*Wet Out*» - 8, 9, 65, 76, 77.

P

Patologias contínuas – 9, 17, 55, 68.

Patologias pontuais – 8, 18, 54, 56.

Poços de entrada – 11, 100, 144.

Poços de tracção – 11, 19, 94, 100, 101, 102, 104.

Policloreto de Vinilo – 5, 34, 35, 36, 37, 39, 59, 111, 140, 147.

Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro – 5, 20, 37, 39, 84, 152.

Poliétileno de Alta Densidade – 5, 10, 18, 19, 34, 36, 91, 95, 96, 97, 98, 100, 101, 102, 108,
111, 112, 114, 125, 192, 194.

Poliétileno de Média Densidade – 5, 36, 39.

Polipropileno – 5, 11, 19, 21, 22, 37, 38, 40, 59, 108, 109, 110, 111, 125, 170, 172, 173, 174,
176, 177, 184, 185, 186.

PROKASRO – 118, 155.

Q

QUICK-LOCK – 110, 184.

R

Ramais de ligação – 23, 31, 33, 204.

Reabilitação – 1, 2, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 37, 39, 40,
41, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 63, 64, 68, 70, 74, 75, 76, 78, 79, 84,
91, 92, 96, 101, 114, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 126, 127, 128,
129, 130, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 140, 141, 142, 143, 144, 145, 146,
147, 150, 151, 152, 156, 167, 168, 169, 170, 176, 183, 191, 192, 193, 195,
197, 198, 199, 200, 202, 204, II.

Reabilitação ambiental – 8, 51.

Reabilitação estrutural – 8, 28, 45, 50, 147.

Reabilitação hidráulica – 8, 45, 50, 51.

Rebentamento dinâmico – 22, 105, 176, 186, 189.

Rebentamento estático – 105, 186.

Recomendações – 14, 28, 29, 197, 199.

Reconstrução – 63, 74, 167.

Rede de colectores – 23, 30, 31, 32, 51.

Relatório final – 15, 167, XXX, XXXII, XXXIV.

Relatório inicial – 15, XXX, XXXI, XXXIII.

«*Relining*» - 3, 9, 10, 18, 19, 27, 46, 75, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 109, 112, 147, 169, 191, 192, 194.

Renovação – 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 25, 31, 45, 49, 50, 51, 52, 68, 69, 70, 71, 73, 74, 75, 78, 79, 82, 83, 84, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 120, 121, 122, 123, 140, 141, 144, 170, 174, 176, 186, 190, 191, 198, 199, 200, 202, 204

Reparação localizada – 17, 56, 202.

Reparação pontual – 56, 62, 63, 120.

Reparação – 8, 10, 13, 17, 24, 45, 50, 53, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 72, 76, 77, 79, 81, 89, 102, 109, 120, 121, 141, 143, 155, 165, 166, 167, 172, 185, 202, 204.

Resina – 4, 8, 9, 16, 17, 18, 38, 57, 61, 63, 64, 65, 66, 67, 70, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 80, 84, 85, 96, 110, 121, 125, 141, 143, 147, 153, 154, 166, II, IV, XI, XII, XVI, XIX, XX, XXIII.

Resistência estrutural – 10, 52, 97, 153.

Revestimento – 35, 38, 46, 50, 70, 166, VIII, XX.

RGSPDADAR (Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais) – 5, 194.

Robot fresador – 12, 20, 71, 79, 117, 118, 120, 121, 155, 202.

S

SAERTEX – 153, XXIV.

Sarjetas – 23, 32, 33.

Sifões invertidos – 23, 32, 33, 34.

Sistemas de drenagem de águas residuais – 5, 12, 16, 23, 24, 25, 26, 27, 32, 33, 34, 37, 38, 126, 138, 198, 200, 201, 204.

Sistemas de drenagem urbana – 7, 17, 27, 28, 30, 41, 49, 127, 197, 200, 203.

Sistemas mistos – 30, 31.

Sistemas pseudo-separativos – 30, 31, 33.

Sistemas separativos – 30, 31, 34, 41, 42.

Sistemas unitários - 23, 24, 30, 31, 33, 34, 41, 42, 44, 140, 203.

«*Sliplining*» - 2, 3, 9, 10, 12, 16, 19, 28, 41, 52, 90, 95, 102, 122, 125, 144, 145, 202.

Soldadura – 10, 36, 98, 99, 100, 101, 109, 113, 145, 183.

Substituição – 45, 46, 49, 50, 51, 124, 191, 199.

Sumidouros – 23, 32, 33.

T

Técnica(s) – 2, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 41, 45, 46, 52, 53, 56, 57, 68, 70, 76, 78, 79, 90, 91, 92, 94, 96, 103, 104, 107, 112, 115, 116, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 134, 136, 137, 138, 146, 150, 151, 152, 169, 170, 176, 178, 183, 191, 192, 195, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 205, II, III, IV, VII, VIII, XI, XII, XV, XVI, XIX, XXII, XXIII, XXV.

Transfega – 11, 19, 28, 64, 74, 109, 112, 113, 151, 168, 173, 185.

Tubagens e acessórios de materiais cerâmicos – 35.

Tubagens e acessórios de materiais cimentícios - 35

Tubagens e acessórios de materiais metálicos – 37.

Tubagens e acessórios de materiais plásticos – 36.

Tubos de polietileno convencionais – 10, 11, 52, 69, 89, 95, 103, 122, 123, 125, 202.

Tubos modulares – 2, 10, 11, 18, 19, 21, 22, 29, 41, 90, 92, 93, 94, 104, 105, 106, 109, 122, 123, 125, 170, 172, 178, 183, 185, 187, 191, 197, XXV.

Túneis – 23, 32, 34, 147.

U

«UV train» - 10, 13, 18, 21, 22, 88, 89, 162, 163, 164, 165, 166, 196.

Ultravioleta – 2, 5, 9, 10, 13, 14, 18, 20, 21, 29, 39, 41, 52, 68, 78, 79, 81, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 121, 125, 152, 153, 154, 158, 159, 162, 163, 164, 164, 166, 169, 196, 202, XVI, XXIII.

V

Vantagens – 8, 9, 10, 11, 16, 26, 27, 28, 38, 39, 40, 52, 58, 70, 71, 79, 80, 84, 92, 105, 109, 110, 119, 120, 121, 122, 123, 125, 134, 176, 183, 191, 197.

A

ASCE – 42, 43, 44, 200, 202.

Ashley, M. e Verbanck, M – 44, 200.

B

Barber, D. – 43, 200.

C

Caldas, M. – 32, 200.

Caldas, M.; Matos, J.S. - 200

Camacho, Paulo Celso Góis – 20, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 135, 200.

Cardoso, M. – 30, 200

Cardoso, M.A., Camacho, P., Matos, M.R. – 200.

Cardoso, M.A.; Coelho, S.T.; Matos, J.S.; Matos, R.S. – 17, 47, 201.

Cordeiro, Francisco Salema Reis Ataíde – 51, 201.

CSIRO – 16, 41, 201.

D

Deuller, J., Reyna, S., Vanegas, J. – 201.

F

Field, R. – 51, 201.

G

Gonçalves, L.; Monteiro, A. – 16, 38, 39, 40, 201.

Grilo, Tomás Velez – 202.

L

LeGauffre, P., Joannis, C., Gibello, C., Breyse, D., Demulliez, J., Wolff, M. – 41, 202.

M

Macaitis, W. – 50, 202.

Marsalek, J. – 44, 202.

Matos, J. – 23, 203.

Matos, J.; Frazão, A. - 203

Matos, M., Cardoso, M., Pinheiro, I., Almeida, M. – 129, 203.

Matos, M.R. – 17, 47, 48, 203.

Matos, R. – 203.

Matos, R.M. – 203.

Matos, Rafaela de Saldanha – 126, 203.

R

Read, G. e Vickridge, I. – 17, 49, 204.

P

PFEIFFER MANVIA – 1, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 53, 54, 55, 56, 59, 60, 61, 63, 65, 66, 67, 68,
69, 72, 73, 79, 80, 81, 83, 86, 87, 88, 90, 91, 93, 94, 95, 100, 101, 102,
103, 104, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118,
137, 146, 152, 174, 175, 178, 186, 202, 204.

S

Sægrov, Sveinung -204.

Sousa, E. – 204.

Stein, D. – 204.

W

WRc – 204.

ANEXOS

ANEXO 1

Características Técnicas dos Materiais utilizados nas Técnicas de Reabilitação de Colectores: Encamisamento Pontual; Encamisamento Contínuo com Manga de Fibras de Feltro e de UV; Entubamento Simples e Entubamento com Rebentamento

TÉCNICA: ENCAMISAMENTO PONTUAL
MATERIAL: RESINA

Quadro A1.1 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA RESINA UTILIZADA NO ENCAMISAMENTO PONTUAL - Informações técnicas

Características	Unidade	Valor	Observações
Relação de mistura	p.b.v	1:2	componente A: componente B
Densidade	kg/l	aproximadamente 1.50 aproximadamente 1.16 aproximadamente 1.27	componente A componente B mistura
Condições de aplicação	°C	+10 a +30 +15 a +15	temperatura do ar e do substrato temperatura do material
Viscosidade	mPa.s	aproximadamente 480 ± 80 aproximadamente 533 ± 107	componente A componente B
Tempo limite de trabalhabilidade (<i>pot life</i>) (mistura de 200 g)	minutos	≥40 aproximadamente 33	+10°C +20°C para material e temperatura ambiente
Tempo de cura mínimo da fibras de vidro ECR impregnada (3 milímetros) antes que a pressão de posicionamento possa ser removida	minutos	aproximadamente 240 aproximadamente 121	+10°C +20°C para material e temperatura ambiente
Resistência à Compressão	MPa	aproximadamente 40	DIN EN ISO 604
Resistência à Tracção	MPa	aproximadamente 13	DIN EN ISO 527
Pode levar químicos e carga mecânica após:	dias	aproximadamente 7	

Características do Produto	
Cor	bege
Forma de entrega	2 embalagens 30 kg
Líquido de limpeza do equipamento	MC - Líquido de limpeza U
Armazenamento	Se forem bem selados, as embalagens originais podem ser armazenadas no mínimo de 6 meses em temperaturas entre os +5 °C e +20 °C em ambiente seco. As mesmas exigências aplicam-se ao transporte.
Eliminação da embalagem	Certificar que a embalagem está completamente vazia. Referir na folha de informação da embalagem sobre como eliminar e transportar a embalagem completamente.



Konudur 250 OM-PL (Sommerharz)

Organic-mineral resin for rehabilitation
with short liners

Product Properties

- Low-viscosity, two-component organic-mineral resin
- Short form work times
- Good adhesion to concrete, brick and ceramics
- Can be applied to dry and moist mineral substrates

Areas of Application

- Impregnation and fulling of ECR glass fibre for rehabilitation of short liners
- No-dig rehabilitation of defective sewer pipes and ducts
- Rehabilitation methods for underground sewer pipes and ducts
- REACh-assessed exposure scenarios: periodical inhalation, application

Application Advice

Substrate Preparation

See the data sheet "General Application Advice for Shortliner Systems".

Mixing

See the data sheet "General Application Advice for Shortliner Systems". The organic-mineral resin Konudur 250 OM-PL Sommerharz is made up of a primary component (component A) and a hardener component (component B). The two components must be carefully mixed to a uniform consistency using a slow-running mechanical stirrer or a suitable static mixer. Mixing by hand and the mixing of partial quantities is not allowed.

Mixing ratio

See the "Technical Data" table. The primary and hardener components are supplied in packs containing proportionate amounts. Mixing time should be three minutes.

Application

See the data sheet "General Application Advice for Shortliner Systems".

Curing/release

See the data sheet "General Application Advice for Shortliner Systems". For curing/release, see the data in the "Technical Data" table.

General Information

The stated times are shortened by high temperatures and increased by low temperatures. A 10 K temperature change doubles or halves the stated times. See also the data sheet "General instructions for short liner systems".

Safety Advice

Observe the hazard notices and safety advice on the labels and safety data sheets. For further safety guidance see our information sheet "Safety measures when using coating mortar and reaction-cured plastics".

GISCODE: PU40




Technical Data of Konudur 250 OM-PL (Sommerharz)

Characteristic	Unit	Value*	Comments
Mixing ratio	p.b.v.	1:2	component A : component B
Specific gravity	kg/l	approx. 1.50 approx. 1.16 approx. 1.27	component A component B mixture
Application conditions	°C	+10 to +30 +15 to +15	air and substrate temperature material temperature
Viscosity	mPa-s	approx. 480 ± 80 approx. 533 ± 107	component A component B
Pot life (200 g mix)	minutes	≥ 40 approx. 33	at +10 °C at +20 °C material and ambient temperature
Minimum curing time of the impregnated ECR glass fibre (3 mm) before the positioning pressure can be removed**	minutes	approx. 240 approx. 121	at +10 °C at +20 °C material and ambient temperature
Compressive strength***	MPa	approx. 40	DIN EN ISO 604
Tensile strength***	MPa	approx. 13	DIN EN ISO 527
Can take full chemical and mechanical load after:	days	approx. 7	

Product Characteristics of Konudur 250 OM-PL (Sommerharz)

Colour	beige
Form of Delivery	30 kg twin-packs
Equipment Cleaner	MC-Cleaner U
Storage	If tightly sealed, the original packs can be stored for at least 6 months at temperatures between +5 °C and +25 °C in dry conditions. The same requirements apply to transport.
Pack disposal	Make sure the pack is completely empty. Refer to our information sheet on the packaging order "The MC disposal concept for completely empty transport and sales packaging". We would be pleased to send you this on request.

* Unless otherwise stated, all technical data were determined at +23 °C and 50 % relative air humidity.

** With no groundwater pressure or temperature effects

*** Values for pure resin

Note: The information on this data sheet is based on our experiences and correct to the best of our knowledge. It is, however, not binding. It has to be adjusted to the individual structure, application purpose and especially to local conditions. Our data refers to the accepted engineering rules, which have to be observed during application. This provided we are liable for the correctness of this data within the scope of our terms and conditions of sale-delivery-and-service. Recommendations of our employees which differ from the data contained in our information sheets are only binding if given in written form. The accepted engineering rules must be observed at all times.

Edition 02/10. Some technical changes have been made to this print medium. Older editions are invalid and may not be used anymore. If a technically revised new edition is issued, this edition becomes invalid.

②

MC-Bauchemie • Am Kruppwald 1-8 • 46238 Bottrop • Tel. +49 (0) 2041-101 140 • Fax: +49 (0) 2041-101 188
ombran@mc-bauchemie.de • www.mc-bauchemie.com

TÉCNICA: ENCAMISAMENTO PONTUAL
MATERIAL: MANGA

**Quadro A.1.2 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA MANGA UTILIZADA NO
ENCAMISAMENTO PONTUAL - Informações técnicas**

Características	Unidade	Valor*	Observações
Peso do revestimento por unidade de área (+ 5 %)	g /m ²	aproximadamente 1.050 aproximadamente 600 aproximadamente 450	Complexo de fibras de vidro fibras é de matéria têxtil
Largura do rolo (± 5 %)	mm	aproximadamente 1250	

Características do Produto	
Cor	Transparente - branco
Forma de entrega	Em rolo aproximadamente com 50 kg
Armazenamento	Pode ser armazenada em condições secas e livres de poeiras pelo menos um ano.



Konudur LM-Gewebe 1050

Advantex glass fibre complex for
shortliner repair

Product Properties

- Good impregnation properties
- Easy handling
- High strengths
- Advantex complex made of glass fibre felts and glass fibre mix-up felts

Areas of Application

- ECR-glass fibre complex for shortliner repair
- No-dig rehabilitation of defective sewer pipes and ducts
- Rehabilitation methods for underground sewer pipes and ducts

Application

Cutting to Size

Cutting to size must be carried out protected from weather exposures. Manual or electric scissors are suitable cutting tools.

Impregnation

See the data sheet "General Instructions for Shortliner Systems".

Curing / Release

See the data sheet "General Instructions for Shortliner Systems".

For curing/release, see the data in the "Technical Data" table.

General Information

See the data sheet „ General Instructions for Shortliner Systems."

Safety Advice

Observe the hazard notices and safety advice on the labels and safety data sheets. For further safety guidance see our information sheet "Safety measures when using coating mortar and reaction-cured plastics".




Technical Data of Konudur LM-Gewebe 1050

Characteristic	Unit	Value*	Comments
Coating weight per unit area (+ 5 %)	g/m ²	approx. 1,050 approx. 600 approx. 450	Advantex glass fibre complex textile fibre mix-up felt
Roll width (± 5 %)	mm	approx. 1250	

Product Characteristics for Konudur LM-Gewebe 1050

Colour	Transparent-white
Form of Delivery	Roll à approx. 50 kg
Storage	Can be stored in dry and dust-free conditions for at least one year.

Note: The information on this data sheet is based on our experiences and correct to the best of our knowledge. It is, however, not binding. It has to be adjusted to the individual structure, application purpose and especially to local conditions. Our data refers to the accepted engineering rules, which have to be observed during application. This provided we are liable for the correctness of this data within the scope of our terms and conditions of sale-delivery-and-service. Recommendations of our employees which differ from the data contained in our information sheets are only binding if given in written form. The accepted engineering rules must be observed at all times.

Edition 10/09. Some technical changes have been made to this print medium. Older editions are invalid and may not be used anymore. If a technically revised new edition is issued, this edition becomes invalid.

②

MC-Bauchemie • Am Kruppwald 1-8 • 46238 Bottrop • Tel. +49 (0) 2041-101 140 • Fax: +49 (0) 2041-101 188
ombran@mc-bauchemie.de • www.mc-bauchemie.com

TÉCNICA: ENCAMISAMENTO CONTÍNUO COM MANGA DE FIBRAS
DE FELTRO
MATERIAL: RESINA

**Quadro A.1.3 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA RESINA UTILIZADA NO ENCAMISAMENTO
CONTÍNUO COM MANGA DE FIBRAS DE FELTRO - Informações técnicas**

Características	Unidade	Valor	Observações
Relação de mistura	p.b.w.	3:1	componente A: componente B
Densidade	kg/l	aproximadamente 1.15 aproximadamente 0.96 aproximadamente 1.13	componente A componente B mistura
Condições de aplicação	°C	+10 a +30 +15 a +20	temperatura do ar e do substrato temperatura do material
Viscosidade	mPa.s	aproximadamente 3.000 aproximadamente 265	componente A componente B
Tempo de mistura para uma amostra de 10 kg	minutos	aproximadamente 15	+15 °C para o material e para temperatura ambiente
Tempo de mistura das fibras de feltro de poliéster impregnadas, colocadas longitudinalmente (3 mm)	minutos	aproximadamente 50	+15 °C para o material e para temperatura ambiente
Tempo de cura mínimo das fibras de feltro de poliéster impregnadas, colocadas longitudinalmente (3 mm) antes do posicionamento da pressão poder ser removido	horas	aproximadamente 13 aproximadamente 2	+10 °C para temperatura ambiente +50 °C para temperatura de aquecimento
Módulo da Elasticidade	N/mm ²	aproximadamente 2.500	DIN EN ISO 178
Flexão à Tracção	N/mm ²	aproximadamente 91	DIN EN ISO 178
Tensão de Compressão	N/mm ²	aproximadamente 67	DIN EN ISO 604
Resistência à Tracção	N/mm ²	aproximadamente 61	DIN EN ISO 527
Pode levar químicos e carga mecânica após:	dias	aproximadamente 7	

Características do Produto	
Cor	amarelo
Forma de entrega	embalagens de 10 kg / 2 embalagens 30 kg / 200 kg em bobines
Líquido de limpeza do equipamento	MC-Líquido de limpeza U
Armazenamento	Se forem bem selados, as embalagens originais podem ser armazenadas no mínimo um ano em temperaturas entre os +5 °C e +20 °C em ambiente seco. As mesmas exigências aplicam-se ao transporte.
Eliminação da embalagem	Certificar que a embalagem está completamente vazia. Referir na folha de informação da embalagem sobre como eliminar e transportar a embalagem completamente.



Konudur 160 PL

Epoxy resin for CIPP liner systems

Product Properties

- Low-viscosity, two-component epoxy resin
- Yellow pigmentation
- Long application time
- High strengths with cold and warm curing
- Shorting curing times can be obtained by curing with heat
- Good adhesion to concrete, brick and ceramics
- Can be applied to dry and moist mineral or metallic substrates

Areas of Application

- Impregnation and fulling of polyester needle felt tubes for CIPP liner systems
- No-dig rehabilitation of defective sewer pipes and ducts
- Rehabilitation methods for underground sewer pipes and ducts
- REACh-assessed exposure scenarios: long-term water-contact, periodical inhalation, application

Application

Substrate Preparation

See the data sheet "General Application Advice for CIPP Liner Systems".

Mixing

See the data sheet "General Application Advice for CIPP Liner Systems". Konudur 160 PL epoxy resin is made up of a base (component A) and a hardener (component B). The two components must be carefully mixed to a uniform consistency using a slow-running mechanical stirrer or a suitable static mixer. Mixing by hand and the mixing of partial quantities is not allowed.

Mixing ratio

See the "Technical Data" table. The primary and hardener components are supplied in packs containing proportionate amounts. Where the components are supplied in drums, the settings on the mixing plant must ensure the correct mixing ratio.

Application

See the data sheet "General Application Advice for CIPP Liner Systems".

Curing/release

See the data sheet "General Application Advice for Tubular Liner Systems". For curing/release, see the data in the "Technical Data" table.

General Information

The stated times are shortened by high temperatures and increased by low temperatures. A 10 K temperature change doubles or halves the stated times. See also the data sheet "General Application Advice for CIPP Liner Systems".

Safety Advice

Observe the hazard notices and safety advice on the labels and safety data sheets. For further safety guidance see our information sheet "Safety measures when using coating mortar and reaction-cured plastics".

GISCODE: RE1



MC-Bauchemie • Am Kruppwald 1-8 • 46238 Bottrop • Tel. +49 (0) 2041-101 140 • Fax: +49 (0) 2041-101 188
ombran@mc-bauchemie.de • www.mc-bauchemie.com



Technical Properties for Konudur 160 PL

Characteristic	Unit	Value*	Comments
Mixing ratio	p.b.w.	3:1	component A :component B
Specific gravity	kg/l	approx. 1.15 approx. 0.96 approx. 1.13	component A component B mixture
Application conditions	°C	+10 to +30 +15 to +20	air and substrate temperature material temperature
Viscosity	mPa·s	approx. 3,000 approx. 265	component A component B
Processing time for a 10 kg pack	minutes	approx. 15	at +15 °C material and ambient temperature
Processing time of the impregnated polyester needle felt, laid out lengthwise (3 mm)	minutes	approx. 50	at +15 °C material and ambient temperature
Minimum curing time of the impregnated polyester needle felt (3 mm) before the positioning pressure can be removed ***	hours	approx. 13 approx. 2	at +10 °C ambient temperature at +50 °C heating temperature
E-Module****	N/mm ²	approx. 2,500	DIN EN ISO 178
Bending tensile strength****	N/mm ²	approx. 91	DIN EN ISO 178
Compressive strength****	N/mm ²	approx. 67	DIN EN ISO 604
Tensile strength****	N/mm ²	approx. 61	DIN EN ISO 527
Can take full chemical and mechanical load after	days	approx. 7	

Product Characteristics for Konudur 160 PL

Colour	yellow
Form of delivery	10 kg combi packs / 30 kg twin-packs / 200 kg drums
Equipment cleaner	MC-Cleaner U
Storage	If tightly sealed, the original packs can be stored for at least one year at temperatures between +5 °C and +20 °C in dry conditions. The same requirements apply to transport.
Pack disposal	Make sure the pack is completely empty. Refer to our information sheet on the packaging order "The MC disposal concept for completely empty transport and sales packaging". We would be pleased to send you this on request.

* Unless otherwise stated, all technical data were determined at +23 °C und 50 % relative air humidity.

*** with no groundwater pressure or temperature effects

**** Values for pure resin

Note: The information on this data sheet is based on our experiences and correct to the best of our knowledge. It is, however, not binding. It has to be adjusted to the individual structure, application purpose and especially to local conditions. Our data refers to the accepted engineering rules, which have to be observed during application. This provided we are liable for the correctness of this data within the scope of our terms and conditions of sale-delivery-and-service. Recommendations of our employees which differ from the data contained in our information sheets are only binding if given in written form. The accepted engineering rules must be observed at all times.

Edition 08/10. Some technical changes have been made to this print medium. Older editions are invalid and may not be used anymore. If a technically revised new edition is issued, this edition becomes invalid.

②

MC-Bauchemie • Am Kruppwald 1-8 • 46238 Bottrop • Tel. +49 (0) 2041-101 140 • Fax: +49 (0) 2041-101 188
ombran@mc-bauchemie.de • www.mc-bauchemie.com

TÉCNICA: ENCAMISAMENTO CONTÍNUO COM MANGA DE FIBRAS
DE FELTRO
MATERIAL: MANGA

**Quadro A.1.4 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA MANGA DE FIBRAS DE FELTRO
UTILIZADA NO ENCAMISAMENTO CONTÍNUO - Informações técnicas**

Características	Unidade	Valor	Observações
Peso da manga por unidade de área	g / m ²	aproximadamente 670 aproximadamente 500	fibras de feltro com poliéster laminada
Espessura da manga	mm	aproximadamente 0.4	± 10% da tolerância
Resistência à Tracção (amostras de 50 mm)	N	aproximadamente 1,000	fibras de feltro com poliéster alongada (3 mm) fibras de feltro de poliéster pressionada de (3 mm)
Ruptura (Alongamento)	%	aproximadamente 80	fibras de feltro com poliéster alongada (3 mm) fibras de feltro com poliéster pressionada (3 mm)
Flexibilidade da manga	%	aproximadamente 30	do diâmetro nominal
Temperatura	° C	+ 90 + 90	temperatura máxima de aquecimento temperatura máxima durante a aplicação
Pressão de vácuo	bar	0.2 0.5	mínimo máximo
Diâmetro nominal (disponível)	DN [mm]	100 800	mínimo máximo
Espessura da manga (disponível)	mm	3 15	mínimo máximo
Diâmetro nominal subdimensionado	%	8 até 10	incluindo a laminação
Impregnação com resina	l/m ² /mm	aproximadamente 0.90	

Características do Produto	
Cor	branco
Forma de entrega	Tabela disponível quando solicitada
Armazenamento	As mangas de fibras de feltro com poliéster podem ser armazenadas no mínimo um ano em temperaturas entre os +5 °C e +25 °C em ambiente seco, livres de poeiras e dos raios ultravioletas. As mesmas exigências aplicam-se ao transporte.
Eliminação da embalagem	Certificar que a embalagem está completamente vazia. Referir na folha de informação da embalagem sobre como eliminar e transportar a embalagem.



Konudur HL-Schlauch PU

Polyester needle felt hose for rehabilitation of CIPP liners

Product Properties

- Polyester needle felt hose with polyurethane foil lamination
- Easy impregnation of polyester needle felt
- Good handling
- Good resistance against high temperatures with warm curing

Areas of Application

- Polyester needle felt hose for CIPP liner systems, suitable for eversion and inversion techniques
- No-dig rehabilitation of defective sewer pipes and ducts
- Rehabilitation methods for underground sewer pipes and ducts

Application Advice

Customization

Customization (cutting to required length) must be carried out while protected from weathering. When required length of polyester needle felt is determined, its necessary to add pieces for beginning and end of liner, vacuum, filling port of resin and samples to actual length needed for rehabilitation.

Vacuum

See the data sheet "General Instruction for CIPP Liner Systems" and the "Technical Data" table.

Impregnation

See the data sheet "General Instructions for CIPP Liner Systems". The specific coverage of resin for the polyester needle felt is listed in the "Technical Data" table and must be seen as a guideline only

for the approx. calculation. Demand for resin of the polyester needle felt can differ (e.g. special project conditions) and must be adapted till the felt is completely impregnated.

Application

See the data sheet "General Instruction for CIPP Liner Systems". Polyester needle felt hose is installed by eversion or inversion technique. Point out explanation and data given in the application handbook "Konudur Homeliner".

Safety Advice

Observe the hazard notices and safety advice on the labels and safety datasheets. For further safety guidance see our information sheet "Safety measures when using reaction-cured plastics".




Technical Data of Konudur HL-Schlauch PU

Characteristic	Unit	Value*	Comments
Coating weight per unit area (polyester needle felt 3 mm)	g/m ²	approx. 670 approx. 500	polyester needle felt lamination
Thickness PU-lamination	mm	approx. 0.4	tolerance ± 10 %
Tensile strength (50 mm strips)	N	approx. 1,000	polyester needle felt along (3 mm) polyester needle felt across (3 mm)
Elongation at break	%	approx. 80	polyester needle felt along (3 mm) polyester needle felt across (3 mm)
Liner flexibility	%	approx. 30	of the nominal diameter, incl. foil
Temperature of use	° C	+ 90 + 90	max. heating temperature max. temperature during use
Vacuum pressure	bar	0.2 0.5	min. max.
Nominal diameter (available)	DN [mm]	100 800	min. max.
Wall thickness (available)	mm	3 15	min. max.
Undersize of the nominal diameter	%	8 to 10	incl. lamination
Resin coverage*	l/m ² /mm	approx. 0.90	

Product Characteristics for Konudur HL-Schlauch PU

Colour	white
Form of Delivery	Delivery table available on request
Storage	Polyester needle felt hoses can be stored for at least one year at temperatures between + 5 °C and + 25 °C in dry conditions, free of dust and UV-light. The same requirements apply to transport.
Pack Disposal	Make sure the pack is completely empty. Refer to our information sheet on the packaging order „The MC disposal concept for completely empty transport and sales packaging“. We would be pleased to send you this on request.

* Unless otherwise stated, all technical data were determined at + 23 °C and 50 % rel. air humidity.

** Quantities used depend on the object and on the roughness of the substrate as well as on the storage and working temperatures and the temperature of the substrate. We recommend carrying out experiments beforehand to determine object-specific quantities.

Note: The information on this data sheet is based on our experiences and correct to the best of our knowledge. It is, however, not binding. It has to be adjusted to the individual structure, application purpose and especially to local conditions. Our data refers to the accepted engineering rules, which have to be observed during application. This provided we are liable for the correctness of this data within the scope of our terms and conditions of sale-delivery-and-service. Recommendations of our employees which differ from the data contained in our information sheets are only binding if given in written form. The accepted engineering rules must be observed at all times.

Edition 10/09. Some technical changes have been made to this print medium. Older editions are invalid and may not be used anymore. If a technically revised new edition is issued, this edition becomes invalid.

②

MC-Bauchemie • Am Kruppwald 1-8 • 46238 Bottrop • Tel. +49 (0) 2041-101 140 • Fax: +49 (0) 2041-101 188
ombran@mc-bauchemie.de • www.mc-bauchemie.de

TÉCNICA: ENCAMISAMENTO CONTÍNUO COM MANGA
DE FIBRAS DE VIDRO

MATERIAL: RESINA

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA RESINA UTILIZADA NO ENCAMISAMENTO CONTÍNUO COM MANGA DE FIBRAS DE VIDRO

Resinas de poliéster não saturadas

<u>Aparência:</u>	cor amarela clara	
<u>Propriedades Principais:</u>	resina de poliéster não saturada puramente à base de ácido isoftálico e neopreno de glicose	
<u>Tipo de Processamento:</u>	Manual Injecção de fibras	
<u>Principal Aplicação:</u>	Gel de revestimento	
<u>Propriedades da resina pura:</u>	Densidade aos 20 °C:	1.12 g/cm ³
	Viscosidade aos 25 °C:	3 dPa.a
	Teor de Sólidos:	58%
	Reactividade aos 25 ° C:	
	- método:	R71 1.2% MEKP 50 0.15 % Co 6%
	- T ₁ :	12 min
	- T ₂ :	22 min
	- T _{max} :	195 °C
<u>Propriedades quando curada</u> <u>(valores médios)</u>	Densidade aos 20 °C:	1.20 g / cm ³
	Propriedades mecânicas:	
	ISO 527:	
	- Resistência à tracção:	70 MPA
	- Alongamento (ruptura):	3.1%
	ISO 178:	
	- Resistência à tracção	116 MPA
	- módulo de elasticidade:	
	Estabilidade dimensional ao calor:	94 °C
	HDT ISO 75-2 A:	7.7%
	Volume reduzido:	

Parâmetros de armazenamento: Tem de ser armazenada em recipientes fechados abaixo dos 25° C, não pode ser exposta directamente ao sol.



Daimlerstraße 8-10
D-75392 Deckenpfronn
Tel.: +49(0)70 56-9274-60
Fax: +49(0)70 56-9274-74

eMail: info@impreg.de
Internet: www.impreg.de

Technical Data Sheet iMPREG® Liner

Unsaturated Polyester Resins

<u>Appearance:</u>	- Clear yellow colour
<u>Main Properties:</u>	Unsaturated polyester resin, purely based on isophthalic acid / neopentyl glycole
<u>Processing type :</u>	- Manual - Fiber injection
<u>Main application:</u>	- Gel coat
<u>Properties of the pure resin</u>	Density at 20 °C: 1.12 g/cm ³ Viscosity at 25°C: 3 dPa.s Solids content: 58 % Reactivity at 25°C - method: R71 1.2% MEKP 50 0.15% Co 6% - T ₁ : 12 min - T ₂ : 22 min - T _{max} : 195 °C
<u>Properties when cured (mean values)</u>	Density at 20° C: 1.20 g/cm ³ Mechanical properties ISO 527: - Tensile strength: 70MPa - Elongation at break: 3.1 % ISO 178: - Flexural tensile strenght: 116Mpa - e-modulus: 3500 MPa Dimensional stability under heat: 94 °C HDT ISO 75-2 A: 7.7% Volume shrinkage:
<u>Storage parameters:</u>	To be stored in closed containers below 25° C, not to be exposed to direct sun.

Notes: This product information is based on our latest state of knowledge and no liability is accepted. It shall serve as guidelines when using our products and must not be regarded as specification limits. Possible existing industrial property rights must not be disregarded.

TÉCNICA: ENCAMISAMENTO CONTÍNUO COM MANGA DE FIBRAS
DE VIDRO
MATERIAL: MANGA

Quadro A.1.5 - CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA MANGA DE FIBRAS DE VIDRO UTILIZADA NO ENCAMISAMENTO CONTÍNUO - Informações técnicas

Características	Unidade	Valor	Observações
MANGA S - LINER			
Diâmetro Nominal (disponível)	DN [mm]	150	mínimo
		1200	máximo
Espessura da manga	mm	4	mínimo
		12	máximo
Módulo de elasticidade a curto prazo	N / mm ²	12,000	
Tensão de Flexão	N / mm ²	250	
Factor de Redução		1.35	
MANGA M - LINER			
Diâmetro Nominal (disponível)	DN [mm]	100	mínimo
		400	máximo
Espessura da manga	mm	3	mínimo
		4	máximo
Módulo de elasticidade a curto prazo	N / mm ²	7,000	
Tensão de flexão	N / mm ²	200	
Factor de Redução		1,8	

Características do Produto	
Cor	branco
Comprimento da manga	até 500 m
Cura	é feita por vapor ou por ultravioletas
Impregnação	resina de poliéster, éster – redes de colectores de águas residuais e pluviais
	resina de vinil – redes de colectores de águas residuais industriais
Forma de entrega	aprovisionadas em caixas de madeira em contentor frigorífico com temperatura controlada entre os 10 °C e os 18 °C
Armazenamento	tem de ser armazenada em recipientes fechados à temperatura ambiente , não pode ser exposta directamente à radiação solar.



FIRST CLASS MATERIAL PROPERTIES

SAERTEX multiCom offers the tried and trusted standard product for sewer renovation, the S-Liner. With its excellent short-term modulus of elasticity of 12,000 N/mm² and a reduction factor of only 1.35, the S-Liner is the strongest liner on the world markets.

The great stability under load and longevity of the SAERTEX-LINER[®] are based on its outstanding mechanical characteristics. The bending modulus of elasticity and flexural strength are very important in this connection.

We have developed the M-Liner in wall thicknesses of 3 mm and 4 mm for an economical, low-cost but high quality renovation for smaller dimensions up to DN 400.

Both liners are made exclusively of glass, which is permanently resistant to chemicals and corrosion. They are impregnated in the works with polyester resin for the municipal sector or vinyl ester resin for industry. Curing is possible either by steam or UV light.

Technical data

S-Liner:

- Dimensions: DN 150 - DN 1200
- Wall thicknesses: 4 mm - 12 mm

M-Liner:

- Dimensions: DN 100 - DN 400
- Wall thicknesses: 3 mm and 4 mm

Liner lengths up to 500 m

All cross-sections (circular, oval, egg-shaped, mouth-shaped profiles or box sections)

Easy renovation of pipes with bends up to 30°

Material characteristics:

S-Liner

Short-term modulus of elasticity: 12,000 N/mm²
 Short-term flexional strength: 250 N/mm²
 Diminution factor: 1.35

M-Liner

Short-term modulus of elasticity: 7,000 N/mm²
 Short-term flexional strength: 200 N/mm²
 Diminution factor: 1,8

TÉCNICAS: ENTUBAMENTO SIMPLES
ENTUBAMENTO COM REBENTAMENTO
MATERIAL: TUBOS MODULARES



Trenchless Renovation Techniques for highly demanding Applications

egeplast PP Modules



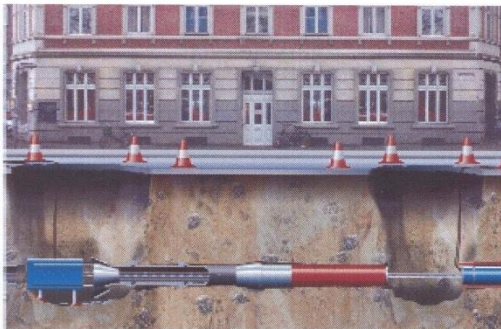
Tight in Pipe method (TIP)

In the Tight in Pipe method, the new pipeline comprising connected PP modules is pulled through the old sewer between manhole and manhole. The outer diameter of the PP module is only marginally smaller than the inside diameter of the old pipe so that the new pipe fits tightly against the inside surface of the old pipe wall. The special dimensions necessary for this method can be provided on request.



Pipe bursting (dynamic/static)

The old sewage pipe is destroyed and displaced into the surrounding soil. As a result, the old pipe channel is enlarged and in the same operation the new pipeline comprising connected PP modules of the same or larger diameter is pulled through. The interlocking system used to connect the PP pipe modules offers a high degree of safety in this method.



Push-pull method

In this method, the old sewer is destroyed by means of a bursting cone and pushed out of the soil into a pit. The new pipeline comprising connected egeplast PP pipe modules is pulled through in the same operation.



Directional drilling method

Trenchless pipe installation by the controlled directional drilling method permits accurate installation of sewage and domestic service lines with a gravitational fall.

Trenchless Renovation from Manhole to Manhole

egeplast PP Modules

Material

egeplast PP modules are made of PP-HM, a material ideally suited for trenchless renovation because of its very high elastic modulus (1700 N/mm²). The high toughness and surface hardness of this material are particularly important in trenchless renovation of pipelines. The smooth outer surface of egeplast PP modules minimises pipe friction. egeplast PP modules can be used over a temperature range from -10°C to +90°C.



egeplast PP Modules

Short-pipe modules

egeplast PP modules are brown (RAL 8004) on the outside and pale grey (RAL 7040) on the inside for easier inspection during sewer maintenance. The sealing system is specially designed for high dimensional stability. The 3-lip seal is certified under DIN 4060 and EN 681-1. Parameters such as allowable angular deflection at the joint are three times higher than the minimum values required by the standards. The joints are push-locked together with a click to ensure that the modules do not slip apart at the joint when pulled through the old pipe.

3-lip seal absolutely leaktight up to 3° angular deflection

(verified on DIN 19537 T2, chapter 4.4)



Pipe Series and Pressure Ratings – Overview

SDR	33			26			17.6			11 ¹		
PN	3.1*			4*			6*			10*		
DN	o.d.(mm)	i.d.(mm)	s (mm)	o.d.(mm)	i.d.(mm)	s (mm)	o.d.(mm)	i.d.(mm)	s (mm)	o.d.(mm)	i.d.(mm)	s (mm)
100	110	103.0	3.5	110	101.4	4.3	110	97.4	6.3	110	90.0	10.0
							125	110.8	7.1	125	102.2	11.4
125	125	117.2	3.9	125	115.2	4.9						
	140	131.2	4.4	140	129.2	5.4	140	124.0	8.0	140	114.6	12.7
150	160	150.0	5.0	160	147.6	6.2	160	141.8	9.1	160	130.8	14.6
							180	159.6	10.2	180	147.2	16.4
200	200	187.6	6.2	200	184.6	7.7	200	177.2	11.4	200	163.6	18.2
	225	211.0	7.0	225	207.6	8.7	225	199.4	12.8	225	184.0	20.5
250	250	234.4	7.8	250	230.8	9.6	250	221.6	14.2	250	204.6	22.7
	280	262.6	8.7	280	258.4	10.8	280	248.2	15.9	280	229.2	25.4
300	315	295.4	9.8	315	290.8	12.1	315	279.2	17.9	315	257.8	28.6
	355	333.2	10.9	355	327.6	13.7	355	314.8	20.1	355	290.6	32.2
400	450	422.0	14.0	450	415.2	17.4	450	399.0	25.5	450	368.2	40.9
500	560	525.2	17.4	560	516.8	21.6	560	496.6	31.7	560	458.4	50.8
600	630	590.8	19.6	630	581.4	24.3	630	558.6	35.7	630	515.6	57.2
700	710	665.8	22.1	710	655.2	27.4	710	629.6	40.2	710	581.0	64.5
800	800	750.2	24.9	800	738.4	30.8	800	709.4	45.3			
900	900	844.0	28.0	900	830.6	34.7	900	798.0	51.0			
1000	1000	937.8	31.1	1000	923.0	38.5	1000	886.8	56.7			
1200	1200	1125.4	37.3	1200	1107.6	46.2	1200	1064.0	68.0			

* Safety factor 1.6 - Material class PE 80
¹ = SDR 11 may be required on account of static loads
: Dimensions as per DIN 19537
: Dimensions as per DIN 8074

Accessories Range

A special range of accessories is designed for the egeplast PP module system. Service lines can be connected with tapping saddles. A wide range of bends and couplings to other materials is available. Special components such as tow heads and manhole connectors are also available on request.



egeplast

Werner Strumann
GmbH & Co. KG

Robert-Bosch-Straße 7
48268 Greven, Germany

fon: +49.2575.9710-0
fax: +49.2575.9710-110

info@egeplast.de
www.egeplast.de


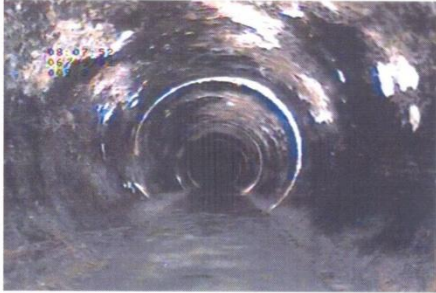
eps 3/04 UK

ANEXO 2

- Relatório Inicial e Final de Inspeção Vídeo por CCTV –
– Emissário da Cadaveira – Caso de Estudo 1
- Relatório Inicial e Final de Inspeção Vídeo por CCTV –
– Hospital de Cascais – Caso de Estudo 2

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VÍDEO POR CCTV - CIRCUITO FECHADO DE TELEVISÃO

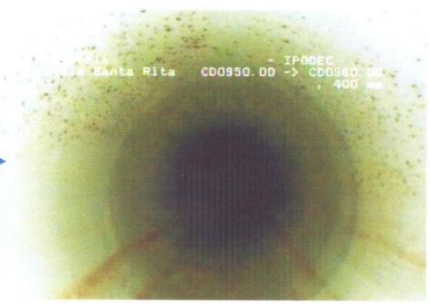
IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA OBRA			Relatório: INICIAL - Caso de Estudo 1
Localização:	<u>Emissário da Cadaveira</u>	Rua:	<u>NA</u>
Cliente:	<u>JODOFER Empreiteiros, SA</u>	Processo:	<u>CCTV JOD 01/06</u>
CARACTERIZAÇÃO DO TROÇO			
Tipo:	<u>Doméstico</u>	Elementos de Referência:	Início: <u>Caixa 270</u> Fim: <u>Caixa 280</u>
Diâmetro:	<u>DN400</u>	Comprimento Inspeccionado:	<u>42,50m</u>
Material:	<u>Betão</u>	Trabalhos Prévios:	<u>Limpeza prévia</u>
Condições Atmosféricas:	<u>Tempo seco</u>		

#	Registo	Descrição	Fotogramas
	0,00m	270 - Caixa Montante	
	15,60	Raizes	
	28,20	Juntas deficientes	
	42,50m	280 - Caixa Jusante	

Observações:

➔ Nota: a estrutura encontra-se com fissuras, tem revestimento normal e as juntas encontram-se deficientes problemas a solucionar: não estanquidade em juntas, remoção de raízes através do jacto de alta pressão.

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VÍDEO POR CCTV - CIRCUITO FECHADO DE TELEVISÃO

IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA OBRA		Relatório: FINAL - Caso de Estudo 1	
Localização:	<u>Emissário da Cadaveira</u>	Rua: <u>NA</u>	
Cliente:	<u>JODOFER Empreiteiros, SA</u>	Processo: <u>CCTV JOD 02/06</u>	
CARACTERIZAÇÃO DO TROÇO			
Tipo:	<u>Doméstico</u>	Elementos de Referência: <u>Caixa 270</u>	
Diâmetro:	<u>DN400</u>	Fim: <u>Caixa 280</u>	
Material:	<u>Fibra de Vidro</u>	Comprimento Inspeccionado: <u>42,50m</u>	
Condições Atmosféricas:	<u>Tempo seco</u>	Trabalhos Prévios: <u>NA</u>	
#	Registo	Descrição	Fotogramas
	0,00m	270 - Caixa Montante	
	15,60		
	28,20	Renovação por encamisamento contínuo com manga de fibras de vidro (cura por radiação ultravioleta)	
	42,50m	280 - Caixa Jusante	
Observações:			
<p>➡ Nota: Este relatório tem como objectivo confirmar a boa execução da reabilitação do colector DN400 mm por encamisamento estrutural com manga de fibra de vidro.</p>			

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VÍDEO POR CCTV - CIRCUITO FECHADO DE TELEVISÃO

IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA OBRA		Relatório: INICIAL - Caso de Estudo 2	
Localização:	Hospital de Cascais	Rua:	NA
Cliente:	JODOFER Empreiteiros, SA	Processo:	CCTV JOD 01/10
CARACTERIZAÇÃO DO TROÇO			
Tipo:	Drenagem Doméstica	Elementos de Referência:	Início: Caixa CD34 Fim: Caixa CD35
Diâmetro:	DN250	Comprimento Inspeccionado:	27,00m
Material:	PPc	Trabalhos Prévios:	Trasfega de caudal
Condições Atmosféricas:	Tempo seco		

#	Registo	Descrição	Fotogramas
	0,00m	● D 34 - Caixa Montante	
	1,20m	Tubagem com ovalização pronunciada	
	25,0m	Tubagem ovalizada	
	27,00m	● D 35 - Caixa Jusante	

Observações:

➔ Nota: colector de drenagem totalmente colapsado pelo efeito da compressão do aterro problemas a solucionar: diminuição à compressão diametral; ovalizações pronunciadas e zonas obturadas sem passagem de caudal

RELATÓRIO DE INSPECÇÃO VÍDEO POR CCTV - CIRCUITO FECHADO DE TELEVISÃO

IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO DA OBRA		Relatório: FINAL - Caso de Estudo 2	
Localização:	<u>Hospital de Cascais</u>	Rua:	<u>NA</u>
Cliente:	<u>JODOFER Empreiteiros, SA</u>	Processo:	<u>CCTV JOD 02/10</u>
CARACTERIZAÇÃO DO TROÇO			
Tipo:	<u>Drenagem Doméstica</u>	Elementos de Referência:	Início: <u>Caixa CD34</u> Fim: <u>Caixa CD35</u>
Diâmetro:	<u>DN225</u>	Comprimento Inspeccionado:	<u>27,00m</u>
Material:	<u>PPc modular</u>	Trabalhos Prévios:	<u>NA</u>
Condições Atmosféricas:	<u>Tempo seco</u>		

#	Registo	Descrição	Fotogramas
	0,00m	CD 34 - Caixa Montante	
	1,20m		
	25,0m		
	27,00m	CD 35 - Caixa Jusante	

Renovação por entubamento com rebentamento com a aplicação de tubos modulares

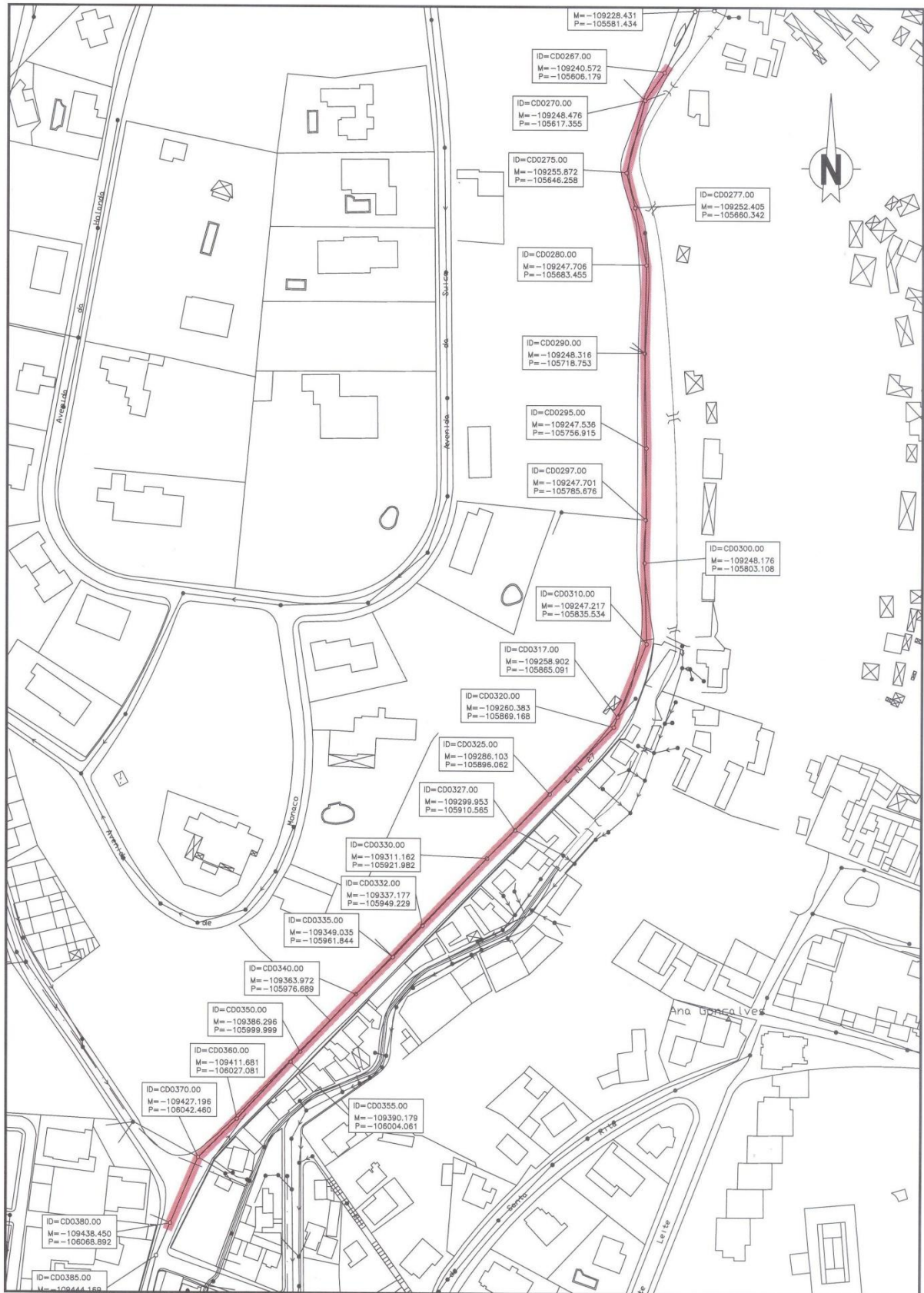
Observações:

➡ Nota: diâmetro exterior é de 225mm, diâmetro interior é de 199,4 mm, espessura da tubagem é de 12,8mm comprimento total de 0,70m e 0,62m são úteis
Este relatório tem como objectivo confirmar a boa execução da renovação do troço por entubamento com rebentamento

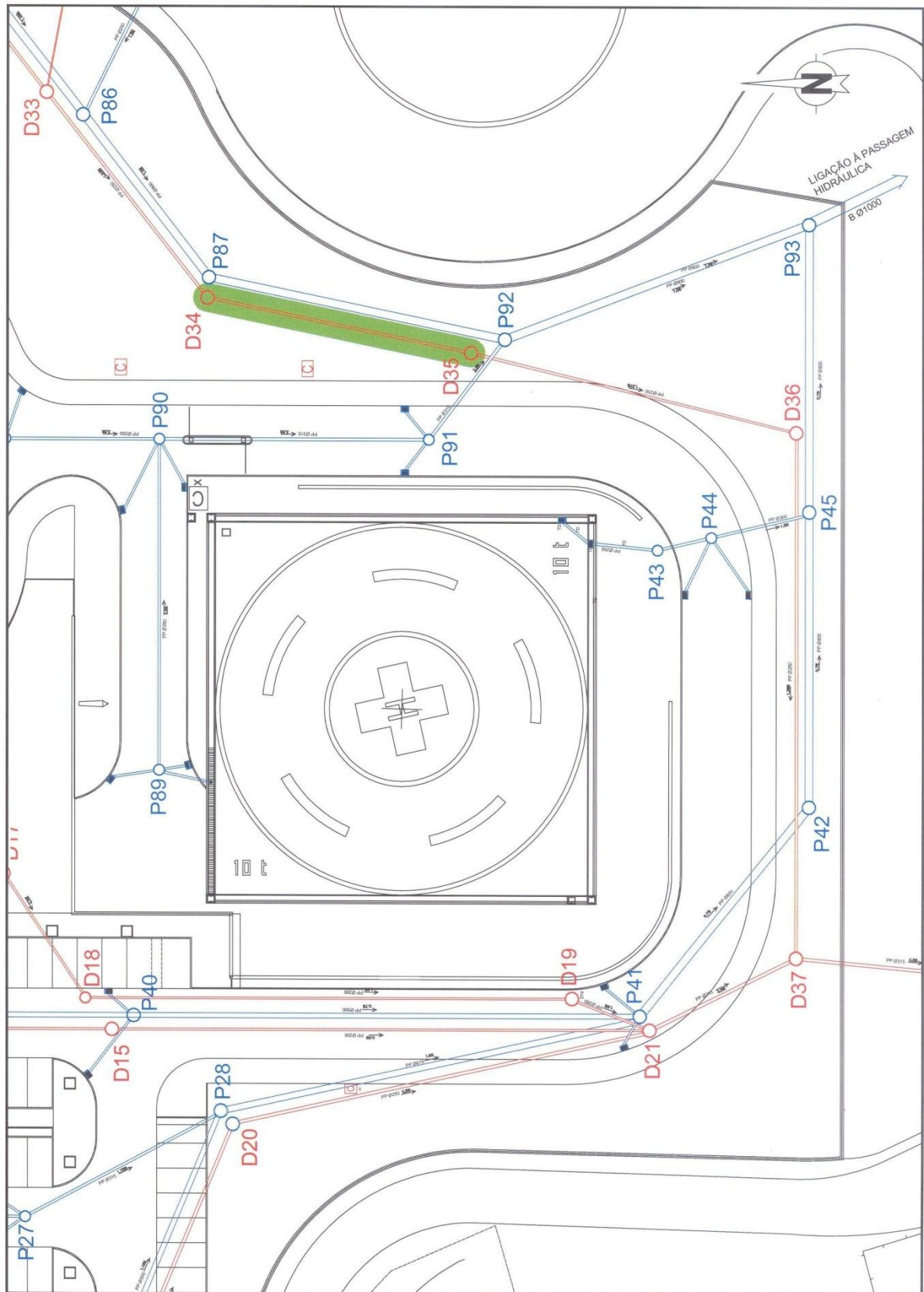
ANEXO 3

Planta do Emissário da Cadaveira (CD0267-CD380=530m) - Caso de Estudo 1;
Planta da Rede de Drenagem Doméstica do Hospital de Cascais (CD34-Cd35=27,00m)
– Caso de Estudo 2

CASO DE ESTUDO 1
Reabilitação do Emissário da Cadaveira (CD0267 - CD0380 = 530.00 ml)



CASO DE ESTUDO 2
Reabilitação de um troço da rede domestica no Hospital de Cascais (CD34 - CD35 = 27.00 ml)



ANEXO 4

Certificado de Desgasificação N.º 037Af/2010 da Gascontrol



CERTIFICADO DE DESGASIFICAÇÃO
GAS-FREE CERTIFICATE N.º 037AF/2010

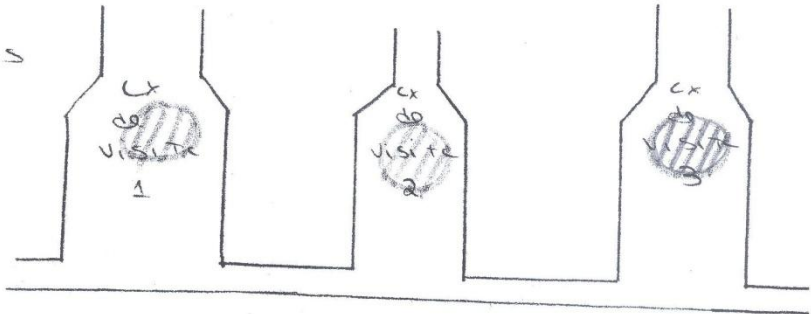
CLIENTE Teixeira e Duarte TIPO Cx de visita
CLIENT TYPE

ÚLTIMAS CARGAS esgoto doméstico
LAST CARGOES

LOCAL DA INSPECCÃO Hospital Garcia
INSPECTION PLACE

1.ª Medição

180 ppm Gases
Comburíveis
20,9% O₂
000 ppm H₂S
000 ppm CO



OBS. Pesquisa de gases efectuada com o analisador de gases de marca GASTECH modelo GT402 com o nº 980 5003. Não foram detectados gases com concentrações superiores aos valores Admissíveis. Foi autorizada a entrada de pessoas para a realização dos trabalhos.

DATA 24 / 03 2010 ÀS 16 h. 15 m
DATE AT

N.º DA ÚLTIMA AUT. DE TRAB. A FOGO _____
LAST HOT WORK AUTHORIZATION N.º

NOTA:
As autorizações para trabalhos a fogo (referenciadas por símbolos do tipo (00) são parte integrante deste certificado, e só são válidas enquanto nele constarem

NOTE:
The hot work permits (referred to by symbols such as (00) should be stated in the permit, and will only be considered valid if stated therein.

O INSPECTOR DE GASES
THE GAS INSPECTOR

CERTIFICADO DE DESGASIFICAÇÃO

1.º - Pelo presente se certifica que foi feita a pesquisa de gases tóxicos, explosivos e/ou asfixiantes, nos locais indicados no esquema, tendo-se verificado as condições abaixo descritas e também indicadas pelo código de cores.

2.º - GASES INERTES**INDICA QUE:**

- Foi introduzido no compartimento assim classificado, Dióxido de Carbono, ou outro gás não inflamável (aceite pelo inspector de gases) em volume suficiente, e com pressão superior a 750 milímetros coluna de água, de forma a manter o oxigénio contido na atmosfera dentro do espaço fechado, igual ou inferior a 5% em volume.
- Não é permitida a entrada de pessoas nem a realização de quaisquer trabalhos (incluindo fazer fogo).
- São permitidos trabalhos nos espaços adjacentes, desde que estes pela sua natureza ou distância, não afectem o espaço classificado a INERTE de modo a torná-lo perigoso para pessoas e/ou equipamentos.

**3.º - GASES { EXPLOSIVOS
TÓXICOS****INDICA QUE:**

- Foram encontrados gases com:
 - Concentrações superiores a 10% do limite mínimo de explosividade (L.E.L.) ou
 - Concentrações superiores ao T.L.V. ou
 - Concentrações em que o teor de oxigénio é inferior a 19.5% em volume.
- Não é permitida a entrada de pessoas nem a realização de quaisquer trabalhos (incluindo fazer fogo).
- São permitidos trabalhos nos espaços adjacentes, desde que estes pela sua natureza ou distância, não afectem o espaço classificado a VERMELHO de modo a torná-lo perigoso para pessoas e/ou equipamentos.

**4.º - TRABALHOS ESPECIAIS****INDICA QUE:**

- Não foram encontrados gases.
- Se vão realizar trabalhos, que pela sua natureza, são susceptíveis de alterar as condições de atmosfera existentes, de modo a torná-la perigosa para pessoas e/ou equipamentos.
- Para a realização destes trabalhos deverá prever-se:
 - Ventilação adequada de modo a manter a concentração de gases abaixo dos 10% do L.E.L.
 - Iluminação antideflagrante
 - Material de protecção adequado para as pessoas envolvidas.
- Não são permitidos trabalhos a fogo.
- São permitidos trabalhos nos espaços adjacentes, desde que estes pela sua natureza ou distância, não afectem o espaço classificado a AMARELO de modo a torná-lo perigoso para pessoas e/ou equipamentos.

5.º - NÃO TEM GASES PERMITE A ENTRADA DE PESSOAS MAS NÃO FAZER FOGO**INDICA QUE:**

- Não foram detectados gases.
- O compartimento foi vistoriado, e o seu estado de limpeza não é satisfatório para a realização de trabalhos a fogo.
- É permitida a entrada de pessoas e a realização de trabalhos a frio, se houver iluminação e ventilação adequadas.
- São permitidos trabalhos nos espaços adjacentes, desde que estes, pela sua natureza ou distância, não afectem o espaço classificado a AZUL de modo a torná-lo perigoso para pessoas e/ou equipamentos.

**6.º - NÃO TEM GASES PERMITE A ENTRADA DE PESSOAS E FAZER FOGO EM CONDIÇÕES ESPECIAIS****INDICA QUE:**

- Não foram detectados gases.
- O compartimento foi vistoriado, encontrando-se limpo em zonas limitadas, permitindo o seu estado de limpeza, a realização de trabalhos a fogo, em condições a determinar, pelo inspector de gases responsável.
- Para a execução de trabalhos neste compartimento, deverá prever-se iluminação e ventilação adequadas.
- A realização de trabalhos a fogo pressupõe a emissão de autorização para trabalhos a fogo correspondente.
- São permitidos trabalhos nos espaços adjacentes, desde que estes, pela sua natureza ou distância, não afectem o espaço classificado a PRETO de modo a torná-lo perigoso para pessoas e/ou equipamentos.

**7.º - NÃO TEM GASES PERMITE A ENTRADA DE PESSOAS E FAZER FOGO DESDE QUE NÃO AFECTE OS ESPAÇOS ADJACENTES****INDICA QUE:**

- Não foram detectados gases.
- O compartimento foi vistoriado, e está limpo, existem contudo restrições na periferia.
- Para a realização de trabalhos neste compartimento, deverá prever-se iluminação e ventilação adequadas.
- É permitida a realização de trabalhos a fogo neste compartimento, desde que não exista perigo de aquecimento, ou se tenham tomado medidas que tornem impossível a inflamação de resíduos nos espaços adjacentes.
- Para a realização de trabalhos a fogo que possam afectar os espaços adjacentes é necessário a emissão de autorização para trabalhos a fogo.
- São permitidos trabalhos nos espaços adjacentes, desde que estes, pela sua natureza ou distância, não afectem o espaço classificado a VERDE de modo a torná-lo perigoso para pessoas e/ou equipamentos.

**8.º - NÃO TEM GASES E ESTÁ LIMPO****INDICA QUE:**

- Não foram detectados gases.
- O compartimento foi vistoriado, e está limpo.
- Os espaços adjacentes estão limpos e desgaseificados.
- É permitida a entrada de pessoas e a realização de trabalhos (incluindo fazer fogo) se houver iluminação e ventilação adequadas.

**9.º - OBSERVAÇÕES**

Este certificado é baseado nas condições existentes no acto da inspecção e foi emitido em concordância com as normas acordadas. Mudanças de lastro, manipulação de válvulas ou de equipamento tendente a alterar as condições em encanamentos, tanques ou outros compartimentos sujeitos à acumulação de gases (a não ser que sejam especificamente aprovados neste certificado) requerem inspecção e aprovação ou reemissão de certificados para os espaços afectados. Todos, encanamentos, respiradores, serpentinhas, válvulas ou outros espaços fechados devem ser considerados perigosos, a não ser que estejam designados de outra forma.

GAS-FREE CERTIFICATE

1.º - This is to certify that tests were carried out for detection, toxic, explosive and/or asphyxiate Gas, in the spaces shown on the diagram. The conditions of the various spaces is described below and is also indicated by the colour code.

2.º - INERT GAS**INDICATE THAT**

- Carbon dioxide or any other non-inflammable gas (accepted by the GAS INSPECTOR) has been introduced in the so classified tank, in a sufficient volume and with a pressure superior to 750 (mm H₂O) millimetres of water gauge, so as to maintain the oxygen contained in the atmosphere, within the closed space equal or inferior to 5% in volume.
- Forbidden entry and any kind of works (hot works included) are not allowed.
- Works can be carried out in the neighbour tanks, if its nature or distance to the tank classified as "INERT" doesn't involve risks to both people and/or equipment.

**3.º - GAS { TOXIC
EXPLOSIVE****INDICATES THAT**

- Gases have been detected, which have:
 - Concentrations superior to 10% of the low explosive limit (L.E.L.) or
 - Concentrations superior to the T.L.V. or
 - Concentrations in which the oxygen proportion is inferior to 19.5% in volume.
- Forbidden entry and any kind of works (hot works included) are not allowed.
- Works can be carried out in the neighbour tanks, if its nature or distance to the tank classified as "RED" doesn't involve risks to both people and/or equipment.

4.º - SPECIAL WORKS**INDICATES THAT**

- No gas has been detected.
- Works will be carried out, whose nature is susceptible of altering the existing atmospheric conditions, involving risks to both people and/or equipment. In order to carry out these works, the following must be foreseen:
 - Adequate ventilation, so as to maintain a gas concentration below 10% L.E.L.
 - Exproof lightning.
 - Adequate safety equipment to be carried by the involving personnel.
- Hot works forbidden.
- Works can be carried out in the neighbour tanks, if its nature or distance to the tank classified as "YELLOW" doesn't involve risks to both people and/or equipment.

5.º - GAS FREE AUTHORIZED ENTRY, BUT HOT WORKS FORBIDDEN**INDICATES THAT**

- No Gas has been detected.
- The tank has been inspected, and the tank cleaning is not satisfactory so as to carry out hot works.
- Authorized entry and cold works allowed, if there is adequate lightning and ventilation.
- Works can be carried out in the neighbour tanks, if its nature or distance to the tank classified as "BLUE" doesn't involve risks to both people and/or equipment.

6.º - GAS-FREE AUTHORIZED ENTRY AND HOT WORKS ALLOWED UNDER SPECIAL CONDITIONS**INDICATES THAT**

- No Gas has been detected.
- The tank has been inspected, being only cleaned in limit areas, whose cleaning state allows hot works to be carried out under special conditions to be determined by the GAS INSPECTOR in charge.
- Adequate lightning and ventilation to the works to be carried out in this tank must be foreseen.
- A corresponding hot work permit must be issued, for the hot works to be carried out.
- Works can be carried out in the neighbour tanks, if its nature or distance to the tank classified as "BLACK" doesn't involve risks to both people and/or equipment.

7.º - GAS-FREE AUTHORIZED ENTRY AND HOT WORKS ALLOWED, AS LONG AS THESE DO NOT AFFECT THE NEIGHBOURING TANKS**INDICATES THAT**

- No Gas has been detected.
- The tank has been inspected and is clean, though these are neighbouring restrictions.
- Adequate lightning and ventilation to the works to be carried out in this tank must be foreseen.
- Hot works allowed in this tank, as long as no danger or heating exists, or in case adequate measures have been taken to make inflammation of the gas residues of the adjacent compartments impossible.
- The hot work permit must be issued, to carry out hot works, which may affect the adjacent compartments.
- Works can be carried out in the neighbour tanks, if its nature or distance to the tank classified as "GREEN" doesn't involve risks to both people and/or equipment.

8.º - GAS-FREE AND CLEAN**INDICATES THAT**

- No Gas has been detected.
- The tank has been inspected and is clean.
- The neighbouring tanks are clean and Gas-Free.
- Authorized entry and works allowed (hot works included) if there is adequate lightning and ventilation.

9.º - OBSERVATIONS

This certificate is based on the existing conditions during inspection and was issued in accordance with the agreed rules. Ballast changes, handling of valves or equipment tending to alter the conditions at pipelines, tanks or other compartments subject to gas accumulation (unless they are specifically approved in this certificate) require inspection and approval or re-issuing of certificate for the affected spaces. All the pipelines, breathers, coils, valves or other closed spaces should be considered as dangerous, unless they are designated otherwise.