



## AValiação de Estratégias de Reabilitação de Sistemas de Drenagem Urbana Utilizando a Metodologia CARE-S Aplicação a um caso de estudo

Paulo CAMACHO<sup>(1)</sup>; Maria Adriana CARDOSO<sup>(2)</sup>

### RESUMO

O presente trabalho tem como objectivo estudar e avaliar diferentes estratégias de reabilitação de sistemas de drenagem urbana, utilizando o programa *Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks* (CARE-S), como metodologia de avaliação integrada da implementação dessas estratégias.

Nesta comunicação, faz-se um resumo dos métodos de reabilitação em sistemas de drenagem urbana, a descrição da metodologia de avaliação de estratégias de reabilitação de sistemas de drenagem urbana e uma aplicação da metodologia de avaliação a um caso de estudo.

As medidas utilizadas na metodologia de avaliação traduzem o comportamento do sistema de drenagem urbana, relativamente aos seguintes aspectos: condição estrutural, desempenho hidráulico, desempenho ambiental, consequências socio-económicas decorrentes de falhas e custo da estratégia de reabilitação.

Na aplicação ao caso de estudo é efectuada uma análise comparativa de duas estratégias de reabilitação. Uma das estratégias consiste na substituição de colectores e outra recorre a soluções de controlo na origem.

Finalmente, evidenciam-se as vantagens e as limitações associadas à utilização do programa CARE-S para fins de estudo e avaliação de estratégias de reabilitação.

Palavras-chave: Sistemas de drenagem urbana; avaliação; reabilitação; CARE-S

---

<sup>1</sup> Estagiário no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Núcleo de Engenharia Sanitária (NES).

<sup>2</sup> Investigadora Auxiliar no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), Núcleo de Engenharia Sanitária (NES).



## 1 - INTRODUÇÃO

Os sistemas de drenagem urbana são concebidos e construídos para desempenhar uma determinada função, em condições definidas e sujeitos a diversos requisitos. Durante a sua vida útil, o funcionamento destes sistemas vai sendo modificado devido a diversos factores, tais como alterações das condições do próprio sistema decorrentes do seu envelhecimento, mudanças nas solicitações, que podem ser provocadas, por exemplo, pelo desenvolvimento e expansão das bacias de drenagem, por alterações do regime de precipitação ou das características das águas residuais que recolhe. Actualmente, muitos destes sistemas apresentam importantes deficiências estruturais, hidráulicas e ambientais, que se devem, em grande parte, à sua expansão, degradação e envelhecimento.

O aumento da exigência, quer dos clientes, quer da legislação, assim como da preocupação com a melhor forma de utilizar os recursos financeiros, obrigam os prestadores de serviços a uma constante actualização e a um esforço contínuo de implementação de melhorias na gestão dos seus sistemas. Para tal, é importante dispor de novas abordagens capazes de apoiar a resolução dos problemas, numa perspectiva de desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, constituem prioridades a melhoria das práticas de gestão e de beneficiação ou reabilitação dos sistemas existentes, que requerem, geralmente, investimentos avultados. Os procedimentos de avaliação das estratégias mais adequadas desempenham um papel fundamental na sua selecção, tendo em conta a limitação dos recursos financeiros e a necessidade da sua rentabilização. Estes procedimentos devem facultar uma avaliação global, com base em critérios de avaliação que devem incluir os aspectos de ordem estrutural, hidráulica e aqueles relacionados com os impactos ambientais e socio-económicos (CARDOSO, 2007).

O presente trabalho insere-se neste contexto, tendo como objectivo o estudo e a avaliação integrada de estratégias de reabilitação de sistemas de drenagem urbana, utilizando a metodologia CARE-S (*Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks*) (SAEGROV, 2005). Esta metodologia foi aplicada a um caso de estudo – a bacia da Quinta do Borel, no concelho da Amadora, constituída essencialmente por zonas residenciais de características suburbanas, sendo o sistema de drenagem do tipo separativo.

## 2 - METODOLOGIA

A avaliação integrada das estratégias de reabilitação a implementar baseia-se num conjunto de medidas definidas pela metodologia CARE-S e calculadas pelas ferramentas integradas no programa CARE-S.

O CARE-S é um programa computacional para apoio e reabilitação de sistemas de drenagem urbana, desenvolvido no âmbito do projecto CARE-S (*Computer Aided Rehabilitation of Sewer Networks*) financiado pela União Europeia. 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. 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. O CARE-S *Manager* é constituído pelos seguintes seis módulos: Indicadores de Desempenho; Previsão de falhas; Análise hidráulica e ambiental; Base de dados de tecnologias de reabilitação; Consequências socio-económicas e Apoio à decisão.

A Figura 1 ilustra as diferentes fases da metodologia de avaliação. Por sua vez, o Quadro 1 resume as medidas consideradas nesta avaliação. No que respeita ao CARE-S inclui, apenas, as medidas que foram testadas com sucesso na fase de testes do programa, realizado no LNEC (CARDOSO *et al.*, 2006). Adicionalmente, considera as medidas dos custos das estratégias.

As medidas utilizadas permitem avaliar o comportamento do sistema de drenagem urbana relativamente aos seguintes aspectos: condição estrutural, desempenho hidráulico, desempenho ambiental, consequências socio-económicas decorrentes de falhas e custo da estratégia de reabilitação.

**Quadro 1 – Medidas de Avaliação**

	<b>Medida de Avaliação</b>	<b>Unidades</b>	<b>Ferramenta do CARE-S</b>
<b>Condição Estrutural</b>	Risco de ocorrência de Corrosão Interna	-	Z-Model
	Corrosão Interna	mm	WATS
	Corrosão Externa	mm	Ext Corr
	Probabilidade de Colapso	%	LOAD
<b>Desempenho Hidráulico</b>	Nível do escoamento	-	HELLMUD
	Frequência com que a altura de escoamento excede o Nível Crítico (A)	ano <sup>-1</sup>	HELLMUD
	Frequência com que o caudal excede o Nível das Caves (C)	ano <sup>-1</sup>	HELLMUD
	Velocidade de escoamento	-	HELLMUD
<b>Desempenho Ambiental</b>	Vulnerabilidade da água subterrânea	-	GAT
<b>Impactos Socio-económicos</b>	Danos materiais e perda de comércio	-	Socio-fail
	Danos intangíveis para a população	-	Socio-fail
	Distúrbios no tráfego/estruturas rodoviárias	-	Socio-fail
	Poluição de águas subterrâneas por exfiltração	-	Socio-fail
	Interrupção de serviço devido a obstruções	-	Socio-fail
	Depressão do solo devido a colapsos de colectores	-	Socio-fail
	Inundações de caves em tempo seco	-	Socio-fail
	Inundações de ruas em tempo seco	-	Socio-fail
	Odores devido a colapsos ou obstruções	-	Socio-fail
<b>Custo</b>	Custo de reabilitação	€	-
	Custo de manutenção	€	-

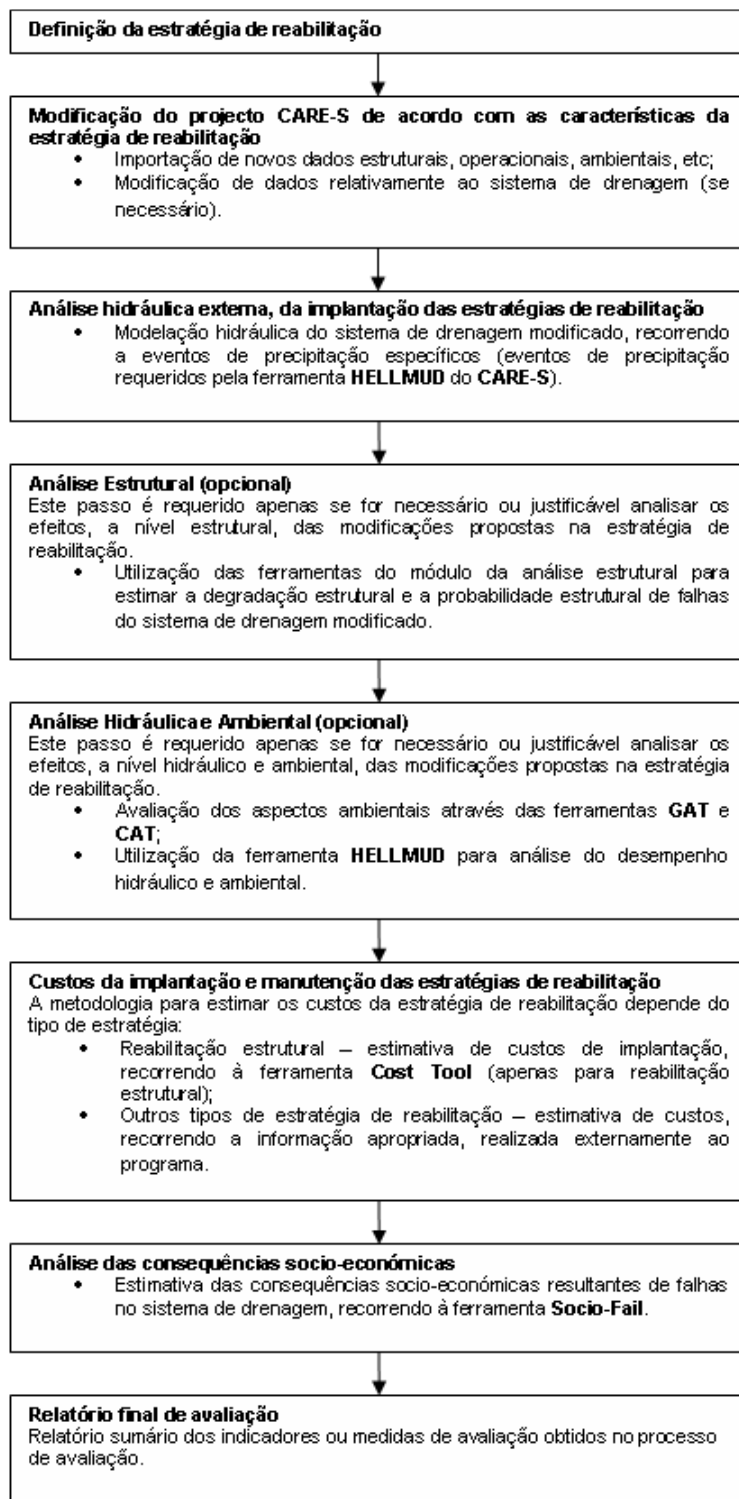


Figura 1 – Metodologia de avaliação das estratégias de reabilitação

### 3 - TÉCNICAS DE REABILITAÇÃO

As técnicas de reabilitação de sistemas de drenagem podem ser classificadas, de acordo com as suas características, por técnicas de reabilitação estrutural ou por soluções de controlo na origem. Uma solução de controlo na origem é designada na



terminologia americana por *Best Management Practice* (BMP) ou em terminologia inglesa por *Sustainable Urban Drainage System* (SUDS).

As soluções de controlo na origem podem ser classificadas como sendo estruturais ou não estruturais. As soluções estruturais consistem em sistemas construídos como, por exemplo, bacias de retenção ou pavimentos porosos, que permitem actuar sobre o controlo de quantidade e qualidade do escoamento superficial. Por sua vez, as soluções não estruturais podem ser definidas como sendo medidas institucionais, acções de educação ou práticas de prevenção de poluição destinadas a limitar a geração, ou reduzir a quantidade de substâncias poluentes presentes no escoamento superficial como, por exemplo, limpeza de ruas ou programas de sensibilização pública (WOODS-BALLARD *et al.*, 2007).

O Quadro 2 resume os processos de controlo de escoamento, de tratamento e os principais benefícios ecológicos das diferentes soluções de controlo na origem.

**Quadro 2** – Características das soluções de controlo na origem (adaptado de WOODS-BALLARD *et al.*, 2007)

Solução de controlo na origem	Processos de controlo do escoamento				Processos de tratamento								Benefícios Ambientais		
	Transporte	Detenção	Infiltração	Armazenamento	Sedimentação	Filtração	Adsorção	Biodegradação	Volatilização	Decantação	Absorção Biológica	Nitrificação	Estética	Mais valias	Ecologia
Pavimentos porosos		◇	◇	▲	◇	◇	◇	◇	◇				▲	▲	▲
Faixas de Filtração	▲	▲	▲		◇	◇	◇	◇					▲	▲	▲
Valas revestidas de coberto vegetal	◇	◇	▲		◇	◇	◇	◇			▲		▲	▲	▲
Trincheiras de Infiltração	▲	◇	◇			◇	◇	◇	◇						
Zonas húmidas construídas	▲	◇	▲	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇
Bacias de detenção		◇			◇		▲	◇			▲		▲	▲	▲
Bacias com água permanente		◇	▲	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇
Bacias de Infiltração		◇	◇			◇	◇	◇	◇				▲	▲	▲
Áreas de Bio-retenção		◇	◇		◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇	◇
Filtros de areia		◇	▲			◇	◇	◇	◇	◇					
Colectores, armazenamento subterrâneo	◇	◇		◇	▲	▲									

◇ – Processo primário numa solução de controlo na origem.

▲ – Processo possível de existir numa solução de controlo na origem, dependendo das condições de projecto.



Nas últimas décadas, as tecnologias de reabilitação estrutural evoluíram rapidamente. Esta evolução é mais notória na vertente das tecnologias de reabilitação que não requerem a abertura de vala (*Trenchless Technologies*). Este tipo de tecnologias apresenta a vantagem de comportar menores custos sociais.

Outro tipo de soluções inclui intervenções no sistema de drenagem de forma a aumentar a sua capacidade hidráulica, tais como o aumento da inclinação ou dos diâmetros dos colectores, através da sua substituição, o revestimento dos colectores ou câmaras de visita; ou, ainda, a correcção de situações que permitam melhorar o desempenho dos sistemas de drenagem, tais como medidas de minimização de afluências indevidas ou medidas relativas à promoção de utilização dos solos com menor impacto nos sistemas. O Quadro 3 sintetiza as técnicas de reabilitação estrutural.

**Quadro 3 – Técnicas de reabilitação estrutural**

<b>Técnica</b>	<b>Tipo de execução</b>
<b>Técnicas de Reparação</b>	
Reparações efectuadas por robots	<i>robots de injeção</i> <i>milling robot</i> <i>pointing robot</i>
Revestimentos de pequenos comprimentos	Reparação pontual
Estabilização	Estabilização química
<b>Técnicas de Renovação</b>	
Revestimento com tubagem contínua ou segmentada	
Revestimento por meio de tubagem expandida	
Revestimento por meio de tubagem curada	
Revestimentos por meio de banda em espiral	
Revestimento por projecção ou com cofragem	
Revestimento por meio de painéis	Sistema de uma só peça Sistema de duas peças
Revestimento por pulverização	
<b>Técnicas de substituição</b>	
Tecnologias de escavação	Vala convencional ( <i>Conventional Trench</i> ) <i>Trench box</i>
Substituição <i>on-line</i>	<i>Pipe Bursting</i>
Substituição <i>off-line</i> não dirigida	<i>Impact molling</i> <i>Impact ramming</i>
Substituição <i>off-line</i> dirigida	Perfuração dirigida <i>Pipe jacking</i> Túnel



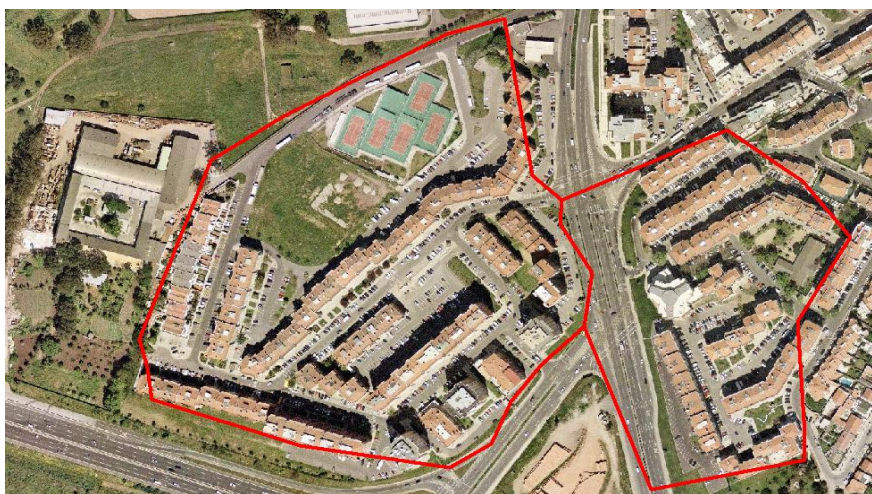
## 4 - APLICAÇÃO AO CASO DE ESTUDO

### 4.1 - Descrição do caso de estudo

A Bacia da Quinta do Borel encontra-se localizada no concelho da Amadora e apresenta uma densidade populacional de 7389hab/km<sup>2</sup>. O sistema de drenagem urbana implantado na bacia da Quinta do Borel é do tipo separativo e foi construído em 1981/1982. A bacia tem uma área de 13ha, sendo 80% considerada como impermeável.

O sistema pluvial tem um comprimento total de 2208m e é constituído por colectores circulares de betão e PVC, com diâmetros compreendidos entre os 200 e os 700mm. O sistema doméstico tem um comprimento total de 1460m e é constituído por colectores circulares de betão, PVC e Grés, com diâmetros compreendidos entre os 200 e 300mm.

O caso de estudo considera as características da bacia existentes no ano de 2004 (Figura 2), data em que foi realizada uma campanha de medição do caudal num sector da bacia (DAVID, 2004).



**Figura 2** – Fotografia aérea, do ano de 2004, da bacia de drenagem da Quinta do Borel

### 4.2 - Modelação hidrológica e hidráulica da bacia de drenagem

#### 4.2.1 - Modelo hidráulico do sistema pluvial

O modelo hidráulico do sistema pluvial inclui 83 nós, 82 *links* e 27 sub-bacias. Este modelo foi calibrado e verificado, utilizando os dados de monitorização de precipitação e caudal numa secção de jusante do sistema.

A simulação do sistema pluvial recorreu ao programa MOUSE-DHI (DHI, 2000), tendo em conta os seguintes cenários: três eventos de precipitação de diferentes intensidades e durações, precipitação de projecto com períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos.

#### 4.2.2 - Modelo hidráulico do sistema doméstico

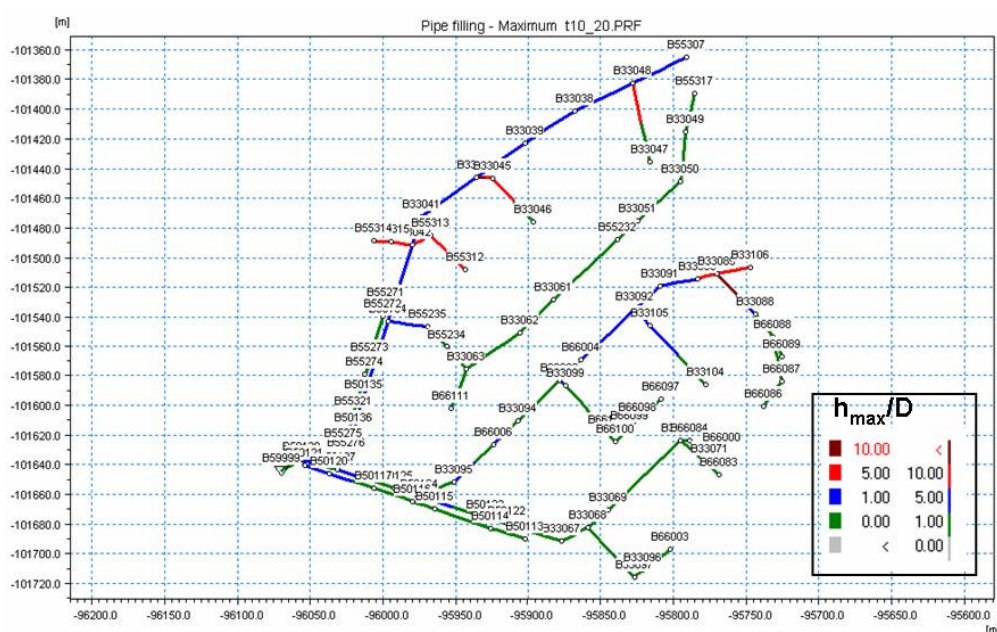
O modelo hidráulico do sistema doméstico inclui 46 nós e 45 *links*. A simulação do sistema doméstico utilizou o mesmo programa, considerando as afluições domésticas estimadas e a calibração apresentadas em DAVID (2004), para um sector da bacia, e posterior aplicação à totalidade do sistema doméstico da bacia da Quinta do Borel.

### 4.3 - Caracterização das principais deficiências utilizando o programa CARE-S

#### 4.3.1 - Sistema pluvial

Através dos resultados obtidos da avaliação do sistema, conclui-se que o sistema pluvial não apresenta problemas significativos estruturais e de vulnerabilidade da água subterrânea para um período de avaliação 50 anos.

Relativamente ao desempenho hidráulico, a análise dos resultados evidencia falhas significativas, nomeadamente ocorrência de sobrecargas hidráulicas (Figura 3) e inundações, para um período de retorno de 10 anos. Conseqüentemente, o funcionamento do sistema não cumpre os requisitos constantes no Decreto Regulamentar nº 23/95.



**Figura 3** – Altura máxima de enchimento dos colectores

#### 4.3.2 - Sistema doméstico

Através da análise dos resultados obtidos da avaliação do sistema, conclui-se que o sistema doméstico não apresenta problemas graves estruturais e de vulnerabilidade da água subterrânea para o período de avaliação definido, que é de 50 anos.

No entanto, DAVID (2004) refere a ocorrência de deficiências hidráulicas, resultantes das afluições indevidas quando ocorrem eventos de precipitação.



Consequentemente, a estratégia de reabilitação adequada consiste na minimização das ligações indevidas ao sistema doméstico.

Os procedimentos a realizar para executar este tipo de operações são detalhadamente discutidos em ASCE (1994). Esta estratégia de reabilitação não foi simulada, por não haver informação sobre as ligações indevidas no sector da bacia, que não foi objecto do estudo apresentado em DAVID (2004). De qualquer forma, o comportamento do sistema sem ligações indevidas corresponde ao que foi modelado no presente trabalho.

#### 4.4 - Avaliação das estratégias de reabilitação

##### 4.4.1 - Selecção das estratégias de reabilitação adequadas para o sistema pluvial

As estratégias de reabilitação adequadas para a resolução dos problemas identificados na rede pluvial são aquelas que permitem o transporte da água pluvial sem ocorrência de sobrecargas hidráulicas ou inundações. Consequentemente, as estratégias adequadas devem permitir o aumento da capacidade hidráulica da rede pluvial ou reduzir o caudal afluente ao sistema pluvial.

Consideram-se duas estratégias de reabilitação para o sistema pluvial da Quinta do Borel: uma estrutural e outra que adopta soluções de controlo na origem. Estas estratégias de reabilitação são designadas por *Estratégia I* e *Estratégia II*, respectivamente.

##### 4.4.2 - *Estratégia I*

A *Estratégia I* consiste no aumento da capacidade hidráulica do sistema, substituindo os colectores onde se verifica existir capacidade insuficiente, por outros colectores que assegurem uma capacidade hidráulica de acordo com os requisitos de projecto definidos no Decreto Regulamentar nº23/95 para um período de retorno de 10 anos.

A determinação dos colectores a substituir baseou-se na análise do comportamento hidráulico no modelo matemático do sistema pluvial. Aumentou-se o diâmetro dos colectores onde se revelou ser insuficiente a capacidade de transporte exigida para cumprimento das condições de projecto. Através da análise do comportamento hidráulico, à escala do colector, foram identificados 21 colectores a substituir.

##### 4.4.3 - *Estratégia II*

As soluções de controlo na origem a implantar na bacia da Quinta do Borel devem permitir uma redução significativa do caudal de ponta afluente ao sistema. Consequentemente, definiu-se uma estratégia de reabilitação que consiste na implantação de duas bacias de detenção a montante dos troços onde foram identificados problemas de capacidade hidráulica insuficiente. Desta forma, implantou-se uma bacia de detenção a montante do troço B33106-B33089, designada por B33106 e outra a montante do troço B50124-B50125, designada por BD1.



A Figura 4 ilustra a planta do modelo do sistema da *Estratégia II* e a localização das respectivas bacias de detenção.

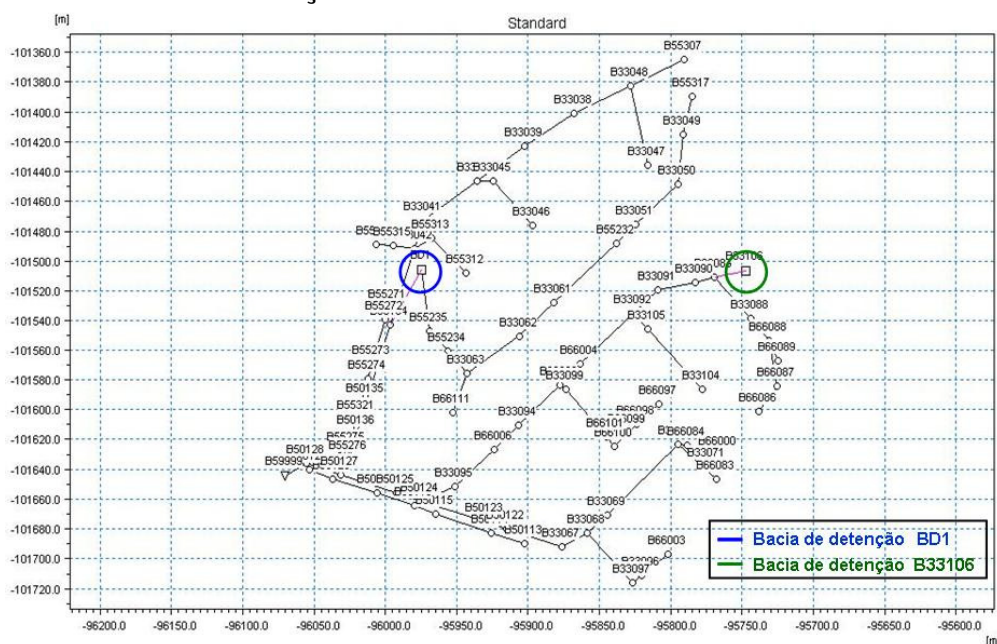


Figura 4 – Planta do modelo da *Estratégia II* e localização das bacias de detenção

A área seleccionada para implantação bacia BD1 é uma zona de espaços verdes, com uma área significativa. Por este motivo, optou-se por uma bacia de detenção superficial. A bacia BD1 consiste numa depressão escavada no terreno e revestida com coberto vegetal, que contém água apenas num período relativamente curto a seguir à chuvada. As suas características permitem a utilização da área de armazenamento para várias actividades durante os períodos secos. A bacia BD1 apresenta uma inclinação de fundo de 1/20 para impedir a formação de zonas alagadas e inclinações dos taludes das bermas de 1/6.

Por sua vez, a área imediatamente a montante do troço B33106-B33089 é caracterizada por uma forte ocupação do solo com estradas, zonas de habitação e parques de estacionamento. Consequentemente, optou-se por uma bacia de detenção enterrada. A bacia de detenção B33106 consiste num sistema modular (*Geocellular/Modular System*), sendo constituída por uma estrutura de módulos revestida através de uma geomembrana.

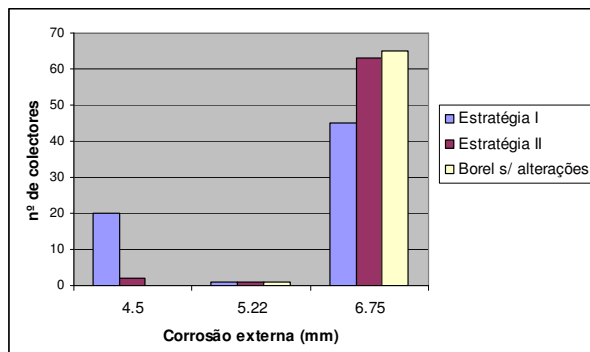
O dimensionamento de ambas as bacias foi efectuado recorrendo à expressão apresentada no Decreto Regulamentar nº23/95. Assim, obtiveram-se volumes de armazenamento de 880 m<sup>3</sup> e de 655 m<sup>3</sup> para as bacias BD1 e B33106, respectivamente. O volume indicado para a bacia B33106 contabiliza o volume ocupado pela estrutura modular no seu interior.

#### 4.4.4 - Modelação e avaliação das estratégias de reabilitação para o sistema pluvial

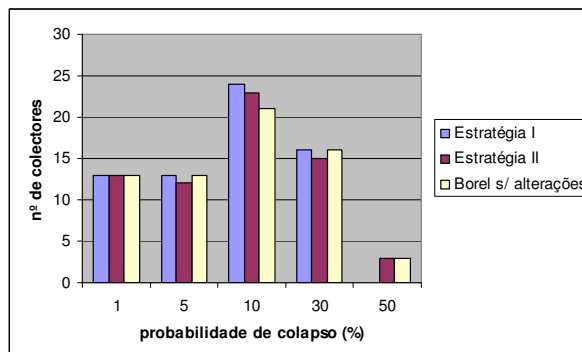
A avaliação das diferentes estratégias de reabilitação foi realizada, tendo em conta as medidas de avaliação já apresentadas no Quadro 1.



Tendo em conta os resultados obtidos, observou-se que a *Estratégia I* apresenta melhores resultados para as medidas respeitantes à condição estrutural, como se pode observar na Figura 5 e na Figura 6. Estes resultados estão de acordo com o esperado, uma vez que esta estratégia prevê a substituição de 21 colectores antigos por outros novos, melhorando desta forma a condição estrutural destes troços.

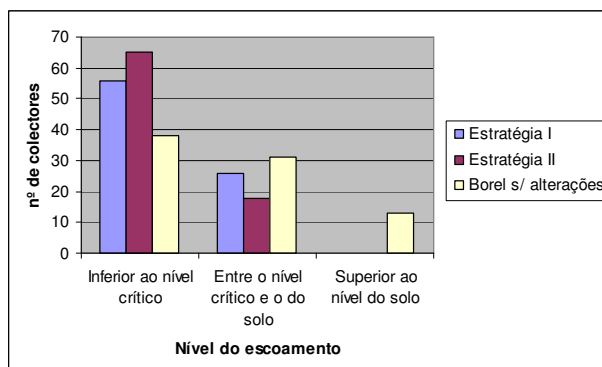


**Figura 5** – Avaliação dos resultados para a *Corrosão externa* (CAMACHO, 2007)



**Figura 6** – Avaliação dos resultados para a *Probabilidade de colapso* (CAMACHO, 2007)

Por sua vez, verificou-se que o desempenho hidráulico da *Estratégia II* é ligeiramente melhor do que o observado para a *Estratégia I*, uma vez que o número de colectores onde a altura de escoamento excede o nível crítico é superior na *Estratégia I*, conforme se pode observar na Figura 7.



**Figura 7** – Avaliação dos resultados para o *Nível de escoamento* (CAMACHO, 2007)

No entanto, a atenuação de caudal é visivelmente maior na *Estratégia II*. Na Figura 8 e na Figura 9 apresentam-se os hidrogramas correspondentes ao caudal de escoamento no colector de saída do sistema, obtidos para uma precipitação com um período de retorno de 10 anos, considerando as *Estratégias I e II*, respectivamente.

Não foi possível obter resultados relativos a todas as medidas de avaliação dos impactos socio-económicos, por falta de dados ou porque as medidas de avaliação não se aplicavam às características do caso de estudo. Consequentemente, obtiveram-se resultados para as seguintes medidas: *Danos materiais e perda de comércio; Poluição de água subterrânea; Interrupção de serviço; Inundações de caves em tempo seco; Inundações de ruas em tempo seco e Odores devido a colapsos ou obstruções.*

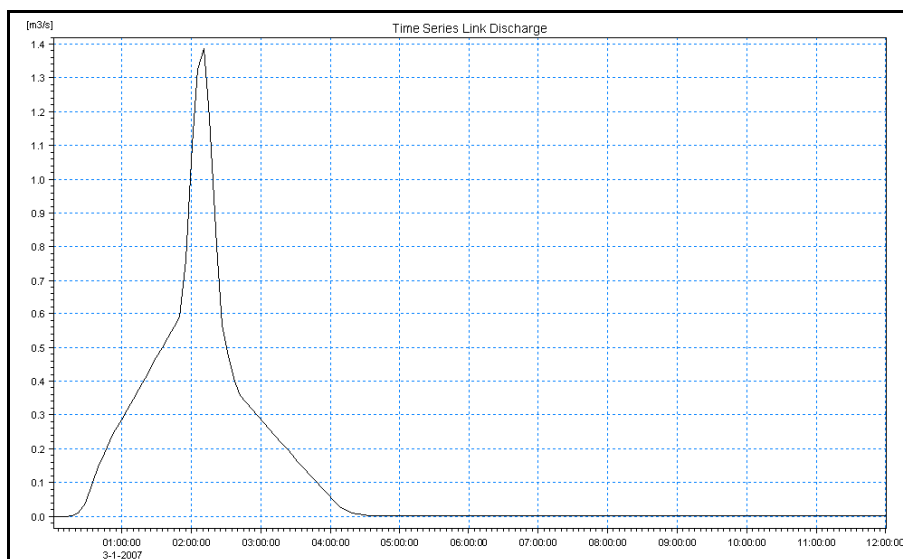


Figura 8 – Hidrograma para a *Estratégia I* no trecho B50128-B5999 (período de retorno = 10 anos)

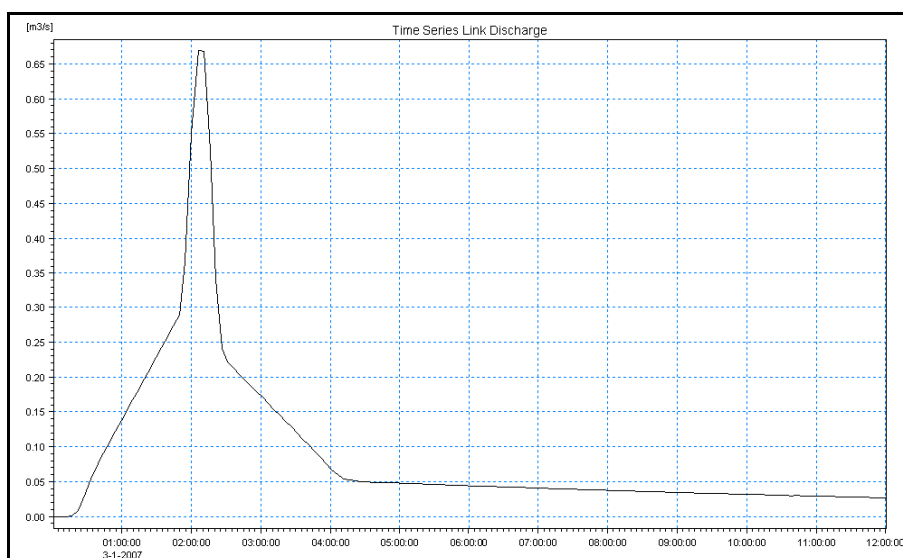
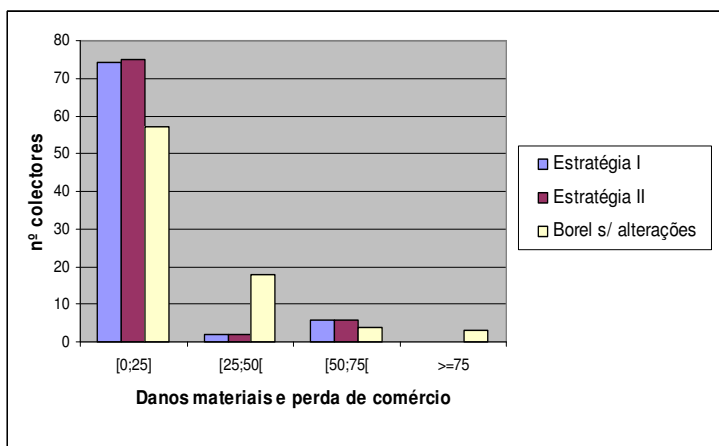


Figura 9 – Hidrograma para a *Estratégia II* no trecho B50128-B5999 (período de retorno = 10 anos)

Com exceção das medidas *Danos materiais e perda de comércio*, *Poluição de água subterrânea* e *Odores devido a colapsos ou obstruções*, todas as restantes medidas apresentam um valor nulo, ou seja, ausência de impacto, quer nas duas estratégias quer no sistema sem alterações.

As medidas *Danos materiais e perda de comércio* e *Odores devido a colapsos ou obstruções* apresentam valores muito semelhantes para as duas estratégias. Estes resultados eram expectáveis, uma vez que o desempenho hidráulico e a probabilidade de colapso destas são muito semelhantes. No entanto, observa-se uma melhoria significativa relativamente à medida *Danos materiais e perda de comércio* nas duas estratégias de reabilitação, quando comparadas com o sistema sem alterações, como se pode verificar na Figura 10.



**Figura 10** – Avaliação dos resultados para *Danos materiais e perda de comércio* (CAMACHO, 2007)

O custo total de implantação da *Estratégia I* é de 400 000€, enquanto o da *Estratégia II* é de 210 000€.

A estimativa do custo da *Estratégia I* foi obtida, utilizando os custos unitários médios para trabalhos de assentamento de colectores através da técnica de trincheira convencional, apresentados em STONE (2003).

Relativamente à *Estratégia II*, o custo da bacia de detenção superficial (BD1) foi estimado, recorrendo a uma expressão proposta por BROWN e SCHUELER (1997); o custo da bacia de detenção enterrada (B33106), constituída por módulos foi estimado, recorrendo à tabela de preços de um fabricante (WAVIN, 2006) e aos custos unitários para operações de escavação em terra dura (até 3m) referidos em MANSO *et al.* (1997).

Não foram determinados os custos de manutenção das estratégias de reabilitação propostas, uma vez que não foi possível obter dados dos custos de manutenção para todas as soluções previstas nas estratégias de reabilitação.

## 5 - CONCLUSÕES

A análise das diferentes medidas de avaliação consideradas, permite concluir que a *Estratégia II* apresenta um desempenho hidráulico mais eficaz e eficiente que o da *Estratégia I*. Além de um melhor desempenho hidráulico, a *Estratégia II* apresenta também um custo de implantação significativamente inferior ao estimado para a *Estratégia I*.

Por sua vez, a *Estratégia I* apresenta medidas de avaliação estrutural (*Corrosão externa e Probabilidade de colapso*) inferiores às da *Estratégia II*. Este facto resulta desta estratégia prever a substituição de 21 colectores, melhorando desta forma a condição estrutural destes troços.

A metodologia de avaliação de estratégias de reabilitação seguida neste trabalho permite realizar uma avaliação integrada das vantagens e das limitações associadas a cada estratégia de reabilitação, considerando vários aspectos relevantes relativos



a avaliação estrutural, desempenho hidráulico e ambiental, custos socio-económicos e de custo de implantação.

A avaliação das estratégias de reabilitação é realizada ao nível do colector, permitindo assim uma comparação das medidas de avaliação das diferentes estratégias para cada um dos colectores do sistema de drenagem. Consequentemente, o nível de informação produzida decorrente da aplicação da metodologia é relativamente elevado.

Relativamente à interpretação das medidas de avaliação, há que salientar as dificuldades em classificar as medidas de avaliação relativas à corrosão interna, corrosão externa, probabilidade de colapso e ao conjunto de medidas de avaliação de impactos socio-económicos. No que respeita aos impactos socio-económicos, os resultados obtidos são puramente numéricos, o que se traduz numa dificuldade da sua interpretação em termos de classificação, quando não se dispõe de um cenário de referência para comparação. Consequentemente, pensa-se ser de grande interesse que futuros desenvolvimentos do programa CARE-S, possam disponibilizar um sistema de classificação destas medidas.

Finalmente, a execução de um processo de avaliação de estratégias de reabilitação, utilizando a metodologia CARE-S requer um processo de recolha de dados que pode ser moroso, dependendo da quantidade e do tipo de informação já existente relativamente ao sistema de drenagem a estudar. Na verdade, nos casos em que não se disponha dos dados requeridos, a duração da campanha de recolha destes dados pode corresponder a vários meses.

Assim, a metodologia de avaliação descrita pode ser um processo dispendioso se feito de raiz, uma vez que será necessário levar a cabo campanhas de medição de precipitação e caudal, levantamentos topográficos e de cadastro. No entanto, deve ser encarada como um investimento num melhor conhecimento do sistema com vista a uma gestão sustentável.

## AGRADECIMENTOS

O trabalho descrito na presente comunicação inseriu-se no âmbito dos projectos de investigação CARE-S, financiado pelo 5º Programa Quadro da União Europeia, e SPESSA, financiado pelo Programa POCI da Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT). Este trabalho só se tornou possível através da colaboração dos SMAS de Oeiras e Amadora, que gentilmente disponibilizaram todos os dados do caso de estudo. Agradece-se, também, à empresa Wavin pela disponibilização de informação e de dados dos seus produtos.

## BIBLIOGRAFIA

ASCE - Existing Sewer Evaluation & Rehabilitation. Second Edition, Manual and Report on Engineering Practice 62, Water Environment Federation and American Society of Civil Engineers, 1994.



BROWN, W., SCHUELER, T. - The economics of Stormwater BMP's in the Mid Atlantic Region, Chesapeake Research Consortium, Edgewater, MD, Center for Watershed Protection, Elicott City, MD., EUA, 1997.

CAMACHO, P. - Avaliação de Estratégias de Reabilitação de Sistemas de Drenagem Urbana. Aplicação a Um Caso de Estudo Utilizando a Metodologia CARE-S. Tese de Mestrado, IST, UTL, Lisboa, Portugal, 2007.

CARDOSO, M. A. - Avaliação do Desempenho de Sistemas de Drenagem Urbana. Dissertação para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Civil, IST, UTL, Lisboa, Portugal, 2007.

CARDOSO, M.A., CAMACHO, P., MATOS, M.R. - 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, Portugal, 2006.

DAVID, M. - Avaliação do desempenho técnico da bacia de drenagem urbana da Quinta do Borel – Concelho da Amadora, LNEC, Lisboa, Portugal, 2004.

DECRETO REGULAMENTAR nº 23/95 de 23 de Agosto. Regulamento geral dos sistemas públicos e prediais de distribuição e de drenagem de águas residuais. 2ª edição, Coleção Construção Civil, 1995.

DHI – MOUSE, na Integrated Modelling Package for Urban Drainage and Sewer Systems. Reference Manual. Danish Hydraulic Institute Water & Environment, Dinamarca, 2000.

MANSO, A., FONSECA, M., ESPADA, J. - Informações sobre custos. Fichas de rendimentos, LNEC, Lisboa, Portugal, 1997.

SAEGROV, S. (ed.) - CARE-S, Computer Aided Rehabilitation for Sewer and Storm Water Networks, IWA Publishing, Reino Unido, ISBN 1843390914, 2005.

STONE, S., DZURAY, E., MEISEGEIER, D., DAHLBORG, A., ERICKSON, M. - Decision-Support Tools for Predicting the Performance of Water Distribution and Wastewater Collection Systems, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development, USEPA, Cincinnati, OH 45268, 2003.

WAVIN - Tabela de Preços. Sistema de Gestão de Águas Pluviais Wavin Q-BIC, Portugal. 2006.

WOODS-BALLARD, B., KELLAGHER, R., MARTIN, P., JEFFERIES, C., BRAY, R., SHAFFER, P. - The SUDS manual, CIRIA C697, Reino Unido, 2007.