



**Ana Cristina
Pereira Esteves**

**Reabilitação versus Desconstrução em redes de
abastecimento e distribuição de água**



**Ana Cristina
Pereira Esteves**

**Reabilitação versus Desconstrução em redes de
abastecimento e distribuição de água**

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

À memória do meu avô, Guilherme Esteves.

o júri

presidente

Prof. Doutor Aníbal Guimarães da Costa

professor catedrático do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor José Alfreu Almeida de Sá Marques

professor auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da FCTUC

Prof. Doutor Armando Baptista da Silva Afonso

professor associado convidado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Victor Miguel Carneiro de Sousa Ferreira

professor associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Em primeiro lugar queria agradecer aos meus pais, por me terem proporcionado a hipótese de poder prosseguir os estudos e de chegar até onde cheguei.

Queira agradecer também aos meus orientadores, pelo apoio prestado, o Professor Dr. Armando Silva Afonso, também responsável pelo meu gosto por esta área da hidráulica, e o Professor Dr. Vítor Ferreira.

Agradeço aos meus amigos pela companhia e momentos de descontração.

Não poderia deixar de referir duas pessoas com quem partilhei bons momentos e que ocupam um lugar especial na minha vida, às quais vai o meu muito obrigado por tudo. A Cátia pela grande amizade que sempre tivemos, pela força e pelo ombro amigo que me emprestou quando mais precisei. E o Luís, pela pessoa que me orgulho de conhecer, pelo apoio e paciência comigo.

palavras-chave

redes de abastecimento e distribuição de água, reabilitação, substituição, desconstrução, resíduos de desconstrução, reciclagem, reaproveitamento de materiais

resumo

No mundo actual, onde o crescimento económico se baseia num consumo crescente e não sustentável dos recursos, todos os dias são desperdiçadas matérias-primas sem qualquer racionalização. Este problema torna-se ainda mais grave quando se refere a recursos não renováveis.

Neste contexto, é importante intervir em todos os domínios, incluindo os sistemas de abastecimento e distribuição de água, que, para além do desperdício do recurso água que se observa em redes degradadas e em fim de vida, cria oportunidades de reutilização e reciclagem de materiais e/ou resíduos provenientes da intervenção nessas redes, permitindo deste modo a diminuição da extracção de novas matérias-primas e a redução da quantidade de resíduos que seguem para aterro.

A presente dissertação incide sobre as intervenções possíveis no âmbito da desconstrução ou reabilitação destas redes, destacando os materiais que podem ser encontrados nas redes de abastecimento e distribuição de água, as técnicas de intervenção e o encaminhamento mais correcto a dar aos resíduos e materiais daí resultantes.

keywords

supplying and water distribution systems, rehabilitation, replacement, deconstruction, deconstruction waste, recycling, reuse of materials

abstract

In today's world, where economic growth is based on an increasing and unsustainable consumption of resources, raw materials are wasted every day without any rationalization. This problem becomes even worse when it is related to non-renewable resources.

In this context, it is important to intervene in all domains, including the supplying and water distribution systems, which, beyond the waste of water observed in degraded and at the end of life water networks, creates opportunities (chances) to reuse and recycle materials and/or residues proceeding from the intervention in these networks, thus enabling the extraction reduction of new raw materials and also the quantity reduction of residues that go to landfill.

This dissertation focuses on the possible interventions in the scope of deconstruction or rehabilitation of these water networks, detaching the materials that can be found in the supplying and distribution water systems, the intervention techniques and the most appropriate routing to be given to all the materials and residues that drift from that intervention.

ÍNDICE

Índice.....	i
Índice de Figuras.....	iii
Índice de Tabelas	v
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento conjuntural do tema.....	1
1.2. Objectivos	4
1.3. Motivação	5
2. Estado de Arte.....	7
2.1. A Importância da Intervenção nas Infra-estruturas	7
2.2. A Desconstrução e a produção de RCD's.....	10
2.3. Materiais existentes numa rede de abastecimento e distribuição de água.....	12
2.4. Enquadramento Legal e Politico	15
3. Os materiais e o seu ciclo.....	17
3.1. Enquadramento.....	17
3.2. Termoplásticos	19
3.2.1. Polietileno	22
3.2.2. Policloreto de Vinilo (PVC).....	23
3.2.3. Poliéster Reforçado com Fibras de Vidro (PRFV).....	24
3.3. Metais	25
3.3.1. Ferro Fundido (FF)	25
3.3.2. Aço.....	26
3.4. Materiais de origem cimentícia	27
3.4.1. Betão	27
3.4.2. Fibrocimento	28
4. Desconstrução	31
4.1. Enquadramento.....	31
4.2. Aplicação em obras de demolição.....	34
4.3. Aplicação em obras de reabilitação e de reconstrução	36
4.4. Aplicação em sistemas de abastecimento e distribuição de água.....	37

4.5.	Medidas de segurança.....	38
4.6.	Gestão dos resíduos de desconstrução.....	39
4.7.	Valorização dos Resíduos.....	41
5.	Reabilitação dos sistemas.....	47
5.1.	Importância da Reabilitação nos sistemas.....	47
5.2.	Intervenção nas condutas.....	49
5.2.1.	Enquadramento.....	49
5.2.2.	Reabilitação das condutas.....	52
5.2.3.	Substituição das condutas.....	62
5.2.4.	Medidas de Segurança associadas aos trabalhos de abertura de valas.....	70
5.3.	Reabilitação dos reservatórios de água.....	73
5.4.	Reabilitação das Estações Elevatórias e Equipamentos.....	77
6.	Conclusão.....	79
	Referências bibliográficas.....	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Evolução da população servida com abastecimento de água [1]	1
Figura 2.	Distribuição da população servida com abastecimento de água [1].....	2
Figura 3.	Número de zonas de abastecimento e população abastecida por classes de população, em 2008 [1].....	3
Figura 4.	Mapa mundial do <i>stress</i> hídrico [3].....	9
Figura 5.	Esquema de uma extrusora [15]	20
Figura 6.	Esquema de uma máquina injetora [15].....	21
Figura 7.	Representação das categorias dos termoplásticos [7].....	22
Figura 8.	Qualidade/desempenho de uma construção ao longo da sua vida útil [6]	36
Figura 9.	Esquema da recuperação energética [24].....	42
Figura 10.	Esquema da reciclagem como matéria-prima [24]	43
Figura 11.	Raspadores de aço utilizados [29]	53
Figura 12.	Dispositivo de aplicação de argamassa cimentícia [29]	54
Figura 13.	Pormenor do espigão utilizado na aplicação do revestimento epoxy [29].....	55
Figura 14.	Resultado final da aplicação da técnica de <i>sliplining</i> numa tubagem [29]	57
Figura 15.	Técnica <i>Pipe Deformed.</i> : (a) tubo dobrado; (b) tubo após a reversão da sua forma [29].....	59
Figura 16.	Pormenor da técnica <i>rolldown</i> , durante a fase de redução do diâmetro [29]....	61
Figura 17.	<i>Pipe bursting</i> : Ilustração do processo de destruição [29]	62
Figura 18.	<i>Pipe eating</i> : pormenor do escudo <i>microttunnelling</i> [30].....	66

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Vantagens e desvantagens dos materiais mais utilizados nas redes de abastecimento e distribuição de água [29]	29
Quadro 2. Fases do processo de desconstrução [5]	32
Quadro 3. Técnicas de demolição [8]	35
Quadro 4. Riscos e medidas de prevenção associadas à desconstrução [19].....	38
Quadro 5. Patologias associadas aos sistemas de abastecimento e distribuição de água [28].....	49
Quadro 6. Técnicas de Reabilitação e de Substituição [29].....	68
Quadro 7. Aplicabilidade das técnicas de Reabilitação e de Substituição [29].....	68
Quadro 8. Vantagens e Desvantagens das técnicas de Reabilitação e de Substituição [29].....	69
Quadro 9. Medidas de Segurança em trabalhos de abertura de valas [35].....	71
Quadro 10. Vantagens e Desvantagens das técnicas mais correntes na reabilitação de reservatórios de água [29].....	76

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento conjuntural do tema

“Neste momento Portugal possui já infra-estruturas de abastecimento público de água consolidadas, com uma cobertura quase total do país. Todavia, a componente em alta¹ encontra-se, em termos gerais, mais desenvolvida e renovada do que a componente em baixa², sendo esta última a que regista maiores necessidades de investimento”. Estes são os dados revelados no relatório anual de 2008 efectuado pela Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos, ERSAR, I.P.³

Nos últimos anos tem-se verificado em Portugal uma melhoria na cobertura do país nos sistemas de abastecimento de água (Figura 1 e Figura 2).

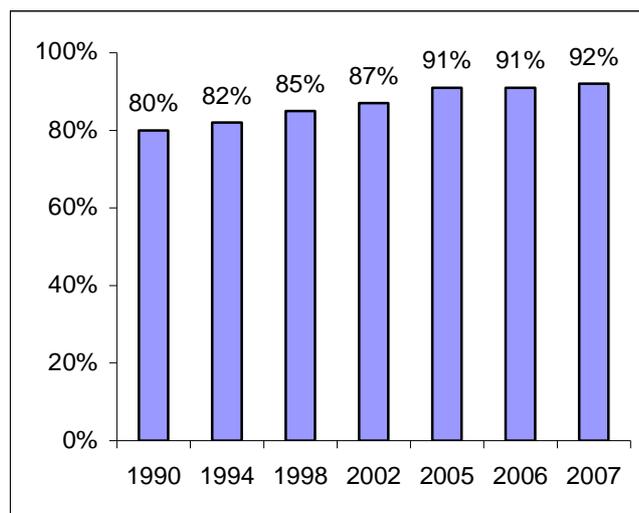


Figura 1. Evolução da população servida com abastecimento de água [1]

¹ A componente “em alta” refere-se ao sistema de abastecimento a montante do reservatório de distribuição. No fundo pode considerar-se como a actividade “grossista” de produção, sendo da responsabilidade dos sistemas multimunicipais.

² A componente “em baixa” refere-se ao sistema de distribuição de água às populações e a jusante do reservatório de distribuição, sendo da responsabilidade das entidades gestoras municipais ou intermunicipais.



Figura 2. Distribuição da população servida com abastecimento de água [1]

Actualmente é possível afirmar que o país já dispõe de um sistema de abastecimento de água dotado de uma qualidade muito aceitável, facto conseguido com o esforço ao nível das entidades produtoras e das distribuidoras de água.

Ao longo dos últimos tempos, pelas mais diversas razões, a população tem seguido a tendência de migrar das zonas rurais para as zonas urbanas, tendo consequência directa nas captações de água, dado que nos maiores aglomerados se verificam, em geral, maiores captações. No entanto, nos últimos três anos, devido a situações pontuais de escassez de água, esta tendência tem estabilizado ou tendo mesmo sido invertida. Neste sentido, integra-se o conceito de eficiência no uso da água, conseguido, teoricamente, pela

³ Anteriormente designado por IRAR, o ERSAR,I.P. centra a sua actividade nos serviços de abastecimento público de água às populações, de saneamento das águas residuais urbanas e de gestão dos resíduos sólidos urbanos.

eliminação das perdas e dos consumos não facturados e também pela minimização da ineficiência dos usos [1].

Factores como os novos modelos de gestão autárquica e a elevada dispersão da população marcaram a evolução dos sistemas, verificando-se um aumento do seu número e da sua dimensão (Figura 3).

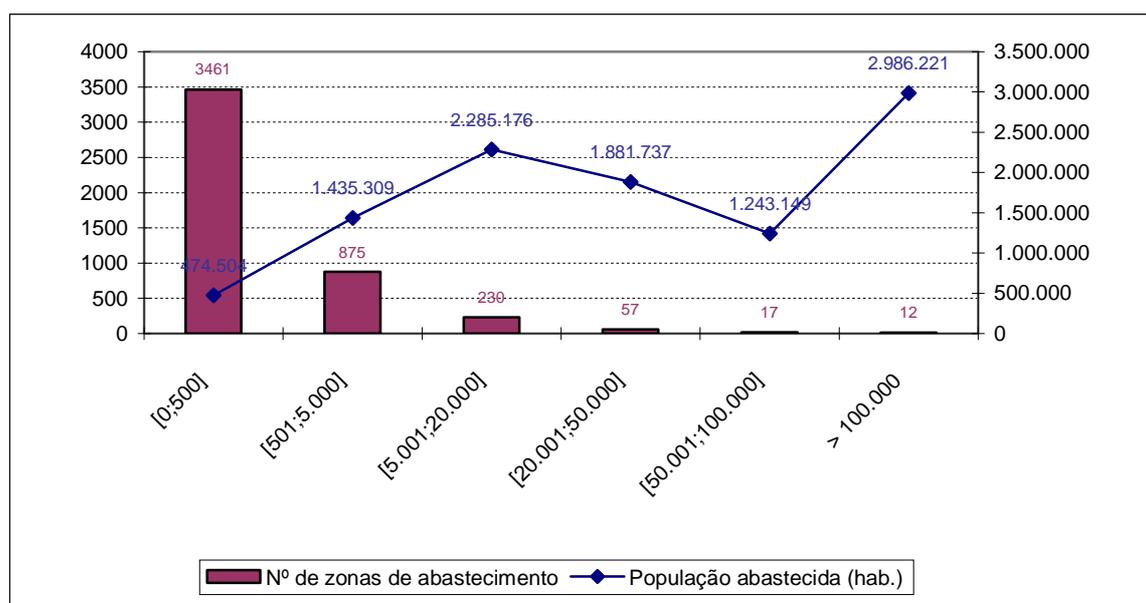


Figura 3. Número de zonas de abastecimento e população abastecida por classes de população, em 2008 [1]

Actualmente, Portugal apresenta uma vasta rede de infra-estruturas a nível da distribuição de água e de recolha de águas residuais. Contudo, a construção de novas infra-estruturas continua ainda a ser uma aposta de investimento, sendo proporcionada essencialmente pela existência de fundos comunitários. Neste contexto, e tendo em conta toda a problemática inerente à quantidade de água que diariamente é desperdiçada nos sistemas, seria uma boa prática direccionar parte desses recursos financeiros também para gestão das infra-estruturas existentes, quer em termos de operação, de manutenção e de reabilitação⁴.

O sector da construção surge nesta área como o potenciador do desenvolvimento das infra-estruturas que servem de base à prestação dos serviços de águas e esgotos, bem como a sua posterior reabilitação. Sendo que esta última ainda não tem grande expressão em

⁴ Neste contexto, entende-se por reabilitação qualquer intervenção física que envolva uma modificação da condição ou especificação de um sistema existente, proporcionando o prolongamento da vida e/ou o melhoramento do seu desempenho estrutural, hidráulico e/ou da qualidade da água.

Portugal, mas que tende a ser desenvolvida por empresas de maior capacidade tecnológica e mais aptas à utilização de novas tecnologias. Os principais problemas com que este sector se depara, e que se reflectem na qualidade das infra-estruturas, relacionam-se com a pouca exigência por parte dos donos de obra e as insuficiências no que respeita à coordenação, controlo e fiscalização.

A questão da qualidade pode ser melhorada se forem implementados sistemas de gestão adequados, nos quais os materiais e equipamentos a utilizar devem ficar abrangidos, pois é comum existirem fabricantes e fornecedores que proporcionam produtos a custos inferiores aos do mercado, mas que, no entanto, possuem um baixo nível de qualidade e não respeitam a normalização vigente. Estas situações ocorrem devido à falta da obrigatoriedade da homologação ou da certificação de alguns produtos, e também pelo facto de, em muitos casos, as entidades gestoras não possuírem a capacidade de elaborar um caderno de encargos adequado nem de efectuarem um controlo de recepção e de fiscalização.

Perante o panorama nacional, em termos de empresas envolvidas no sector e na situação actual de crescente desenvolvimento de novas infra-estruturas, é também tempo de existir uma maior preocupação em termos de manutenção e de operação com as já existentes, sendo esta uma forma viável para a sua optimização.

1.2. Objectivos

Os principais objectivos da presente dissertação de mestrado são os seguintes:

- Analisar as intervenções possíveis inerentes à situação em “fim de vida” das redes de abastecimento e distribuição de água;
- Evidenciar a importância da desconstrução, sobretudo no que se refere ao seu impacto ambiental e económico, referir os principais materiais que podem ser encontrados nos sistemas e, perante as suas características, evidenciar qual a melhor solução de destino a ser dada quando estes são constituídos como resíduos no decurso dos trabalhos de desconstrução;

- Abordar algumas técnicas de reabilitação e de substituição que podem ser utilizadas na intervenção dos sistemas em “fim de vida”.

1.3. Motivação

A água é um recurso finito que nos últimos anos se encontra em potencial risco, devido a factores como o crescimento exponencial da população mundial e o uso pouco racional de que é alvo, que contribuem em grande escala para que a disponibilidade *per capita* seja e venha a ser ainda bem mais reduzida.

Em muitos locais do planeta as populações já sentem os efeitos da crescente escassez de água, reflectidos no aumento do seu custo, na sua falta sazonal e na diminuição da qualidade. Este aspecto deveria constituir por si só uma razão mais do que suficiente para que houvesse uma preocupação a nível mundial na sua preservação, sendo por isso imperativo contribuir de todas formas possíveis para minimizar o fenómeno de “stress hídrico”, previsto para dentro de poucos anos, e zelar pelo direito das gerações futuras terem acesso a água de qualidade.

Inerente a este tema, encontram-se envolvidos interesses económicos, surgindo aqui em destaque a vertente relacionada com os desperdícios de água.

E é neste sentido que se enquadra a importância da intervenção nas redes de abastecimento e distribuição de água, quer associada a acções de reabilitação ou mesmo à substituição das redes quando estas atingem o fim da sua vida útil. Estes procedimentos, apesar de ainda não serem devidamente valorizados, dão um contributo importante na redução das fugas de água existentes nestes sistemas e conseqüentemente diminuem o prejuízo causado pelos mesmos.

2. ESTADO DE ARTE

2.1. A Importância da Intervenção nas Infra-estruturas

Desde a construção das primeiras infra-estruturas da rede de abastecimento e distribuição de água que a principal preocupação em Portugal tem sido a de aumentar cada vez mais a sua cobertura de forma a abranger uma maior área do país, sendo para isso mobilizados todos os recursos financeiros disponíveis nesse sentido. Esta é uma medida interessante do ponto de vista do conforto e saúde das populações, visto que, assim sendo, um maior número de pessoas tem acesso a este recurso de forma canalizada e segura nas suas habitações. No entanto, é necessário também centrar preocupações nas redes já existentes, pois se nada for feito nesse sentido decerto que surgirão problemas no fim da sua vida útil e as consequências irão reflectir-se a nível económico e ambiental.

Actualmente, o panorama que se vive revela que as entidades gestoras concentram os seus esforços no sentido desta expansão sem existir, no entanto, a exigência de elevar o nível de qualidade do serviço das redes já existentes. Constata-se ainda que as acções de reabilitação, manutenção e substituição das já existentes não são contempladas como uma preocupação prévia, limitando-se apenas a existirem reparações, que surgem em resposta a problemas pontuais.

Esta vertente negativa do negócio do abastecimento e distribuição de água tem consequências directas no desperdício de água, traduzindo-se num impacto ambiental, dado que este é um recurso finito, e também num prejuízo a nível económico, no qual se pode salientar, por exemplo, o facto de existirem estudos internacionais que apontam que os custos destas reparações pontuais são três vezes superiores quando comparados com os custos de uma manutenção preventiva [2].

Não existem dados concretos sobre a extensão da rede de distribuição de água em 1970. No entanto, sabe-se que cerca de 40 % da população nacional, o que correspondia a 3.444.450 de habitantes, já estaria abastecida com água da rede pública. Ora, a rede datada desta altura tem agora 40 anos o que significa que, em termos teóricos, chegou ao fim da

sua vida útil⁵ e, como tal, deveria proceder-se à sua desconstrução (e consequente reconstrução) ou reabilitação. No entanto, este procedimento, mesmo em redes ainda mais antigas, não constitui uma prática corrente sistemática em Portugal, apesar de todas as consequências inerentes.

Mesmo durante a vida útil das condutas, também podem existir acções de reabilitação, e essa necessidade pode resultar da diversidade de materiais utilizados, do seu estado de conservação e também do conjunto de factores relacionados com a evolução do consumo. A título de exemplo, ao nível de alguns sistemas de adução e distribuição “em alta”, tem-se vindo a verificar uma maior incidência de ocorrência e detecção de perdas e fugas relacionadas com a perda de estanquidade das juntas e deficiências na instalação, principalmente nos sistemas com idade superior a 15 ou 20 anos [2].

Já no caso dos sistemas de distribuição de água, constatou-se que são perdidos diariamente em Portugal cerca de 750.000 m³ de água potável, o que significa uma perda de 40 % de água que não chega ao consumidor e a um avultado prejuízo a nível económico [2].

Estas perdas e fugas são reflectidas em perdas reais, que decorrem de factores como o estado das condutas, a pressão média de serviço e o comprimento total das condutas e ramais; e também em perdas aparentes que resultam de situações como consumos não autorizados, por existência de ligações ilícitas e uso fraudulento de bocas-de-incêndio e marcos de água.

Assim, e tendo em conta que os equipamentos de vigilância dos índices de perdas têm um custo bastante inferior ao do prejuízo decorrente da perda de água, era importante que as entidades gestoras investissem na vigilância, na inspecção e fiscalização das condutas. Esta é uma medida que possibilitaria também antever eventuais problemas estruturais e promover a reabilitação.

A gestão da água constitui um problema a nível mundial e estima-se que, se o actual consumo se mantiver em 2025, dois em cada três habitantes irão sentir a falta de água. Ocorrerá portanto uma situação que vulgarmente se designa por “stress hídrico”, em que se prevê que existirão zonas em que esta irá escassear. Como se pode constatar no mapa, onde

⁵ A vida útil considerada numa rede situa-se entre os 30 e os 50 anos. No entanto, em termos de projectos esta pode ser assumida como sendo de 40 anos.

se encontram indicadas as zonas do planeta mais propensas a este fenómeno, destacam-se como locais problemáticos todo o sul da Europa, o norte de África e parte do norte do continente americano (Figura 4).

Portugal encontra-se enquadrado num desses países onde o risco de “stress hídrico” se encontra bem patente, o que constituirá um grave problema a nível nacional se não forem tomadas medidas no sentido de reduzir o consumo de água, sendo por isso imperativo começar a agir rapidamente.

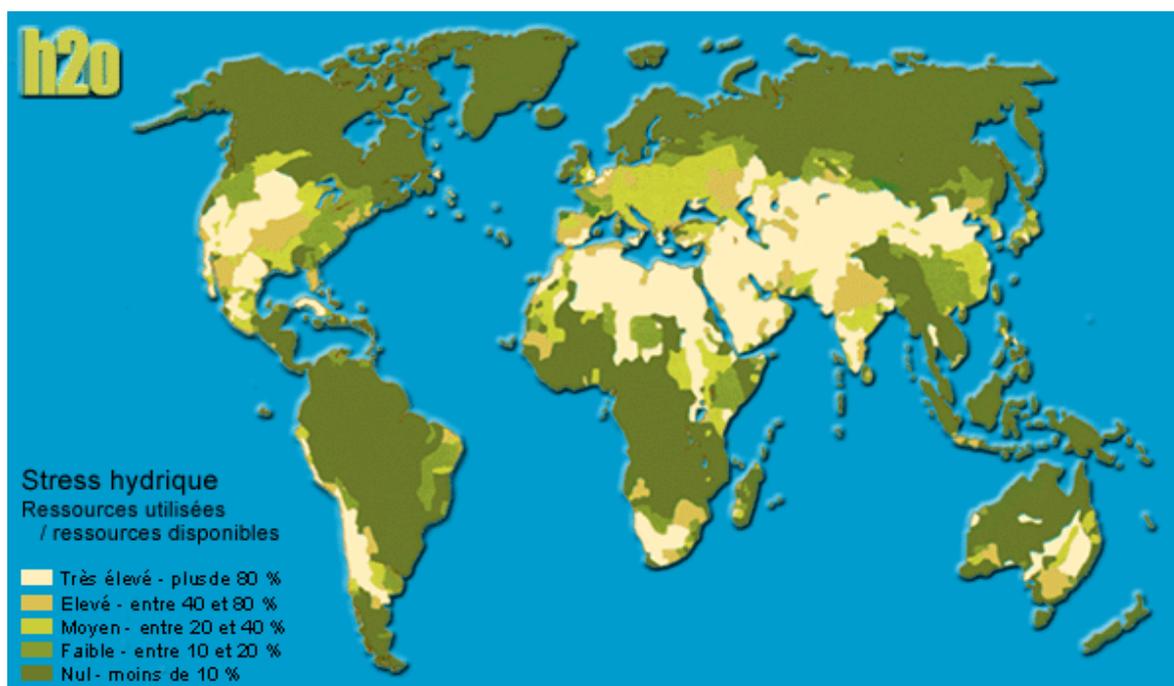


Figura 4. Mapa mundial do *stress hídrico* [3]

Existe ainda muito trabalho a ser desenvolvido, ao nível da sensibilização das entidades responsáveis pelos sistemas de abastecimento e distribuição de água para as diversas medidas a aplicar, de forma a que ocorra o menor desperdício de água possível no seu trajecto; e da população consumidora para que sejam implementadas soluções para um consumo mais racional da água.

Também o facto de a informação existente ser escassa, e não incidir em assuntos como o disposto na presente dissertação, contribui para que a problemática existente ainda não tenha sido realmente reconhecida por todos, deixando mesmo antever que se nada for feito neste sentido só se dará a devida importância quando for notória a escassez de água.

Contudo, instituições como a ANQIP⁶ têm demonstrado algum interesse em preservar este recurso finito dando passos importantes na área do uso eficiente de água, nomeadamente a nível predial.

Neste contexto é importante referir o Plano Nacional de Uso Eficiente de Água (PNUEA), desenvolvido em pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) em parceria com o Instituto Superior de Agronomia (ISA), onde constam as medidas a aplicar nos sectores urbano, agrícola e industrial para a promoção do uso eficiente da água em Portugal.

Apesar de ter sido editado em 2001, este plano ainda não se encontra verdadeiramente implementado nem existe nenhuma promoção operativa em curso nesse sentido. É de referir também o desenvolvimento de alguns esforços, por parte da ERSAR no sentido de impulsionar a reabilitação dos sistemas, salientando-se a sensibilização das entidades gestoras para a necessidade de implementação de planos de reabilitação, com intuito de minimizar os custos e maximizar os proveitos.

2.2. A Desconstrução e a produção de RCD

Em termos gerais, a desconstrução corresponde a um conjunto de trabalhos com intuito de remover uma estrutura existente, viabilizando o aproveitamento do mesmo espaço. Pode ser efectuado em construções com alguns anos de utilização ou mesmo em construções recém-construídas, com um carácter global ou parcial.

Em construções com alguns anos de utilização, recorre-se à desconstrução em casos de necessidade de adaptação a novos condicionalismos funcionais, de reforço estrutural, de situações em que existam patologias de durabilidade ou mesmo devido a catástrofes naturais ou humanas. Já em construções recém-construídas, esta pode revelar-se importante perante situações como acidentes, alterações, erros de projecto ou de construção.

O processo de realização da desconstrução é importante em termos de impacto ambiental, no entanto, para que este seja minimizado é necessário promover a adequada

⁶ ANQIP- Associação Nacional para a Qualidade nas Instalações Prediais

regulamentação ambiental, desenvolver e implementar técnicas/processos de desconstrução e, também, sensibilizar os intervenientes na actividade de construção, especialmente os donos de obra, projectistas e empreiteiros para a sua importância.

A “desconstrução tradicional” (demolição) caracteriza-se por ser efectuada de forma indiferenciada, existindo neste caso a produção de uma elevada quantidade de resíduos destinados, na maioria dos casos, a aterro, o que não corresponde a uma solução favorável do ponto de vista ambiental. Neste sentido surgiu a desconstrução selectiva, a partir da qual se efectua um desmantelamento cuidadoso da estrutura proporcionando deste modo a recuperação dos materiais e dos componentes de construção, potenciando a sua reutilização ou reciclagem.

O sector da construção apresenta-se como sendo uma das áreas mais importantes em termos de emprego e da economia nacional. Não obstante desse facto, revela possuir também um elevado impacto no ambiente salientando deste modo a importância da gestão ambiental neste sector, na qual deve ser apoiada pela publicação de documentos legislativos mais restritivos em termos ambientais, sobretudo no que se refere à separação e encaminhamento dos resíduos produzidos.

Estimativas comunitárias apontam que a produção de resíduos de construção e demolição (RCD) correspondem a cerca de 22% do total de resíduos produzidos na União Europeia. Mas contrariamente ao que se verifica para outros fluxos de resíduos, na União Europeia não existe legislação específica para os RCD, não havendo por isso qualquer controlo na sua produção e gestão, o que cria dificuldades na obtenção de soluções que proporcionem a valorização ou eliminação dos mesmos [13].

Havendo a consciência de que os RCD possuem uma elevada percentagem de produtos reutilizáveis e materiais recicláveis, torna-se ainda mais relevante a importância da sua valorização, pois só assim é possível proporcionar uma diminuição de custos relacionados com o seu depósito, um aumento da sua vida útil e consequentemente uma diminuição do uso de recursos naturais.

É de salientar o esforço desenvolvido pelas Câmaras Municipais na criação de espaços para a instalação de unidades de triagem, bem como para a deposição dos componentes não passíveis de reaproveitamento, neste último caso ao abrigo da legislação que regulamenta os aterros.

2.3. Materiais existentes numa rede de abastecimento e distribuição de água

Ao longo dos anos, o leque de materiais utilizados na construção de infra-estruturas da rede de abastecimento e distribuição de água tem vindo a ser diversificado, contudo estes podem ser enquadrados em três classes: os plásticos (PVC, PEAD, PRFV), os metálicos (Ferro Fundido, Ferro Galvanizado, Aço) e outros materiais (de base cimentícia como o betão e o fibrocimento).

Um dos materiais termoplásticos mais utilizados é o Policloreto de Vinilo (PVC), que pode ser de vários tipos. No entanto, em termos de tubagens, existem dois tipos principais, o PVC10 e o PVC 6, que correspondem a tensões de segurança de 10 e 6 MPa, respectivamente, sendo que o primeiro mais usual. Este apresenta uma boa resistência aos produtos químicos, existindo no entanto algumas excepções mas que não são relevantes para a sua utilização na rede de distribuição de água. Permite ainda técnicas de união de fácil execução.

Contudo, também possui desvantagens, nomeadamente no que diz respeito à sensibilidade aos entalhes, ao choque (especialmente quando exposto a baixas temperaturas), a más condições de instalação, à radiação solar, e a solos contaminados com solventes orgânicos, compostos halogenados e alguns derivados do petróleo. Apesar de se assumir os 40 anos para a vida útil de uma rede, as tubagens em PVC têm vindo a revelar uma durabilidade menor que a espectável.

Para as tubagens da rede de distribuição de água existem no mercado dois tipos de tubos em polietileno, os de média densidade (PEMD) e o de alta densidade (PEAD). Como vantagens da sua aplicação salientam-se a flexibilidade (principalmente em pequenos diâmetros) e a boa resistência aos entalhes superficiais, ao choque, às vibrações e aos movimentos do solo.

Para além disso, apresenta uma facilidade de união por soldadura que quando bem executada permite uma união de muito boa qualidade. Mas, à semelhança do que acontece nos outros materiais, este também se encontra dotado de desvantagens, como a sua sensibilidade a solos contaminados com oxidantes, detergentes, solventes e

hidrocarbonetos; a degradação por radiação solar, a difícil detecção de fugas e a exigência de equipamento e pessoal especializado para a execução de uniões por soldadura.

Ainda dentro do conjunto dos materiais plásticos, existe a utilização do Poliéster reforçado com fibra de vidro (PRFV), especialmente em condutas enterradas de abastecimento de água potável, podendo ter acessórios aplicados de PRFV ou de outros materiais, como o ferro fundido e o aço. Permite uma boa resistência aos produtos químicos e uma disponibilidade em grandes dimensões.

A sensibilidade ao choque e à corrosão sob tensão em alguns ambientes orgânicos e inorgânicos constituem algumas das limitações apresentadas por estes materiais, assim como a exigência de boas condições de compactação do terreno envolvente de forma a evitar deformações indesejáveis.

Em termos de materiais metálicos, o ferro fundido (FF) corresponde a um dos mais frequentes nas redes de água, pois tem uma grande longevidade e uma boa resistência a pressões elevadas e à corrosão, mas, por ser um material frágil, requer um manuseamento cuidado. Este tipo de tubagens admite acessórios do mesmo material ou em aço de construção à medida e com uniões flangeladas.

Em termos de revestimento normalmente utilizam-se tintas anticorrosivas sintéticas tanto no interior como no exterior. No entanto, pode ser também utilizada para revestimento interior uma argamassa de cimento de alto forno. Para o revestimento exterior em tubos enterrados podem ser usados produtos de base betuminosa ou asfáltica ou resinas *epoxy*.

Salientam-se ainda os tubos de aço, que possuem uma larga gama de fabrico, podendo ter acessórios construídos à medida do mesmo material ou em ferro fundido. Contudo, corresponde a um dos materiais mais atacados pela corrosão química ou electroquímica, e no caso de os tubos serem enterrados deverá ser considerada a aplicação de uma protecção catódica de acordo com a resistividade do terreno.

Em termos de revestimento, podem ser aplicados materiais como argamassa de cimento de alto forno, produtos de natureza betuminosa ou asfáltica, ou mesmo pinturas fosfatadas ou à base de resinas. No caso das tubagens não enterradas, podem ser adoptados revestimentos por pinturas adequadas ou através do uso de tubagens de aço galvanizado ou aço inox.

Para além dos materiais plásticos e dos metálicos é possível ainda encontrar nas infra-estruturas outros tipos materiais como os de base cimentícia, que correspondem normalmente ao betão e ao fibrocimento. As tubagens de betão podem ser de betão simples, armado ou pré-esforçado.

Este é um tipo de material que apresenta pouca resistência ao choque e não necessita de protecção catódica. No entanto possui uma gama de fabricação muito alargada, quer a nível de grandes diâmetros quer para pressões elevadas. Os acessórios são fabricados por medida. As tubagens devem ser pintadas no seu interior e exterior como forma de protecção da acção corrosiva da água e dos solos, respectivamente.

A baixa condutibilidade térmica, a insensibilidade à corrosão electroquímica, a relativa leveza e o preço mais acessível quando comparado com outras tubagens constituem algumas das vantagens inerentes à utilização do fibrocimento. Quando utilizado, este material tem acessórios em ferro fundido.

Também existem algumas desvantagens na sua utilização, como a sua relativa fragilidade, o facto de não suportar pressões de serviço muito elevadas ou mesmo de ser atacado pelos terrenos ricos em sulfatos e pelas águas muito agressivas. Também se tem verificado que a durabilidade deste material fica fortemente afectada no caso de ser usado para águas ácidas não tratadas.

Em termos de constituição, o fibrocimento corresponde a um composto de cimento com 10 a 15 % de fibra de amianto. Estudos relativamente recentes revelaram que a fibra de amianto provoca efeitos nocivos no homem, sobretudo problemas graves a nível dos pulmões, sendo por este facto que hoje em dia integra na Lista Europeia de Resíduos (LER)⁷ como uma substância perigosa. E, portanto, sempre que forem removidos materiais de fibrocimento deve existir um procedimento dotado de algum rigor, de forma a que sejam cumpridos todos os procedimentos de segurança.

⁷ A Lista Europeia de Resíduos define um rol de resíduos onde cada um possui um código, dentro desta lista encontram-se identificados os materiais ditos perigosos, que correspondem aqueles que apresentam pelo menos uma característica de perigosidade para a saúde ou para o ambiente. No caso do amianto este encontra-se inserido no LER com o código 17 06 05.

2.4. Enquadramento Legal e Político

A desconstrução, sendo um tipo de demolição selectiva, pode ser considerada como uma operação dotada de um certo risco e portanto seria natural que existisse um nível de segurança particularmente cuidada. Infelizmente em Portugal ainda não existe um regulamento específico direccionado para as demolições, ao contrário do que se verifica em outros países como o Reino Unido onde existe a BS 6187.

No entanto, o que tem servido como base de regulamentação é o Regulamento da Segurança ao Trabalho da Construção Civil (RSTCC), de Agosto de 1958 (DL 41821) que já se encontra legislado há cerca de 42 anos e, embora entretanto tenham sido publicadas portarias que tentam de alguma forma actualizar algumas lacunas aí existentes, o que é certo é que este regulamento carece de revisão, dado que, por exemplo, ainda alude a alguns procedimentos que actualmente já não são praticados.

Inerente ao tema da desconstrução surge a necessidade de regular a gestão dos resíduos e, neste sentido, aplica-se o disposto no Decreto-Lei 46/2008 de 12 de Março, que tem como objectivo a regulação dos RCD, impondo medidas de prevenção da sua produção e da sua perigosidade logo desde a fase de projecto, conciliando assim a utilização de materiais com maior potencial reciclável e reutilização. Ainda no âmbito deste Decreto-Lei, encontra-se previsto que, nas empreitadas e concessões de obras públicas, o projecto de execução seja acompanhado por um Plano de Prevenção e Gestão de RCD (PPG), o qual deve assegurar o cumprimento dos princípios gerais de gestão de RCD e das restantes normas presentes no constante Decreto-Lei e no Decreto-Lei 178/2006, de 5 de Setembro.

Adjacente a este tema pode ainda referir-se o decreto regulamentar nº 23/95 de 23 de Agosto, onde se encontram dispostas os princípios gerais a que deve obedecer a concepção, construção e exploração dos sistemas de distribuição de água. Salienta-se o facto de este decreto se encontrar direccionado apenas para a rede de distribuição, não abrangendo por isso os componentes de abastecimento (captações, tratamento, elevação, etc.).

3. OS MATERIAIS E O SEU CICLO

3.1. Enquadramento

Um sistema de abastecimento e distribuição de água é composto por um conjunto de diversos componentes diferentes que desempenham funções distintas, mobilizando desta forma uma grande variedade de materiais. Este capítulo irá incidir sobre os materiais mais comuns que podem ser encontrados durante as actividades de desconstrução/reabilitação deste tipo de sistemas, especialmente no que se refere a tubagens, salientando-se, contudo, que no caso dos reservatórios o material mais usual é o betão.

É importante referir que a gestão que é efectuada dos materiais depende em grande parte do tipo de intervenção que é realizada. Por exemplo, considerando a substituição de uma conduta numa rede a partir de um processo destrutivo torna-se evidente que a recuperação e conseqüente valorização do material se encontre comprometida.

Nesta perspectiva, torna-se interessante referir quais os parâmetros que serviram de base para a escolha do material da tubagem ou que devem ser utilizados para a escolha do material de uma nova tubagem, que são os seguintes:

- características da água a transportar (acidez, dureza, composição química);
- zona a implantar a tubagem e natureza do solo (dureza, acidez, movimentação do solo);
- pressão de serviço;
- ligações.

Para além destes parâmetros, é necessário efectuar ainda uma comparação entre os materiais viáveis, nomeadamente ao nível das suas propriedades mecânicas, hidráulicas (rugosidade, número de juntas), físicas (peso específico, condutibilidade eléctrica) e químicas (resistência à corrosão), assim como do seu custo e a disponibilidade no mercado e da necessidade de pessoal especializado para a sua manutenção e reparação.

A escolha dos materiais é efectuada pelos projectistas que, sob o ponto de vista económico, normalmente apenas valorizam o custo de aquisição⁸. No entanto, considerando que a vida útil destes sistemas ronda os 40 anos, em geral, constata-se que a fase de exploração, manutenção e reabilitação das construções corresponde ao período mais alargado e, conseqüentemente, se devem encontrar aí os maiores investimentos.

Chegando ao fim da sua vida útil, devem ainda ser considerados os custos inerentes à desconstrução, que serão maiores ou menores em função das características da rede, e os custos de eliminação, que incluem o seu transporte até aos locais onde serão tratados e/ou condicionados de forma a minimizar o seu impacto ambiental e na saúde humana. Contudo, o material, no fim da sua vida útil, pode ainda apresentar um valor económico, designado por valor venal, que será tanto maior quanto maior o seu potencial de reutilização e reciclagem.

Os materiais que são utilizados nos sistemas de abastecimento e distribuição de água, nomeadamente no que diz respeito a tubagens, podem ser divididos em três grupos: os plásticos, os metálicos e os de origem cimentícia, como anteriormente se refere.

Com o passar do tempo, todos estes materiais se vão degradando, naturalmente ou de forma acelerada quando potenciado pela influência de factores externos. Um caso bem patente desta situação, é o das tubagens em ferro fundido ou de aço que não possuem um revestimento interior ou em que este se encontra degradado, as quais, quando expostas a um conjunto de factores, como gases dissolvidos (anidrido carbónico, oxigénio), salinidade, temperatura e velocidade de escoamento, contribuem para o fenómeno de corrosão. Deste facto resultam conseqüências como o aumento de perda de carga, relacionado com o desenvolvimento de irregularidades no interior da superfície da conduta e, em certos casos, mesmo a obstrução da secção (particularmente pelo efeito de ferrobactérias).

Já as tubagens plásticas (PVC e Polietileno) ou outros materiais com revestimentos de plásticos, apesar de contribuírem com uma excelente resistência à corrosão e uma inércia bacteriológica, com a sua degradação transferem o gosto da água e, eventualmente, alguns dos seus componentes.

⁸ No caso dos sistemas de abastecimento e distribuição de água, o custo de aquisição diz respeito aos custos de fornecimento e instalação, ou seja, ao somatório dos custos de movimentação de terras, da escavação da vala, do enchimento, dos materiais utilizados e da colocação dos tubos e acessórios.

Os tubos de origem cimentícia, como betão armado e pré-esforçado, fibrocimento ou mesmo metálicos com revestimento interior em argamassa de cimento ficam sujeitas a deterioração por diminuição do teor de cal do cimento. Para o agravamento deste efeito contribuem factores como a compacidade e idade do betão, a dosagem do cimento, composição química, estrutura e finura do cimento, composição química e qualidade dos agregados, natureza e concentração dos compostos na água, velocidade de escoamento, temperatura e pressão e as condições de colocação e exploração.

Em Portugal é comum verificar-se, essencialmente, dois grandes problemas a nível dos materiais utilizados, que se relacionam com a ausência de critérios correctos na selecção dos produtos em função das condicionantes locais e também com a utilização de produtos não homologados, que frequentemente apresentam baixa qualidade.

3.2. Plásticos

A indústria da construção é um dos principais consumidores de plásticos, estimando-se que utilize 20 a 26% da produção total de plásticos, enquanto que 40% dizem respeito à indústria de embalagens. O grande aumento da utilização deste tipo de materiais no sector da construção surgiu a partir dos anos 60.

Os plásticos são materiais fabricados a partir de um processo de polimerização de resinas, geralmente sintéticas e derivadas do petróleo, onde monómeros são unidos formando grandes cadeias moleculares, os polímeros. A partir deste processo podem ser formados dois tipos de polímeros: os termoplásticos, que, pelo facto de a sua estrutura química não ser alterada durante a fase de aquecimento no seu fabrico, permite um posterior reprocessamento, e os termofixos que, após a sua moldagem, não admitem mais remodelações e, portanto, são não recicláveis (baquelite, por exemplo).

O processamento dos termoplásticos pode ser realizado de várias formas, como a extrusão, a injeção, a calandragem, a termomoldagem e a moldagem por sopro.

O processo de extrusão envolve a fusão da matéria-prima que é colocada a partir de uma tremonha num parafuso de extrusão e sujeita a elevadas temperaturas. Uma vez

fundida, a forma pretendida é conseguida pela sua passagem numa cabeça extrusora (Figura 5).

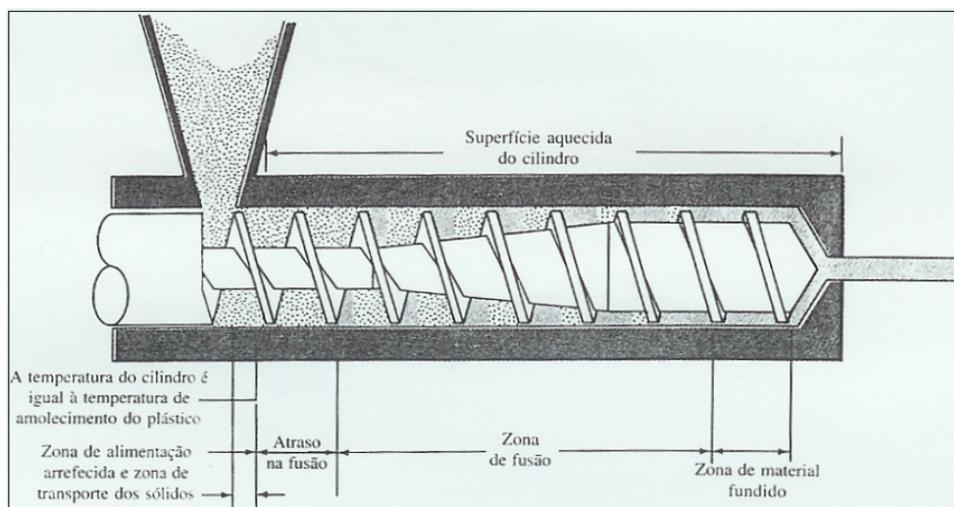
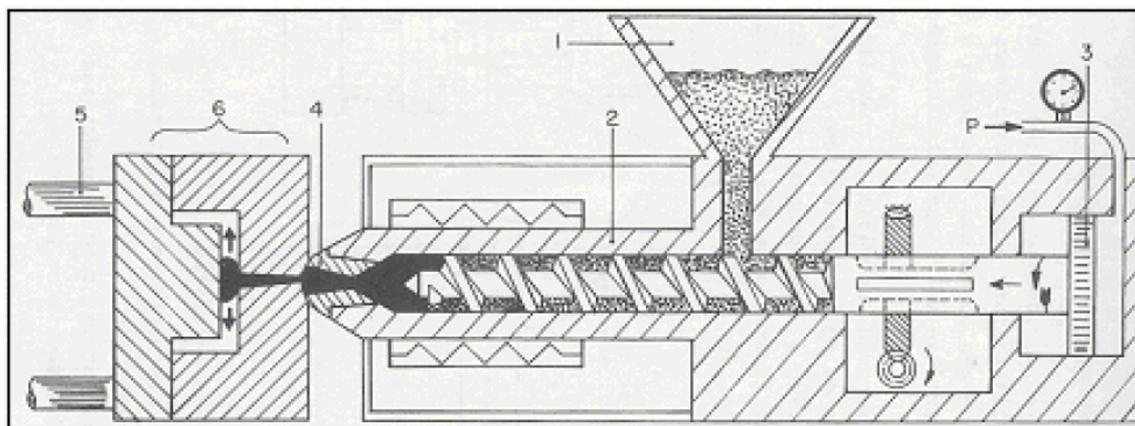


Figura 5. Esquema de uma extrusora [15]

Quando o processo for por injeção (Figura 6), a sua fabricação ocorre pela passagem da matéria-prima fundida, injectada, num molde que possui a configuração desejada sendo posteriormente desmoldada quando se encontrar arrefecida. Apesar do elevado custo do equipamento, que conduz à necessidade de produção de um grande volume de peças de forma a compensar o investimento, os custos laborais associados são relativamente baixos. É um processo que pode ocorrer em grande parte por automatização e a partir do qual podem ser produzidas peças de elevada qualidade a grande velocidade e com bom acabamento superficial, mediante a existência de um controlo rigoroso. Permite ainda o fabrico de peças com formas mais complicadas.



1. Reservatório para matéria-prima 2. Canhão 3. Cilindro de injeção
4. Bico de injeção 5. Sistema de fecho e abertura do molde 6. Molde

Figura 6. Esquema de uma máquina injetora [15]

Estes dois métodos de processamentos apresentados são utilizados para a criação de vários tipos de materiais de construção, sendo no entanto os que se destacam na produção de tubagens termoplásticas. Os materiais vulgarmente trabalhados por estas técnicas são o policloreto de vinilo (PVC), o polietileno (PE), o poliestireno (PS) e as poliamidas.

Numa breve referência aos restantes processos, pode referir-se a calandragem que é utilizada na produção de filmes e chapas e consiste na passagem forçada da matéria-prima por cilindros aquecidos que rodam a diferentes velocidades. Já a termomoldagem utiliza uma folha de plástico aquecida que é pressionada por acção mecânica ou por vácuo contra a superfície de molde, servindo essencialmente para a criação de chapas onduladas de PVC.

Quando o objectivo é a produção de objectos cilíndricos recorre-se à moldagem por sopro. Aqui a pré-forma (cilindro ou tubo aquecido) é colocada num molde que, depois de fechado, prende as suas extremidades por acção de pressão exercida pelas mandíbulas. De seguida, por injeção de ar comprimido, o plástico é empurrado contra as paredes do molde e adquire a forma pretendida.

Os termoplásticos encontram-se divididos em categorias identificadas por números e que se diferenciam em algumas características físicas e de degradação térmica que influenciam a reciclagem (Figura 7).

Assim, as sete categorias em que se enquadram os termoplásticos são:

1. Politereftalato de etileno (PET)
2. Polietileno de alta densidade (PEAD)
3. Policloreto de vinilo (PVC)
4. Polietileno de baixa densidade (PEBD)
5. Polipropileno (PP)
6. Poliestireno (PS)
7. Outros (ABS)

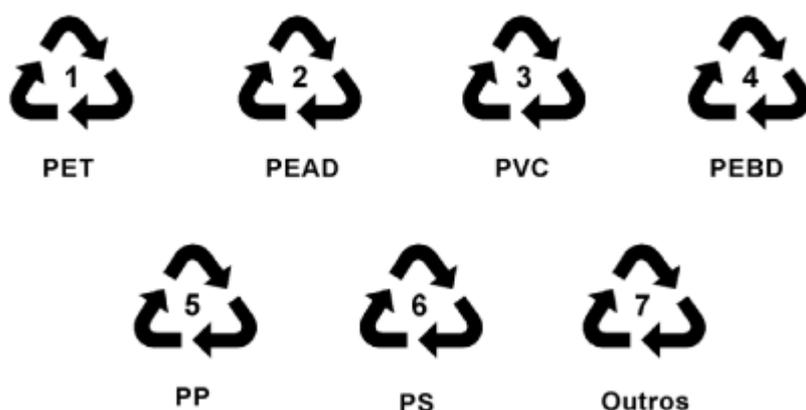


Figura 7. Representação das categorias dos termoplásticos [7]

3.2.1. Polietileno

O polietileno (PE) é um dos termoplásticos que pertence ao grupo dos polímeros poliolefinicos, obtido pela polimerização do gás etileno. A partir da variação das condições de pressão e temperatura em que a reacção ocorre obtém-se produtos de características diferentes, sendo por isso classificados de acordo com a sua densidade (baixa, média ou alta).

Existem assim no mercado vários tipos de PE: os que são produzidos a elevadas pressões (120 – 300 MPa) e temperaturas que rondam os 150° e os 300° C designados por Polietileno de Baixa Densidade (PEBD); o Polietileno de Alta Densidade (PEAD)

resultantes de baixas pressões (2 – 5 MPa) e de temperaturas situadas entre os 50° e os 100 °C, e o Polietileno de Média Densidade (PEMD) que é produzido sob condições intermédias [12].

Este material tem vindo a ser utilizado em tubagens no sistema de distribuição de água sob pressão há mais de 50 anos. E embora inicialmente se tenha recorrido ao PEBD, nos finais dos anos 50 foi introduzido o PEAD que permitiu aplicações de pressões mais elevadas, uma diminuição da espessura das paredes e também o fabrico de maiores diâmetros. Contudo o PEBD ainda continua a ser utilizado em alguns países em acessórios de ligação e em tubos de irrigação de pequenos diâmetros e/ou baixas pressões. Apresenta ainda uma grande flexibilidade que lhe confere uma melhor resistência aos golpes de aríete quando comparado com os restantes plásticos [14].

A tubagem de PEAD decorre da extrusão de um PE de elevada massa volúmica devidamente aditivado e apresenta uma cor preta com listas azuis. O seu dimensionamento é realizado para uma classe de pressão nominal de 6 kg/cm²; 8 kg/cm² e 10 kg/cm², quanto à espessura da parede dos tubos.

As tubagens de PEAD admitem ligações por electrosoldadura, topo a topo em tubos de grande diâmetro (superiores a 90 mm) e ligações mecânicas realizadas para tubos de diâmetros pequenos e em situações que não requerem grande resistência à tracção.

3.2.2. Policloreto de Vinilo (PVC)

O Policloreto de Vinilo (PVC) é único plástico que não é 100% originário do petróleo contendo, em peso, 57% de cloro e 43% de eteno (derivado do petróleo). Os tubos deste material são fabricados por extrusão, através da polimerização do cloreto de vinilo sob acção do calor e presença de catalizadores apropriados.

Os tubos de PVC são opacos, apresentam cor cinzenta e surgem classificados de acordo com a classe de pressão, de acordo com a respectiva norma aplicável. A classe de pressão nominal do tubo a utilizar surge em função do fim a que se destina.

A realização das juntas neste tipo de tubagens deve ser por acoplamento ou por enfiamento das pontas macho noutra tubo. Estas ligações são permitidas pelo facto de os tubos e acessórios de montagem possuírem uma cabeça de acoplamento que com a interpolação de um anel neoprene garante a estanquidade das ligações e absorve os movimentos de contracção e dilatação. Excepcionalmente, poderão surgir casos em que podem ser utilizadas soldaduras ou colagens, no entanto estas apenas podem ser realizadas mediante aprovação da Fiscalização.

Este material, não necessita de qualquer tipo de revestimento, podendo ser aplicada uma resina ou pulverizado com areia apenas com o intuito de melhorar a aderência com betões nas ligações às caixas.

3.2.3. Poliéster Reforçado com Fibras de Vidro (PRFV)

Os tubos de poliéster reforçado com fibras de vidro (PRFV) são fabricados através dos processos de moldagem por contacto, de enrolamento filamentar ou de centrifugação. A sua aplicação mais comum é a de tubagens enterradas de redes de abastecimento de água, encontrando-se disponível em diâmetros nominais que variam entre os 100 e os 3000 mm.

As principais vantagens da sua utilização relacionam-se com o facto de ser termo-estável, insensível aos raios ultravioleta e aos agentes atmosféricos. Dado que se trata de um material muito resistente a diversos agentes químicos, não necessita de qualquer tipo de revestimento.

As uniões admitidas por este tipo de tubagens são as uniões do tipo macho-fêmea de PFRV (tipo *comet*), as juntas mecânicas flexíveis e as juntas flangeladas.

3.3. Metais

3.3.1. Ferro Fundido (FF)

Para além da grande longevidade que apresentam, as tubagens de ferro fundido são caracterizadas pela sua boa resistência às elevadas pressões. Dentro deste tipo de tubagens podem ser considerados dois grandes grupos: os que são constituídos por grafite sob a forma lamelar correspondendo deste modo a um material frágil designado por ferro fundido cinzento; e o ferro dúctil dotado de grande resistência devido à forma cristalizada da grafite.

Um dos problemas mais comuns relacionados com as tubagens metálicas relaciona-se com o efeito da corrosão, sendo que o caso dos tubos de ferro fundido cinzento é um aspecto que merece alguma relevância. Por essa razão, estes devem ser revestidos interiormente por pinturas anti-corrosivas de origem sintética, por argamassa de cimento de alto forno ou por produtos betuminosos.

No caso das tubagens enterradas recorre-se a revestimento externo de produtos betuminosos ou asfálticos, sendo contudo também aplicável o uso de tintas anti-corrosivas.

Em termos de uniões são admitidas as do tipo flange, do tipo macho-fêmea e do tipo *gibault*.

É importante referir que neste tipo de tubagens o diâmetro nominal coincide com o diâmetro interior do tubo e que suportam valores de pressão de serviço que podem atingir os 4 MPa.

No que diz respeito ao ferro fundido dúctil, apesar de ser muito resistente à corrosão, pode ser melhorado pela aplicação de revestimentos, a saber, interiormente à base de argamassa de cimento em alto-forno ou de argamassa de cimento aluminoso (no caso de águas agressivas) e exteriormente podem se utilizadas soluções de zinco metálico com tinta betuminosa ou ainda revestimento em poliuterano, no caso de situações mais extremas.

As uniões podem ser realizadas por juntas automáticas do tipo macho-fêmea, em tubagens enterradas e de boas condições de fundação, por juntas de fixação mecânica do tipo macho-fêmea para tubagens aéreas, por juntas travadas, recomendada em caso de

assentamento em condições adversas com elevado risco de desemboquilhamento, e por juntas flangeladas por ligações rígidas.

A produção das tubagens de ferro fundido é efectuada mediante as propriedades que se pretende obter, sendo escolhido o processo de fundição que mais se ajuste, onde varia o tempo de processamento e a temperatura, que condicionam a variação do teor de carbono [16].

3.3.2. Aço

Com uma larga gama de fabrico, as tubagens de aço podem ser produzidas por construção vazada (extrusão) ou por construção em chapa vazada. A extrusão⁹, que pode ser realizada a quente ou a frio, consiste na injeção de um produto a alta pressão e temperatura de uma forma vazada tomando a forma de uma peça semi-acabada.

A este tipo de tubagens encontra-se associada a grande desvantagem de serem um dos materiais mais atacados pela corrosão química ou electroquímica, devendo por isso ser submetido a um revestimento por materiais como a argamassa de cimento de alto forno, produtos asfálticos ou betuminosos, ou mesmo revestimentos conseguidos por pinturas fosfatadas ou de origem resinosa. No caso dos tubos serem enterrados, deverá proceder-se à aplicação de uma protecção catódica, que deve ser de acordo com a resistividade do terreno.

Os tubos de aço, em termos de uniões, admitem os processos de juntas mecânicas flexíveis, juntas soldadas topo a topo e as juntas flangeladas.

⁹ A extrusão pode ser definida como um processo de produção a partir do qual são formados componentes mecânicos de forma semi-contínua onde o material é forçado a passar por uma matriz adquirindo deste modo a forma determinada pelo projectista da peça.

3.4. Materiais de origem cimentícia

3.4.1. Betão

A vasta gama de fabricação associada às tubagens de betão permite a utilização deste tipo de tubos rígidos em grandes diâmetros e em pressões elevadas. Para além da sua durabilidade, são também reconhecidos pela qualidade de fabrico, resistência, variabilidade de formas e tamanhos.

Quando apropriadamente produzidas, as tubagens de betão podem ter uma duração superior a 100 anos, encontrando-se esta elevada durabilidade relacionada com vários factores, como a resistência à compressão que depende da mistura de betão¹⁰, a densidade, a absorção de água influenciada em grande parte pelos agregados e pelo processo de fabrico utilizado, a baixa razão água-cimento, e a quantidade de cimento que condiciona o pH do betão (que normalmente apresenta valores na ordem de 12-13).

As tubagens de betão apresentam ainda um historial de bom funcionamento no transporte de águas e esgotos, conseguido por décadas de pesquisa e desenvolvimento em muitos aspectos que permitiram um bom enquadramento em ambientes subterrâneos. Os seus custos de instalação são reduzidos e facilmente integrados na noção de sustentabilidade, uma vez que não tem o compromisso da necessidade de futuras gerações.

Este tipo de tubos, quando em betão simples, armado ou pré-esforçado pode apresentar uniões do tipo macho-fêmea vedadas por um anel de borracha. No caso das tubagens com alma de aço, a vedação é efectuada por envolvimento de betão após a montagem. Em casos extremos de condições adversas de fundação, as uniões poderão ser rígidas, sendo nesta situação as bocas do tipo macho-fêmea soldadas.

Este tipo de tubagens geralmente necessita de uma pintura que lhe confere um revestimento, exteriormente como forma de protecção à acção agressiva dos solos e interiormente devido à acção corrosiva da água.

¹⁰ A resistência à compressão depende da mistura de betão, isto é, dos agregados, do material cimentício, dos aditivos, da técnica de fabrico e o seu processo de cura.

3.4.2. Fibrocimento

O fibrocimento é um composto de cimento com 10 a 15% de fibras de amianto. A sua utilização em Portugal remonta desde há várias décadas, contudo a produção de materiais de fibrocimento apenas foi intensificada a partir de 1970 tendo como principal objectivo a sua aplicação na construção civil e agricultura, sendo consumidos cerca de 90% do amianto importado [17].

A relativa leveza, a insensibilidade à corrosão electroquímica e a baixa condutibilidade térmica são algumas das propriedades das tubagens em fibrocimento que levaram à intensificação da utilização deste material. Contudo, a sua utilização em solos ácidos ou no transporte de águas de baixo pH potencia a rápida deteriorização, pondo em causa investimentos elevados, e deste modo deve ser considerado um revestimento com tintas específicas, interiormente e exteriormente, devendo estas últimas serem escolhidas em função do solo.

Os tubos de fibrocimento podem ser unidos entre si por uniões do tipo *comet* ou *simplex*, enquanto que no caso das ligações a acessórios e a órgãos de manobra e segurança devem ser utilizadas juntas mecânicas flexíveis, do tipo *Gibault*.

A sua utilização como material de construção foi posta em causa há algumas décadas, quando foram divulgados estudos que relacionaram a exposição de fibras de amianto com o risco de cancro de pulmão. Neste sentido surgiu a Directiva nº 2003/18/CE que proibiu a utilização e comercialização de produtos que contivessem amianto assim como impôs a substituição desses produtos existentes e já implantados [18].

De acordo com a Organização Mundial de Saúde todas as formas de amianto são perigosas para a saúde quando são inaladas fibras de dimensão respirável¹¹ e, portanto, os produtos que contêm amianto apresentam maior perigosidade consoante a sua capacidade de libertação de fibras.

¹¹ Consideram-se fibras de amianto respiráveis as que apresentam um comprimento superior a 5 µm e um diâmetro inferior a 3 µm, cuja relação comprimento/diâmetro seja superior a 3:1.

3.5. Análise comparativa

O presente capítulo referencia os tipos de materiais mais comuns nas redes de abastecimento e distribuição de água. Assim, no sentido de realizar um paralelo em termos de vantagens e desvantagens da utilização de cada um deles surge o Quadro 1.

Quadro 1-Vantagens e desvantagens dos materiais mais utilizados nas redes de abastecimento e distribuição de água [29]

MATERIAL		VANTAGENS	DESVANTAGENS
Plásticos	PEAD	<ul style="list-style-type: none"> - flexível - suporta pressões até 200 m.c.a - pouco oneroso 	<ul style="list-style-type: none"> - fraca resistência diametral - não resiste a altas temperaturas - montagem requer equipamento específico e mão de obra especializada
	PVC	<ul style="list-style-type: none"> - flexível - leve - menos oneroso - montagem fácil e rápida - montagem não exige equipamento nem mão de obra especializada 	<ul style="list-style-type: none"> - não suporta temperaturas elevadas (acima dos 83°C) - não suporta pressões superiores a 160 m.c.a - pouca resistência diametral - cuidados especiais na colocação, necessitando de materiais finos isentos de pedras
	PRFV	<ul style="list-style-type: none"> - leve - menos oneroso - usado em várias técnicas de reabilitação 	<ul style="list-style-type: none"> - suporta temperaturas até aos 90°C - não suporta pressões superiores a 160 m.c.a - pouca resistência diametral
Metais	Aço Carbono	<ul style="list-style-type: none"> - suporta pressões elevadas até 600 m.c.a - grande resistência diametral 	<ul style="list-style-type: none"> - material oneroso - material rígido
	FF	<ul style="list-style-type: none"> - suporta pressões elevadas até 640 m.c.a em função do diâmetro - grande resistência diametral - suporta elevadas temperaturas 	<ul style="list-style-type: none"> - material oneroso - material rígido
Origem cimentícia	Betão	<ul style="list-style-type: none"> - baixa condutibilidade térmica - elevada durabilidade - reduzidos custos de instalação 	<ul style="list-style-type: none"> - relativa fragilidade - atacado por terrenos ricos em sulfatos e águas agressivas
	Fibrocimento	<ul style="list-style-type: none"> - material económico - facilidade construtiva 	<ul style="list-style-type: none"> - constituído por amianto, que contém fibras cancerígenas - rotura fácil - durabilidade comprometida quando exposto a águas ácidas

4. DESCONSTRUÇÃO

4.1. Enquadramento

O termo desconstrução pode ser definido como um processo de demolição selectiva, ou seja, um conjunto de trabalhos efectuados para remover uma estrutura existente de forma a viabilizar a reutilização ou a reciclagem do maior volume possível dos materiais desmantelados em detrimento da sua deposição em aterro.

Este conceito ganhou expressão nos finais do século XIX na Europa, numa altura em que se procedia ao desmonte e posterior reconstrução de vários tipos de estruturas de engenharia avançada. Contudo, com o passar do tempo e devido à evolução tecnológica e social foi-se perdendo e dando lugar a outras práticas mais voltadas para uma maior rapidez na execução dos trabalhos e com uma preocupação reduzida com o meio ambiente. Temas tão actuais como a sustentabilidade das construções e a protecção do ambiente ameaçam retornar o uso deste tipo de demolição mais corrente [7].

O recurso à desconstrução, que pode ser total ou parcial, surge por necessidades de adaptação a novas funções, reforços estruturais, deformação a longo prazo, correcção de patologias existentes, adaptações a imposições regulamentares, fim da durabilidade dos materiais, ocorrência de catástrofes naturais (ex.: sismos) ou humanas (ex.:explosões); ou devido ao fim da vida útil/económica da construção. Até mesmo em construções recentes pode haver a necessidade de desconstruir por razões como alterações de projecto, incompatibilidades entre projectos de diferentes especialidades, por erros ou deficiências de projecto e/ou de construção, ou por ocorrência de acidentes.

De um modo geral, o processo de desconstrução pode ser subdividido em quatro etapas, iniciando-se com as medidas preparatórias, seguido da execução de trabalhos prévios, do acto de desconstrução e da execução dos trabalhos finais. O cumprimento destas etapas surge da necessidade de os trabalhos decorrerem da melhor forma possível evitando a ocorrência de acidentes, o espalhamento de resíduos por um raio muito extenso e potenciando ao máximo o aproveitamento dos materiais provenientes da estrutura

desconstruída. Os procedimentos a adoptar em cada uma dessas etapas encontram-se descritos no Quadro 2.

Quadro 2-Fases do processo de desconstrução [5]

ETAPAS	
Medidas preparatórias	Escolha do Empreiteiro: <ul style="list-style-type: none"> – Programa do concurso – Concurso ou adjudicação directa – Propostas, caderno de encargos e sua análise – Plano de demolição – Técnico responsável
	Avaliação estrutural: <ul style="list-style-type: none"> – Vistoria às construções vizinhas – Registo de existências através de fotos e/ou vídeo – Relatório da situação existente – Definição de responsabilidades em caso de estragos – Avaliação estrutural da construção a demolir – Projectos e telas finais
	Licenças a obter: <ul style="list-style-type: none"> – Licença da obra – Plano de segurança e ocupação da via pública – Áreas classificadas e zonas de protecção – Autorizações especiais
Trabalhos prévios	Corte de serviços: <ul style="list-style-type: none"> – Rede de gás – Rede de água – Electricidade e Telefone
	Montagem do equipamento: <ul style="list-style-type: none"> – Plataformas de protecção – Redes – Estaleiro – Sinalização de segurança regulamentar – Equipamento de elevação e remoção de cargas
Demolição	Desmantelamento dos materiais de construção
	Demolição do corpo estrutural da construção
	Remoção dos materiais: <ul style="list-style-type: none"> – Selecção e separação dos materiais – Encaminhamento dos materiais recicláveis para locais previstos – Envio dos materiais não recicláveis e não poluentes para aterro – Remoção dos materiais que contenham substâncias consideradas perigosas, seguindo todos os procedimentos de segurança
Trabalhos posteriores	Trabalhos finais: <ul style="list-style-type: none"> – Fazer nova vistoria às construções vizinhas – Confrontar o seu estado com o relatório de inspecção feito antes da demolição – Apurar os estragos provocados pela operação da desconstrução

Como se pode constatar, quando existe a intenção de desconstrução uma das primeiras medidas a realizar diz respeito à escolha do empreiteiro que a irá efectuar. Neste âmbito, este será responsável pela elaboração de um projecto de desconstrução, que corresponde a

um documento onde devem constar informações detalhadas sobre a construção em causa e a sua envolvente, as medidas de segurança previstas durante todo o processo, e uma avaliação das características dos resíduos gerados assim como uma previsão dos seus volumes.

Para a sua elaboração é necessária a realização de uma visita de reconhecimento prévio ao local, a partir da qual se obtêm informações importantes sobre a construção e que irão influenciar a escolha do tipo de desconstrução. Sendo privilegiados os aspectos relacionados com as características da construção e seus os materiais predominantes, a sua idade e a condição dos elementos.

Este projecto deve ainda conter os métodos e as técnicas de desconstrução a ser aplicados, a coordenação dos intervenientes e a atribuição das suas responsabilidades, assim como os aspectos relacionados com a gestão dos resíduos em que são previstos os locais para depósito temporário, a sua forma de remoção e o reconhecimento continuado durante todo o processo de desconstrução.

Na fase de desconstrução propriamente dita, estão contemplados dois procedimentos, que correspondem ao desmantelamento dos materiais, que pode ter como principal objectivo um melhor aproveitamento dos materiais ou uma maior rapidez desejada, e à demolição do corpo estrutural, que pode ser executado de várias formas diferentes conforme as técnicas adoptadas para o efeito. Ainda no âmbito dos trabalhos de desconstrução, consta a remoção dos materiais sobrantes, de forma a impedir a proliferação dos depósitos de entulho, a permitir a economia das matérias-primas e o reaproveitamento de alguns deles.

Terminada a fase de desconstrução, é altura de avaliar o estado da envolvente, ou seja das construções vizinhas, que tem o intuito de apurar eventuais estragos provocados que serão da responsabilidade da empresa adjudicada.

A implementação dos trabalhos de desconstrução pode ser integrada em obras de demolição, de reabilitação ou de reconstrução.

4.2. Aplicação em obras de demolição

Uma construção, que se inicia com a sua concepção, passa por várias fases de melhoria durante a sua vida, quer a nível da sua relação com o meio ambiente, da sua funcionalidade ou mesmo da sua qualidade, e termina quando atinge a última etapa que corresponde à demolição.

Em Portugal utiliza-se correntemente o sistema de demolição indiferenciada, onde, por recurso a um vasto leque de técnicas, uma construção é demolida sem haja grande preocupação com o volume e o reaproveitamento dos resíduos gerados, seguindo geralmente para aterro e provocando um maior impacto em termos ambientais. Excepto em casos pontuais, onde existem constrangimentos legais, este sistema é preterido em relação à demolição selectiva pelo facto de esta última ser mais demorada, exigir mão-de-obra mais especializada e por se reflectir por isso num custo mais elevado.

Apesar de utilizar as mesmas técnicas da demolição tradicional, antes da sua execução a demolição selectiva prevê a retirada de diversos materiais presentes na construção, apoiando-se por isso mais em técnicas de desmonte preciso e trabalhos manuais.

A adopção da demolição selectiva provoca um impacto positivo a nível ambiental, pelo facto de proporcionar o reaproveitamento dos materiais ou a sua reciclagem, diminuir a necessidade de extracção de novas matérias-primas e a quantidade de resíduos que seguem para aterro, decorrer com uma menor emissão de gases e exigir um menor consumo de energia. Isto porque a separação dos materiais é feita de acordo com as suas características, tendo como objectivos, para além de possibilitar o seu reuso, a diminuição dos resíduos produzidos, da poeira, de vibrações e de possíveis contaminações.

No Quadro 3 encontram-se apresentadas as várias técnicas de demolição que podem ser utilizadas.

Quadro 3. Técnicas de demolição [8]

Grupo principal	Subgrupo	Variante
com recurso a equipamento mecânico	Por embate, empuxe, tracção ou escavação	<ul style="list-style-type: none"> • com ferramentas manuais • com martelos pneumáticos, hidráulicos ou eléctricos • por impacto (bola de grande massa ou pilão) • com retroescavadoras, giratórias ou pá de arrasto e acessórios (tesoura, <i>ripper</i>, <i>nihhler</i>, alicate, triturador, pinças, martelo, etc.) • por tracção de cabos • derrube ou afundamento
	por rebentamento interior	<ul style="list-style-type: none"> • com cavilhas mecânicas • quebrador de cunhas (<i>Darda</i>) • quebrador de Pistões • com macacos planos
	Por esmagamento exterior	
Processo térmicos	Lança térmica	<ul style="list-style-type: none"> • a oxigénio • a pólvora
	Maçarico	<ul style="list-style-type: none"> • a pólvora • a plasma
	Laser	
Uso controlado de meios explosivos	Explosões (no meio ambiente)	<ul style="list-style-type: none"> • mecanismo tipo telescópio • mecanismo tipo derrube • mecanismo tipo implosão • mecanismo tipo colapso sequencial
	Micro-explosão	
	Expansão	<ul style="list-style-type: none"> • lenta com gás • súbita com gás • com cal viva • química
Processos abrasivos	Corte diamantado	<ul style="list-style-type: none"> • serra com disco • serra com fio • carotagem
	Corte com caborundo	
	Jacto de água (hidrodemolição)	
	Jacto de água e areia	
Processos eléctricos	Aquecimento das armaduras	
	Electrofractura	
	Aquecimento induzido de um material ferromagnético	
	Arco voltaico	
	Microondas	
Processos químicos	Ataque químico	
	Ataque electroquímico	

4.3. Desconstrução parcial em obras de reabilitação e de reconstrução

Todas as construções, com o passar do tempo, sofrem uma diminuição da qualidade/desempenho, que pode ser minimizada pela execução de manutenções periódicas destinadas à prevenção ou correcção de ligeiras degradações. Contudo, se o objectivo for o de restituir a qualidade/desempenho para a qual foi projectada, recorre-se a obras de reabilitação, que, de um modo formal, se pode definir como sendo o conjunto de intervenções destinadas a proporcionar o desempenho compatível com as exigências ou os condicionalismos actuais (Figura 8).

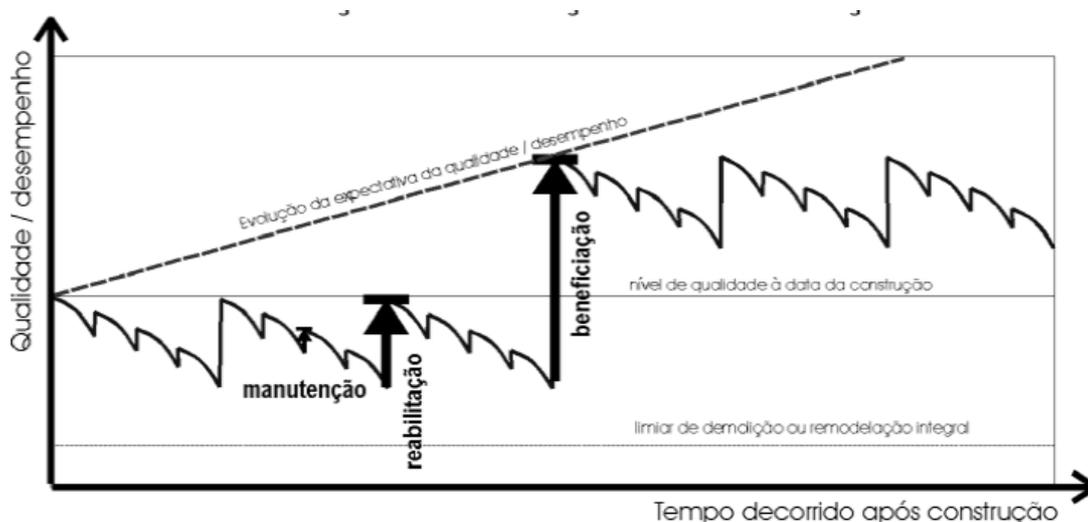


Figura 8. Qualidade/desempenho de uma construção ao longo da sua vida útil [6]

Para a realização de obras de reabilitação, muitas vezes é necessário recorrer à desconstrução de parte da estrutura, a partir da qual elementos estruturais e materiais de construção podem ser valorizados e reutilizados.

Essa necessidade de desconstrução também se encontra bem patente quando o objectivo é reconstruir, ou seja, quando se pretende remover a construção existente, ou pelo menos parte desta, para que no seu lugar se proceda à construção de uma nova.

4.4. Desconstrução nos sistemas de abastecimento e distribuição de água

Um sistema de abastecimento e distribuição de água é composto por muitos componentes diferentes que, na sua maioria, podem ser reutilizáveis ou recicláveis. A necessidade da sua desconstrução pode surgir quer por motivos naturais, quando este atinge o seu fim de vida útil, ou por motivos que impliquem alterações na estrutura relacionados, por exemplo, com o aparecimento de patologias, alterações regulamentares ou mesmo por alterações nas necessidades de consumo de abastecimento.

A questão da necessidade de desconstrução nestes sistemas ainda não atingiu a importância que deveria e, por isso, ainda é pouco utilizada, embora firme ser uma contribuição de grande peso na diminuição da quantidade de água que actualmente se perde nos sistemas.

Estando Portugal enquadrado num dos países onde se prevê, a curto prazo, um cenário de “stress hídrico” elevado era natural que existisse uma maior preocupação a este nível. No entanto, são praticamente inexistentes os esforços para a prática deste tipo de obras, limitando-se a existir reparações pontuais de fugas. Mesmo a nível de investigação de técnicas de reabilitação e substituição, ou mesmo de artigos sobre o tema, existe uma lacuna acentuada. Enquanto isso, o bem precioso e escasso que é a água continua a ser desperdiçado, podendo esta quantidade ascender aos 40% do total transportado pelo sistema [2].

Esta situação não se verifica só a nível nacional mas também um pouco por todo o mundo, sendo originada pela falta de conhecimento do impacto das suas consequências ou mesmo por uma questão financeira, associada ao investimento da substituição destes sistemas. No entanto, esta questão deveria ser mais ponderada, uma vez que muitas vezes o valor do investimento que seria feito é inferior ao prejuízo económico criado pela existência de perdas.

4.5. Medidas de segurança em obras de desconstrução

A adopção de medidas de prevenção/protecção surge como forma de minimizar a probabilidade de ocorrência de acidentes, não só durante a execução dos trabalhos mas também antes e após a desconstrução, aos quais lhe estão associados uma lista de riscos previsíveis. No Quadro 4 apresentam-se os riscos normalmente associados à desconstrução e algumas medidas que devem ser tomadas no sentido de os minimizar.

Quadro 4. Riscos e medidas de prevenção associadas à desconstrução [19]

Ferramentas utilizadas	Riscos previsíveis	Medidas de prevenção
Retroescavadora Martelo pneumático Ferramentas manuais Plataformas Escadas etc	Quedas em altura Quedas ao mesmo nível Esmagamento Ruído elevado Cortes Quedas de objectos Vibrações Soterramento Acumulação de entulhos Inalação de poeiras Projecção de partículas	Deve ser prevista e garantida uma correcta planificação, sequência e métodos de trabalhos
		Os trabalhos só devem ser realizados com supervisão de um responsável
		Deve ser evitada a sobreposição dos postos de trabalho
		Todos os objectos que ofereçam risco de desprendimento na frente de trabalho devem ser eliminados, removidos ou estabilizados
		Deve ser proibida a circulação e outras actividades nas zonas de demolição que se devem encontrar bem delimitadas e sinalizadas
		Utilização de andaimes com adequadas condições de segurança
		Instalação do sistema de protecção colectiva contra quedas
		Utilização de cintos de tipo de arnés de segurança quando necessário
		Examinar permanentemente a estabilidade das partes não demolidas ou das construções vizinhas
		Efectuar limpeza e remoção dos resíduos frequentemente
		Reduzir o desprendimento de pó procedendo a regras de controlo
		Usar sempre o equipamento de protecção individual adequado
Equipamento de Protecção Individual (EPI) a utilizar: <div style="text-align: center;">  </div>		

Antes do início dos trabalhos é necessário assegurar que todos os materiais e equipamentos reúnem todas as condições de segurança, salientando-se o facto de existirem

equipamentos que necessitam de cuidados específicos, como a elaboração de uma lista de verificações ou uma revisão e inspecção periódica de manutenção.

4.6. Gestão dos resíduos de desconstrução

De acordo com o Decreto-lei nº 178/2006, de 5 de Setembro, os resíduos de construção e demolição (RCD) são definidos como os resíduos provenientes de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição. Esta designação engloba uma vasta gama de materiais, onde constam os resíduos inertes (terras, argamassas), os não inertes (plásticos, metais) e os perigosos (amianto).

Legalmente, os RCD encontram-se classificados de acordo com a Lista Europeia de Resíduos (LER) disposta na Portaria nº 209/2004, de 3 de Março, na qual os RCD's se encontram enquadrados com o código LER 17.

Os princípios fundamentais que devem servir de base à Gestão dos Resíduos de construção de demolição encontram-se instituídos na legislação específica, DL 46/12008, de 12 de Março, e na legislação do regime geral da gestão de resíduos correspondente ao DL 178/2006, de 5 de Setembro.

A Gestão de RCD deve ser enquadrada em medidas que actuem em três frentes: a prevenção, a recolha e o encaminhamento dos resíduos. A nível da prevenção, deve ser considerada uma redução na produção de resíduos em cada uma das fases do processo de construção e até à fase de execução final da obra, mediante princípios de responsabilidade de gestão correctos por quem os pode proporcionar.

Antes do início dos trabalhos de desconstrução deve ser realizada uma inventariação dos resíduos que irão ser produzidos, identificando eventuais componentes perigosos para os quais se deve prever uma remoção selectiva e encaminhamento para operadores devidamente legalizados. A triagem, sempre que possível, deve ser realizada na origem e é a partir da sua eficiência que depende a possibilidade de valorização dos resíduos, contribuindo deste modo para a redução da quantidade sujeita a eliminação.

De forma a salvaguardar a protecção da saúde humana e do ambiente, durante a fase de recolha os resíduos devem ser colocados em contentores apropriados.

O encaminhamento a dar aos resíduos depende das suas características, devendo ser aplicado a situação que se demonstrar mais adequada, contudo deve-se promover a reutilização sempre que tecnicamente possível. É importante referir que toda a operação de gestão nomeadamente a triagem, o armazenamento, a valorização ou eliminação seja efectuada por operadores autorizados/licenciados¹².

Existem três tipos de gestão a considerar no caso dos RCD: a reutilização de materiais, a sua valorização ou deposição em aterro. Entende-se por reutilização o acto de utilizar novamente os materiais na mesma ou em função semelhante, após o seu tratamento, separação e limpeza. Contudo não for possível a sua reutilização, estes passam a constituir resíduos e neste sentido deve-se proceder à sua valorização ou, no caso de esta não ser viável, à sua deposição em aterro.

A reciclagem é uma das formas de valorização dos RCD, em que corresponde a um processo a partir da qual os resíduos podem ser utilizados novamente mas como matérias-primas após o seu tratamento, separação e limpeza. Como exemplos deste procedimento podem ser dados a triagem e britagem do betão resultando britas e areias, ou os metais e plásticos que podem ser fundidos e reutilizados como substitutos ou acessórios aos materiais primários.

Para que seja viável esta operação ou a de qualquer outra forma de valorização, é preciso que seja antecedida pela triagem com vista ao seu encaminhamento. Sempre que possível, esta deve ser realizada na obra ou então num local afecto à mesma, caso contrário o respectivo produtor assume a responsabilidade pelo seu encaminhamento para um operador de gestão de resíduos licenciado.

Apenas se deve considerar a deposição dos resíduos em aterro quando se constatar que após a triagem não é passível a sua reciclagem.

¹² Os operadores de gestão de RCD devem-se encontrar devidamente autorizados/licenciados nos termos do disposto no Decreto-lei nº 178/2006, de 5 de Setembro, podendo ser consultados na listagem de Operadores de Gestão de Resíduos não urbanos.

No caso da deposição dos resíduos estes devem ser inertes, isto é, devem possuir características que lhe permitam não aumentar a poluição do ambiente ou prejudicar a saúde humana.

Dos materiais referidos e que são utilizados nos sistemas, o betão encontra-se classificado como um material inerte. Em Portugal, os RCD são encaminhados para os aterros de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), de Resíduos Industriais Banais (RIB) ou em pedreiras devidamente licenciadas/autorizadas, possuindo estas últimas uma série de vantagens para os intervenientes no processo. Em termos económicos, reflecte-se na tarifa cobrada pelo explorador pela deposição, e ao nível dos produtores/detentores de RCD que ficam deste modo isentos do pagamento da TGR¹³.

Os exploradores usufruem ainda dos resíduos que funcionam como material de enchimento. Comporta ainda alguns benefícios para o ambiente dado que a sua deposição contribui para a reposição da topografia e integração paisagística da pedreira na sua envolvente.

4.7. Valorização dos Resíduos

O conceito de reciclagem engloba o conjunto de actividades que visam a reutilização de materiais e/ou produtos de modo a aumentar o seu ciclo de vida, diminuindo os problemas associados com a forma de deposição dos resíduos ou de emissão de poluentes.

Este é um dos processos possíveis para a gestão dos resíduos de grande relevância, uma vez que para além das vantagens mencionadas permite ainda a redução da quantidade de matérias-primas extraídas.

Materiais Plásticos

Em termos estatísticos, a percentagem de plásticos que são reciclados na EU é relativamente baixa, facto que surge essencialmente por razões económicas, pois os materiais originais são mais baratos que os reciclados, e também por ser um processo de difícil execução. Contudo, este processo permite uma economia de matérias-primas não renováveis, como o petróleo, e de até 50% de energia [23].

Uma vez reciclados, alguns plásticos não podem voltar a ter a sua utilização inicial, podendo apenas ser reaproveitado, sob a forma de outros produtos.

O número de vezes que este pode ser reciclado também se encontra limitado, a partir do qual a incineração ou o encaminhamento para aterro são as únicas soluções para estes resíduos.

Os resíduos plásticos podem ser recuperados mediante três processos diferentes: a reciclagem mecânica (para resíduos industriais), a reciclagem como matéria-prima e a recuperação de energia, sendo estes dois últimos os que são normalmente considerados para as condutas.

A reciclagem energética permite a recuperação de energia térmica sob a forma de vapor ou electricidade, a partir da incineração dos resíduos plásticos que são compactados para o processo (Figura 9).

Como sub-produtos da combustão dos resíduos, surgem também resíduos sólidos que seguem um destino diferenciado conforme o país onde se realiza, e resíduos gasosos que são tratados de forma a reduzir a toxicidade das emissões.

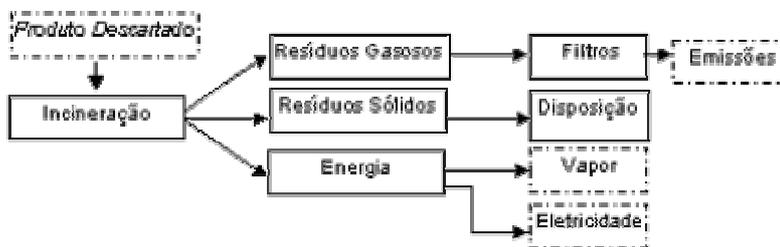


Figura 9. Esquema da recuperação energética [24]

¹³ A TGR corresponde à taxa anual da Gestão de Resíduos

Existem vários processos de decomposição química de polímeros que permitem a reciclagem como matéria-prima. No entanto todos estes processos se baseiam no aquecimento e hidrogenação dos resíduos, com conseqüente obtenção de hidrocarbonetos. Esta reacção origina resíduos, que terão um destino opcional por parte da entidade que o recicla, gases e óleo de pirólise que, após separação, seguem para refinarias onde são reaproveitados como matéria-prima ou mesmo como combustíveis (Figura 10).

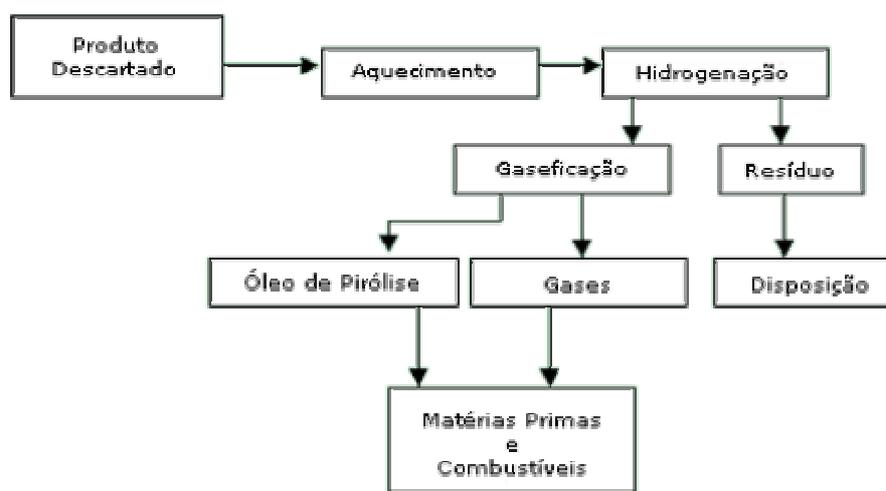


Figura 10. Esquema da reciclagem como matéria-prima [24]

Materiais Metálicos

Os metais são materiais que possuem um tempo de degradação muito alargado. A título de exemplo, o aço demora centenas de anos a ser reabsorvido pela natureza e, neste sentido, torna-se essencial o processo de reciclagem de modo a reduzir os impactos ambientais.

Os materiais metálicos são amplamente utilizados na construção civil e encontram-se dotados de inúmeras vantagens no sentido da construção sustentável uma vez que geralmente são pré-fabricados e entregues na obra à medida, gerando deste modo poucos resíduos.

Para além disso, quando se constituem como resíduos, são facilmente separados dos restantes materiais dos RCD, devido às suas propriedades metálicas, e são totalmente e

infinitamente recicláveis, pois não ocorre a degradação da sua estrutura metálica. No caso de materiais como o ferro e o aço a sua reutilização é directa

O aço é um dos materiais mais antigos em termos de reciclagem. Já na antiguidade os soldados romanos fabricavam novas armas a partir de espadas, facas e escudos abandonados que recolhiam nas trincheiras [23].

Durante o processo de reciclagem, o aço não perde as suas propriedades físicas o que constitui uma grande vantagem, para além disso permite reduzir em cerca de 75% a energia que seria utilizada na sua produção se fosse feita a partir do minério de ferro.

O processo de reciclagem passa pela redução do material em pequenos pedaços que posteriormente é fundida em fornos, a uma temperatura de cerca de 1150 °C, e moldada em placas metálicas que serão cortadas em chapas.

Neste procedimento deve-se ter em atenção aos níveis residuais de cobre e estanho, que devem ser tais que não interfiram de forma acentuada com as propriedades mecânicas do aço.

Quanto à reciclagem do ferro, esta não se apresenta tão vantajosa, dado que oxida muito facilmente, reduzindo deste modo a quantidade útil do material, ao mesmo tempo que compromete a qualidade do material reciclado.

Materiais de origem cimentícia

Em Portugal, os resíduos inertes provenientes da desconstrução podem ser reutilizados de várias formas sendo exemplo a sua aplicação como *tout-venant*, como agregados de betão pobre em fundações não estruturais, como enchimento em recuperações ambientais ou mesmo no fabrico de betão.

O betão encontra-se classificado como um resíduo inerte e estes podem ser utilizados para diversos fins consoante o estado que em que se apresentam, assim:

- Betão triturado que contenha algumas impurezas pode servir como base e material de enchimento para valas de tubagens e como material de aterro;

- Betão triturado e crivado que contenha poucas ou nenhuma impurezas pode ser utilizado como base e material de enchimento em sistemas de drenagem, como sub-base na construção de estradas ou mesmo como agregado reciclado para o fabrico de betão;
- Betão triturado e crivado que se encontre limpo de impurezas constitui um potencial material de aterro estrutural, de enchimento para valas de tubagens, de construção de estradas ou de material reciclado para produzir betão e componentes pré-fabricados.

Em Portugal existem vários exemplos de obras emblemáticas onde foram utilizados agregados reciclados, tendo sido aplicados em base de pavimentos, em base e sub-bases nos locais da EXPO'98 e dos novos estádios construídos para o Euro de 2004 do Benfica e do Sporting. Também a substituição das pistas do aeródromo de Monte Real foi efectuada a partir de betão fabricado com agregados reciclados. Pode referir-se ainda a Ponte *Manises-Paterna*, em Espanha, incorporou cerca de 400 m³ de betão reciclado [23].

Contudo a utilização e agregados reciclados tem alguns problemas, como a absorção de água por parte destes, especialmente os de granulometria fina, e também o desempenho inferior do betão obtido, que depende da fracção de grossos e finos utilizados. Existem Especificações do LNEC que têm como objectivo a orientação de algumas imposições em termos dos agregados reciclados na produção de betão, nomeadamente a E 371 e a E 471.

Hoje em dia já existem diversos resíduos perigosos que são submetidos ao processo de reciclagem. Contudo, no caso do amianto, que é um componente do fibrocimento, este procedimento não é possível pois todas as variantes de fibras de amianto são consideradas cancerígenas.

Segundo o DL 266/2007, para que uma empresa¹⁴ possa realizar os trabalhos de remoção deste material é obrigatório que seja reconhecida a sua capacidade técnica junto da ACT, mediante a elaboração e aprovação de um plano de trabalhos, que deve ser realizado sempre que se pretender iniciar uma nova obra e onde deve constar uma lista com a descrição das medidas contempladas para a segurança e saúde dos trabalhadores,

¹⁴ A listagem de Operadores de Gestão de Resíduos não Urbanos devidamente licenciados/autorizados encontra-se disponível no portal da APA

para a protecção de pessoas e bens e do ambiente. Desse decreto-lei, consta ainda uma lista de equipamentos necessários à realização dos trabalhos de remoção.

Tendo em conta a perigosidade envolvida, a remoção deste tipo de materiais deve ser efectuada de uma forma cuidada e controlada respeitando todas as normas de segurança e saúde e ambientais em vigor, sendo de salientar que apenas deverá ser realizada após ser comunicada e autorizada pela ACT.

Uma vez removidos, estes materiais devem ser armazenados em locais devidamente acondicionados para o efeito até serem eliminados, de modo a evitar a contaminação de outros resíduos.

Essa eliminação pode ocorrer pelo seu acondicionamento adequado e encaminhamento para aterros autorizados a receber produtos tóxicos, que cumpram os requisitos impostos na Decisão 2003/33/CE do Conselho, de 19 de Dezembro de 2002; ou por incineração em que neste caso o risco do amianto é totalmente eliminado.

5. REABILITAÇÃO DOS SISTEMAS

5.1. Importância da Reabilitação nos sistemas

Com o passar do tempo todos os sistemas de abastecimento e distribuição de água se deterioram, quer de uma forma natural, devido ao fim da sua vida útil, quer de forma acelerada, potenciada pela falta de preocupação a nível da qualidade ao longo de todo o processo, desde a concepção e projecto até à sua execução e posterior exploração.

Obviamente, esta situação deixa antever que lhes estejam associados problemas crescentes que se traduzem na diminuição da qualidade do serviço e no aumento dos custos de operação suportados pelas entidades gestoras, e em última instância pelos consumidores.

Inerente a esta situação, verifica-se que, na realidade, nenhum sistema apresenta um volume de água captada igual ao volume daquela que realmente chega aos consumidores. A esta diferença, que pode ser maior ou menor em cada sistema, encontra-se imputada uma clara importância ambiental, económica e social criada pela existência de perdas reais e perdas aparentes.

As perdas reais correspondem à quantidade de água cuja utilização não chega a ter lugar, não sendo por isso contabilizada. Dependem de factores relacionados com as próprias condutas como o comprimento total, o seu estado, a pressão média de serviço, o tipo de solo ou mesmo com as condições do terreno.

Já as aparentes resultam de ligações ilícitas, do uso fraudulento de bocas-de-incêndio e de rega e dos erros associados à medição.

Actualmente, os valores das perdas nos sistemas de abastecimento e distribuição de água são preocupantes, podendo mesmo chegar a ser da ordem dos 40%, e que revelam por isso a importância da necessidade um controle eficaz a este nível [2].

Dado que a função destes sistemas é abastecer e distribuir água potável pelas populações, não é possível esquecer o seu potencial na saúde pública e segurança, estes são aspectos básicos que devem ser tomados em consideração em qualquer sistema de

abastecimento e distribuição de água em qualquer parte do mundo. E como exemplo do resultado da negligência a este nível, em 1998, nos Estados Unidos da América, verificou-se que 24% dos surtos de doenças transmitidas nos últimos 10 anos tinham surgido não pela existência de água mal tratada mas pela sua contaminação, que entrava no sistema [33].

Também em Cabool, Missouri (EUA), durante o período de 15 de Dezembro de 1989 e Janeiro de 1990 se registou um surto de uma doença que, após investigação, se concluiu que teve origem pela contaminação da água através de uma série de quebra de linha e substituições [33].

Portanto, inerente a estes aspectos encontra-se a necessidade de reabilitação, que como já foi referido, pode surgir quando o sistema se aproxima do fim da vida útil ou pelo aparecimento de patologias.

No Quadro 5 encontram-se as principais patologias que surgem em alguns elementos importantes que integram um sistema de abastecimento e distribuição de água como as instalações elevatórias, os reservatórios, as estações de tratamento e as redes distribuidoras.

Quadro 5. Patologias associadas aos sistemas de abastecimento e distribuição de água [28]

ELEMENTO	PATOLOGIAS
Instalações Elevatórias	<ul style="list-style-type: none"> • Incapacidade de assegurarem as características de elevação inicialmente previstas • Deterioração dos equipamentos electromecânicos por desgaste ou má utilização • Excesso de consumo de energia • Geração de regimes transitórios em pressão • Geração de problemas ambientais, como ruídos e vibrações
Reservatórios de armazenamento	<ul style="list-style-type: none"> • Insuficiência da sua capacidade de regularização • Deterioração da qualidade da água no seu interior • Insuficiente estanquidade da sua estrutura • Deterioração dos equipamentos mecânicos
Estações de tratamento	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuição do rendimento do tratamento com deterioração da qualidade física, química e/ou microbiológica da água distribuída por aparecimento de turvação, de sabor, de depósitos ou mesmo de contaminação bacteriológica • Deterioração dos equipamentos mecânicos • Deterioração das obras de construção civil • Geração de problemas ambientais, como ruídos e vibração
Redes distribuidoras	<ul style="list-style-type: none"> • Insuficiência da capacidade hidráulica de transporte, originando eventualmente interrupção por insuficiência dos diâmetros originais por redução dos diâmetros efectivos devido à incrustação das tubagens por excesso de perdas de água • Insuficiência de pressão nos dispositivos de utilização especialmente nas horas de ponta dos consumos e em certas épocas especiais do ano, por insuficiência dos diâmetros originais, por redução dos diâmetros efectivos devido à incrustação das tubagens por excesso de perdas de água • Excesso de pressão nos dispositivos de utilização • Excessiva flutuação de pressões ao longo do dia nos dispositivos de utilização • Deterioração da qualidade física, química e/ou bacteriológica da água distribuída, nomeadamente por aparecimento de turvação, de sabor, de depósitos ou mesmo da contaminação bacteriológica, por deficiência do tratamento ou eventualmente por degradação da água da própria rede • Deficiências de fiabilidade na continuidade do abastecimento • Rebentamento ou colapso das condutas com aluimento dos terrenos envolventes

5.2. Intervenção nas condutas

5.2.1. Enquadramento

Alguns dos problemas nos sistemas de abastecimento e distribuição de água que surgem ao nível da tubagens podem ser resolvidos através da sua reabilitação, na qual a tubagem existente é mantida, sendo-lhe dado um reforço na qualidade e/ou funcionalidade

através do revestimento interior das condutas, ou através da substituição, que envolve a instalação de uma nova conduta em detrimento da existente.

A estes tipos de intervenção estão associados trabalhos de escavação necessários ao acesso das condutas, cuja dimensão se relaciona com o tipo de tecnologia adoptada. Tradicionalmente é utilizada a tecnologia *trench* que possui uma vertente, de certa forma, mais rudimentar que envolve a escavada uma vala ao longo do caminho da tubagem existente, implicando por isso uma grande extensão de escavação.

No entanto, questões como o custo e a perturbação associados a esta tecnologia convencional contribuíram para o aparecimento, expansão da aplicação e investigação de técnicas *trenchless*.

Actualmente, a indústria da tecnologia *trenchless* é representada por comissões permanentes e por várias associações maioritariamente relacionadas com as indústrias de água e esgotos, podendo-se salientar a NASSC¹⁵, a NASTT¹⁶, a IndSTT¹⁷ e a ISTT¹⁸.

Esta tecnologia, segundo o NASTT, pode ser definida como sendo “uma família de métodos, materiais e equipamentos que são utilizados para a instalação de novas redes de infra-estruturas ou renovação das redes existentes no subsolo, com o mínimo de transtorno no tráfego ... e a menor intervenção possível na superfície do local de instalação...”.

Embora não elimine completamente os trabalhos de escavação necessários para a criação de pontos de acesso à tubagem existente, o seu volume é drasticamente reduzido, quando comparado com a metodologia tradicional, e conseqüentemente também serão reduzidos os custos sociais que lhes estão associados.

Independentemente do tipo de tecnologia ou técnica escolhida para a intervenção nas tubagens, é necessário executar algumas etapas preliminares, que, na sua generalidade, são comuns a todas, de modo a que os trabalhos decorram dentro dos parâmetros pretendidos.

As etapas que devem ser preliminarmente executadas são as seguintes:

- Identificação dos locais na rede onde existem problemas;
- Investigação do local e eventual mapeamento do subsolo;

¹⁵ NASSC – National American Society for Trenchless Technology (1976)

¹⁶ NASTT – North American Society for Trenchless Technology (1990)

¹⁷ IndSTT – Indian Society for Trenchless Technology (1955)

¹⁸ ISTT – International Society for Trenchless Technology (1986)

- Investigação dos materiais e das condições da tubagem existente;
- Discussão do projecto de intervenção da rede;
- Especificação técnica do método;
- Estudo da viabilidade técnica e económico-financeira da técnica;
- Planeamento e desenvolvimento do cronograma de trabalhos.

Uma das etapas preliminares enunciadas corresponde à investigação do local e eventual mapeamento do subsolo, na qual se destaca a sua importância pelo facto de ser a partir desta acção que é possível tomar consciência do impacto da intervenção nos arredores da conduta.

Neste sentido é fundamental verificar e avaliar os espaços disponíveis, o tipo de solo, o impacto no trânsito, as interferências na superfície e no entorno da localização de equipamentos.

Refere-se ainda a necessidade de verificar e localizar a presença de outras redes instaladas nas proximidades, de modo a que, no decurso dos trabalhos de intervenção, não decorram incidentes que comprometam essas mesmas redes existentes nem a segurança dos intervenientes.

Cumpridas as etapas preliminares, segue-se a fase dos trabalhos em campo, que, embora varie com o tipo de técnicas escolhidas, permite definir um cronograma padrão que de um modo geral abrange todas as técnicas.

Os trabalhos iniciam-se com a instalação de redes provisórias, designadas por *by-pass*, e o isolamento da área de trabalho como medida de protecção colectiva. Depois, podem ser começados os trabalhos de acesso à rede, realizados por escavação, que no caso do *trenchless* se referem à abertura dos poços de inserção e de recepção, sendo também altura de se efectuar o posicionamento do equipamento necessário.

Terminados os trabalhos de reabilitação/substituição, deve-se efectuar o fechamento das valas, a limpeza das redes (incluindo a sua desinfecção) e o teste de operação quanto à sua estanquidade.

Uma boa prática, que deveria ser constituída como regra em todas as obras deste nível, é o de construir um cadastro “*as built*”.

De qualquer forma, todos os trabalhos inerentes às intervenções nas condutas devem cumprir todas as regras de segurança, definidas *à priori*, para que a operação decorra sem incidentes para os intervenientes ou mesmo para terceiros. Salientam-se, neste caso, as medidas de segurança relacionadas com os trabalhos de abertura de valas.

Em Portugal, em termos de tecnologias de reabilitação e substituição, impera alguma falta de conhecimento e tradição, principalmente porque as tecnologias são na sua totalidade importadas e ainda pouco generalizadas pelo seu elevado custo de investimento, sendo por isso muitas vezes preteridas em relação às tradicionalmente utilizadas, onde se recorre à mão-de-obra intensa e ainda barata [28].

5.2.2. Reabilitação das condutas

5.2.2.1. Generalidades

Em termos de reabilitação de condutas existem dois grupos de métodos, os que se baseiam na aplicação de revestimentos não estruturais e os estruturais.

Numa situação em que os objectivos são evitar vazamentos e obviamente aumentar a vida útil de serviço, adopta-se pela aplicação de revestimentos não estruturais, que envolvem a colocação de uma camada fina de um material resistente na superfície interna do tubo a reabilitar, não tendo este qualquer influência na integridade estrutural da tubagem.

No entanto, quando existe a necessidade de melhorar a integridade estrutural das tubagens, recorre-se à utilização de revestimentos estruturais. Existem várias técnicas, mas todas têm como base a colocação de uma estrutura à prova de água em contacto directo com a superfície interna da tubagem. Salientam-se, então, a utilização do *sliplining* e do *close-fit pipe*.

Qualquer que seja o método de reabilitação que se pretenda adoptar, este deve ser sempre acompanhado por um conjunto de trabalhos preparatórios na superfície interna da conduta, de forma a potenciar uma maior aderência com o revestimento a aplicar, e

também por trabalhos posteriores como a limpeza de tuberculações, corrosão e outras substâncias que podem colocar em causa a salubridade da água.

5.2.2.2. Reabilitação não estrutural

No caso das redes de distribuição de água, estão apenas contempladas como técnicas comprovadas, de reabilitação não estrutural, a aplicação de revestimentos de argamassa de cimento e de resina *epoxy* no interior das condutas. Antes da aplicação de qualquer um destes revestimentos devem ser sempre realizados os trabalhos preliminares de polimento, que recorrem a raspadores de aço (Figura 11) para remover as incrustações ou outros resíduos de corrosão, e de limpeza com escovas de borracha.



Figura 11. Raspadores de aço utilizados [29]

Revestimentos de argamassa de cimento

A resistência à corrosão é uma das características que este tipo de revestimentos deve possuir e, neste sentido, a aplicação da argamassa de cimento é muito bem sucedida devido à sua porosidade, isto porque durante a hidratação do cimento existe a produção de hidróxido de cálcio que, criando um ambiente alcalino nos poros, promove a protecção à corrosão. Para além disso, permite ainda melhorar significativamente o coeficiente de atrito das tubagens.

A sua aplicabilidade centra-se em condutas metálicas (aço e ferro fundido) de diâmetros que oscilam entre os 80 e 2000 mm. Quanto à espessura deste revestimento a

aplicar, esta surge em função de dois factores, o material que constitui a tubagem e o seu diâmetro, que possuem uma relação directa.

Para a execução desta técnica é necessário a realização de trabalhos de escavação de forma a criar acesso à tubagem e a remoção de um troço com cerca de 1m de comprimento a partir da abertura de um poço.

No caso das tubagens com diâmetro inferior a 600mm o espaçamento entre poços deverá ser de 150m. Já para as de diâmetro superior deverá ser de 400m.

Actualmente a técnica mais utilizada para a aplicação da argamassa é a de *spray lining*, que tal como o nome sugere é efectuada com recurso a equipamentos de *spray* (Figura 12). O intervalo de tempo necessário para que esta argamassa ganhe presa é de 10 a 16h, findo o qual já é possível se proceder à limpeza da conduta com água sob pressão.



Figura 12. Dispositivo de aplicação de argamassa cimentícia [29]

Durante todo o processo de execução não são utilizados quaisquer materiais de natureza tóxica, o que produz benefícios ambientais. Contudo apresenta alguns inconvenientes na sua utilização, pois, tendo em conta as características do cimento, esta é considerada uma solução provisória, para além de que não permite o aumento significativo da capacidade hidráulica do sistema.

Revestimentos *epoxy*

A utilização de revestimentos *epoxy* tem sido uma prática corrente em países como o Japão e o Reino Unido, consistindo na aplicação, através de *spray*, de resinas líquidas que posteriormente solidificam, protegendo assim as condutas interiormente contra a corrosão.

A sua aplicação é efectuada por um espigão de *spray* de centrifugação (Figura 13) que permite o controle da espessura em função caudal e da velocidade de introdução do espigão.



Figura 13. Pormenor do espigão utilizado na aplicação do revestimento epoxy [29]

As resinas *epoxy* utilizadas são do tipo ELC 174/90, que correspondem às de 1ª geração, e existem ainda as de 2ª geração que proporcionam uma maior resistência e durabilidade e são do tipo ELC 257/91. Ambos tipos apresentam a mesma resina base, o que as difere é a tecnologia de endurecimento conferida pelo adjuvante. Enquanto que a primeira utiliza um endurecedor tradicional, a outra encontra-se associada a um adjuvante que diminui o tempo de presa.

Ao contrário do revestimento de cimento, este proporciona uma superfície consideravelmente mais lisa e uma maior durabilidade. No entanto, um dos contras da sua utilização corresponde ao facto de este método não ser aconselhável em condutas com diâmetros superiores a 1000 mm nem em comprimentos muito longos (1000 m). E, também, não confere um aumento significativo da capacidade hidráulica da conduta.

5.2.2.3. *Sliplining*

O *sliplining*, utilizado desde 1940, é um dos métodos mais antigos da reabilitação *trenchless* em tubagens existentes. Basicamente, esta técnica consiste em inserir um tubo de menor diâmetro no interior da conduta a reabilitar e preencher o espaço anelar entre os tubos, permitindo deste modo melhorar a sua integridade estrutural.

A aplicação desta técnica recorre frequentemente a tubagens de polietileno de alta densidade (PEAD). No entanto, também é comum serem utilizados outros materiais como o policloreto de vinilo (PVC), a fibra de vidro reforçada (FVRP) ou a fibra de *polyester* reforçado.

Para a sua realização é necessário criar poços de inserção e de recepção devendo, pelo menos um deles, ter dimensões que permitam exercer funções de “caixa de visita” quando não existam outros pontos de acesso, de forma a ser possível manobrar facilmente a nova tubagem.

Para além da realização dos trabalhos preliminares, como a limpeza e o polimento da conduta, pode ser ainda necessário recorrer a uma eventual inspeção com um dispositivo de vídeo próprio para inspeção de condutas (CCTV).

O *sliplining* é designado de contínuo quando se efectua a inserção de um tubo inserido longo e contínuo, podendo ser de PEAD ou PVC fusíveis que permitam ser soldados em pedaços contínuos. Assim, a partir do poço de inserção, a nova tubagem que se encontra conectada a um cabo é puxada ao longo do “tubo de acolhimento” com o auxílio de um macaco hidráulico de forma continuada até ao poço de recepção.

Em alternativa ao método contínuo existe o *sliplining* segmentar, que possui um processo similar com a diferença de que o novo tubo é inserido em peças individuais, podendo estas ser de FRP, PVC ou PEAD. Durante este processo o diâmetro das peças individuais é reduzido no próprio local, as juntas são puxadas e o novo tubo é empurrado ao longo do corredor da tubagem existente.

É importante salientar a vantagem do *sliplining* segmentar, face ao contínuo, de não necessitar do desvio do fluxo, constituindo assim um aspecto importante na ponderação sobre qual o método a utilizar.

Em qualquer um destes métodos de *sliplining* é necessário que, no final, todas as ligações de serviço, válvulas e curvas sejam escavadas individualmente e ligadas à nova tubagem instalada.

Ponderando os prós e contras desta técnica, o *sliplining* em termos de vantagens apresenta um custo relativamente “acessível”, é uma metodologia de fácil instalação, em que as ferramentas e os equipamentos se encontram amplamente disponíveis. Para além

disso, proporciona a resolução de problemas relacionados com pequenas fugas que possam surgir.

Os seus principais inconvenientes encontram-se relacionados com o facto de ocorrer uma redução da área transversal que, dependendo do tamanho do novo tubo inserido, pode representar uma redução do fluxo na ordem dos 35-60%, e também não deve ser utilizado em sistemas que encontrem sujeitos a elevadas pressões nem onde estejam previstas grandes sobrecargas diamétrais [33].

A Figura 14 apresenta o resultado final da aplicação desta técnica numa tubagem.



Figura 14. Resultado final da aplicação da técnica de *sliplining* numa tubagem [29]

5.2.2.4. *Close Fit*

Dentro das técnicas de reabilitação estrutural é possível agrupar um conjunto de técnicas designado por *close fit lining*, que partilham um princípio similar na sua estratégia.

Em causa encontra-se a inserção de um forro deformado, por alteração da sua forma ou do diâmetro, no qual posteriormente é restaurada a forma original, por relaxamento natural ou por aplicação de vapor ou água sob pressão.

Dependendo do sistema de revestimentos, é utilizada uma combinação de diferentes métodos de deformação (aplicados por cónico *die*, por meio de rolos ou dobragem) e de reversão.

Embora existam diferenças entre as técnicas englobadas no *close fit lining*, todas apresentam a grande vantagem de decorrer uma menor perda de redução da capacidade hidráulica, permitindo que o diâmetro interno da tubagem seja maior quando comparado com outros métodos, como o *sliplining*.

Além disso, o facto de existir um menor atrito entre a tubagem existente e o forro proporciona um aumento da velocidade de instalação e a colocação de forros mais longos com uma única tracção.

Actualmente, existem três sistemas de *close fit* que se salientam e tornaram mais comuns em termos de utilização, que são: o *pipe deformed*, o *die drawing* e o *rolldown*.

Pipe deformed

Pipe deformed é uma técnica que permite grandes reduções no diâmetro do forro por dobragem, podendo mesmo em alguns casos chegar aos 50 %, permitindo deste modo, em termos técnicos, a necessidade de baixas cargas de guincho para a sua instalação [32].

No entanto, é importante referir que o forro deverá, na sua forma original, possuir um diâmetro inferior ao da tubagem a reabilitar para que este encaixe perfeitamente e exista a garantia de que atinge a sua forma arredondada.

Em relação a outras técnicas, destaca-se pelo facto de estes forros serem mais flexíveis e, portanto, a sua passagem em curvas mais apertadas ser facilitada.

Esta técnica possibilita a sua instalação em troços com mais de 1000 m de comprimento, cuja a aplicação pode ser realizada em diâmetros de tubagens que se situem entre os 75 e os 1600 mm. Os materiais utilizados para os forros de revestimento deformado são os termoplásticos, PVC ou PE, que podem ser produzidos em fábrica ou *in situ*.

A deformação em fábrica ocorre logo após a sua extrusão, deixando-o arrefecer um pouco antes de ser dobrado, geralmente em forma de U, sendo mantida a deformação pela utilização de tiras resistentes no forro. Posteriormente é enrolado para o transporte.

Esta técnica permite que os maiores diâmetros dobrados em fábrica possam ser fornecidos de 300-400 mm, enrolados em comprimentos de 100-150 m.

Uma vez instalado, a sua forma original é restaurada com recurso ao vapor sob pressão, em que, enquanto o calor actua na redução da elasticidade, a pressão molda a forma do revestimento à do tubo existente. A grande desvantagem deste sistema é o facto de após a dobragem o forro este não poder ser soldado, ficando assim os comprimentos de instalação limitados aos fornecidos pelo fabricante.

Quando dobrado *in situ*, a primeira etapa corresponde à redução do seu diâmetro pela passagem através de rolos, e de seguida por um instrumento cónico que o dobra, ganhando assim a forma de U.

Para a realização desta técnica são utilizadas bandas de polipropileno soldadas, podendo a soldadura ocorrer antes de se iniciar o processo ou imediatamente antes de este entrar na sonda.

O processo de reversão do forro é feito por aplicação de água pressurizada que o obriga a voltar à sua forma original (Figura 15). Com recurso a esta técnica é possível a dobragem de diâmetros acima dos 300 mm, sendo o diâmetro de 1100 mm o máximo que se conseguiu até hoje.

A técnica de dobragem *in situ* requer um espaço previsto para a armazenagem da sequência do forro construído, até que este seja instalado.

O *pipe deformed* demonstra ser um processo relativamente económico, que permite a resolução de fugas nas tubagens existentes e uma protecção à corrosão, e rápido, o que proporciona uma minimização do tempo de interrupção do abastecimento de água. No entanto, é necessário ter alguma atenção quando o novo tubo se encontra no processo de expansão, enquanto regressa à sua forma original, pois existe o risco de ocorrerem danos no material da conduta.

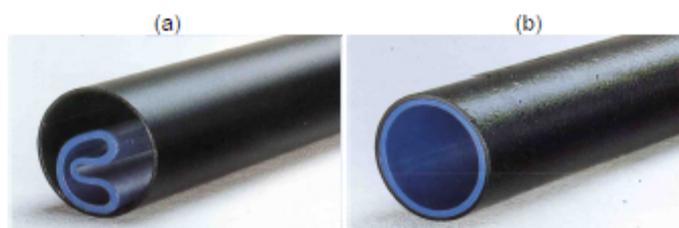


Figura 15. Técnica *Pipe Deformed*.: (a) tubo dobrado; (b) tubo após a reversão da sua forma [29]

Die drawing

O primeiro sistema de *close fit lining* foi desenvolvido pela *British Gas* em 1980, e correspondeu ao *die drawing* a quente ou também designado por *Swagelining*. A metodologia desta técnica tem como base o aquecimento a uma temperatura de cerca de 100 °C, e a sua passagem por um aço cónico que o obriga a reduzir o seu diâmetro. Esta redução, que é da ordem dos 6%, implica um aumento do comprimento que surge como compensação pelo facto de a espessura da parede permanecer constante. Esta é mantida pela pressão exercida pelo guincho que quando libertada permite que este volte à sua forma original. É necessário garantir que, após a reversão da forma do revestimento, este se encontra alinhado com a tubagem existente devendo por isso existir um certo cuidado ao puxar o comprimento do forro [32].

Para além do método a quente, o *die drawing* também pode ser realizado a frio, sendo neste caso o forro puxado através do *die* à temperatura ambiente. Geralmente durante este processo decorre a necessidade de existir uma lubrificação extra, utilizando-se nesta situação óleo vegetal ou bentonite.

Uma das vantagens deste processo, quer seja a quente ou a frio, é o facto de não ser necessário recorrer a nenhum método de reversão, pois o forro volta à sua forma original por relaxamento natural.

No entanto, esta técnica exige que exista espaço suficiente no local para o processo de construção, tendo em conta que o forro tem de ser soldado numa sequência contínua antes de se proceder à redução do diâmetro.

Uma vez realizado o processo, o revestimento tem de ser inserido de imediato na tubagem a reabilitar dado que qualquer libertação da tensão do guincho irá provocar um relaxamento do forro, sendo por isso um processo contínuo e difícil de parar.

Rolldown

O processo *rolldown* decorre da introdução de uma conduta de polietileno comprimido diametralmente no interior da conduta existente. A compressão deste novo tubo é efectuada pela sua passagem através de um conjunto de rolos hemisféricos que aplicam uma força de compressão circunferencial, resultando numa redução de cerca de 10% e num

consequente aumento da espessura da parede (Figura 16). Este processo é aplicável em tubagens que possuam diâmetros compreendidos entre os 100 e os 500 mm, sendo a reversão efectuada pela passagem de água fria pressurizada.

Pelo facto de a deformação ser semi-permanente permite a armazenagem do forro, podendo por isso ser realizada *in situ* ou em outro local, consoante o espaço existente no local.

Ao contrário do *die drawing*, onde o guincho é uma peça fundamental que garante não só que o forro seja puxado mas também a preservação da sua deformação, a redução do forro segundo a técnica *rolldown* em nada é interferida pelo guincho, e portanto neste caso as forças exigidas são bastante inferiores. Decorrendo deste facto uma maior rapidez e conveniência deste método face a comprimentos maiores, permitindo aplicar extensões de conduta superiores a 1500 m.

Contudo, é necessário salientar que, devido ao tipo de força que é aplicado, o uso desta técnica torna-se desadequado em forros com paredes finas, pois existe o risco de fissuração.



Figura 16. Pormenor da técnica *rolldown*, durante a fase de redução do diâmetro [29]

5.2.3. Substituição das condutas

5.2.3.1. Generalidades

A substituição de tubagens pode ser realizada pela técnica *open-trench*, que é o método mais convencional onde a substituição é efectuada a partir da abertura de uma vala ao longo do caminho da tubagem, ou pela utilização de das técnicas *trenchless*, dentro das quais se destaca a utilização do *pipe bursting*, do *pipe eating* e do *pipe reaming*

5.2.3.2. Pipe Bursting

Pipe bursting é um método de *trenchless* relativamente recente (com cerca de 16 anos) desenvolvido pela *British Gas*, para substituição de tubagens enterradas como esgoto, água e gás natural. Este revelou ser o método ideal para quando se pretende realizar a substituição por um material mais resistente à compressão diametral ou mesmo para aumentar o diâmetro da conduta.

A sua metodologia consiste na introdução de um dispositivo, designado por cabeça de expansão, através do poço de inserção que viaja ao longo da conduta a substituir em direcção ao poço receptor, ao mesmo tempo que vai provocando a facturação do tubo existente e empurrando os fragmentos no solo circundante (Figura 17).

Consoante o tipo de sistema de ruptura esta operação pode ser efectuada de forma contínua ou por etapas. No entanto, em qualquer um destes tipos as vibrações são absorvidas pelo solo, não produzindo por isso consequências à superfície.



Figura 17. *Pipe bursting*: Ilustração do processo de destruição [29]

Para a realização deste processo encontram-se envolvidos outros equipamentos para além da já referida cabeça de expansão, como o puxador de hastes, o puxador da máquina e um dispositivo de retenção.

A tubagem é substituída de imediato, dado que o novo tubo é conectado à parte traseira da cabeça de expansão, podendo ter o mesmo diâmetro da existente ou superior. Na sua extremidade dianteira encontra-se ligado o conjunto da haste que é retirado a partir do poço de recepção.

Na execução deste método verificou-se que ocorriam situações de *pipe bursting* incompleto ou falhas provocadas pela perda de curso da cabeça de expansão, o que levou ao aparecimento de novos modelos com extremidade dianteira menor, destinada à orientação, sendo possível actualmente manter o alinhamento e garantir uma ruptura uniforme.

Entre as extremidades dianteira e traseira, a cabeça de expansão pode ainda conter “barbatanas”, correspondentes a nervuras transversais, e que fazem o primeiro contacto com a tubagem existente, constituindo assim um ponto de ruptura principal que garante a quebra ao longo de toda a circunferência, promovendo a eficácia da ruptura.

Como vantagens, o *pipe bursting* apresenta um baixo volume de escavação, estando relacionado apenas como os poços de inserção e de recepção, e principalmente pela possibilidade, já demonstrada em trabalhos na área de tubagens de água e gás, de se poder expandir a capacidade de carga das tubagens, pois os novos tubos podem ser de diâmetro maior à existente.

A sua instalação é relativamente rápida, proporcionada pelo facto de permitir a intervenção em grandes extensões de uma só vez (mais de 1500m).

Antes da aplicação desta técnica devem ser localizadas e desconectadas todas as conexões de serviço, e também verificadas as condicionantes adjacentes, dado que podem ocorrer perturbações no terreno ou em tubagens circundantes.

O *pipe bursting* pode ser classificado em três classes, que partilham os mesmos princípios diferindo entre si na forma como se procede a ruptura da tubagem, que são o *pipe bursting* pneumático, a expansão hidráulica e a *static bursting*.

***Pipe Bursting* Pneumático**

Até aos dias de hoje este é o tipo de ruptura mais utilizado em todo o mundo. Durante o processo de *pipe bursting* pneumático a cabeça de expansão é impulsionada por ar comprimido, proporcionado por um compressor inserido no novo tubo e conectado na sua extremidade traseira, numa acção percursora que se assemelha ao martelar de um prego a uma velocidade de 180-580 golpes/minuto.

Para além desta acção percursora, a cabeça de expansão fica ainda sujeita a uma tensão provocada pelo cabo do guincho, que se encontra conectado à sua extremidade dianteira e inserido na tubagem antiga. Estas duas acções aliam-se e pressionam a cabeça de expansão na parede da tubagem existente, ao mesmo tempo que puxam o novo tubo.

Ambos os parâmetros, pressão e tensão relacionados respectivamente com a acção do compressor e do guincho são mantidos constantes durante o processo.

Enquanto a cabeça de expansão avança ao longo da tubagem existente, o processo de *bursting* continua com um pequeno operador de intervenção.

Expansão Hidráulica

O processo de *bursting* num sistema de expansão hidráulica desenvolve-se a partir do poço de inserção em direcção ao poço de recepção, não de uma forma contínua mas numa sequência repetida ao longo da tubagem existente. Em cada sequência a cabeça de expansão, cujo o seu comprimento define o tamanho do segmento a substituir, é puxada na tubagem e por expansão lateral provoca a quebra do tubo.

Na extremidade dianteira da cabeça de expansão encontra-se amarrado o cabo do guincho, enquanto que na extremidade oposta está conectado o tubo de substituição e dentro deste as linhas de abastecimento hidráulico.

A cabeça de expansão é constituída por quatro ou mais de segmentos interligados que são articulados nas extremidades e no meio. Axialmente encontram-se *pistons* interligados que provocam a expansão lateral e a contracção da cabeça.

Static Bursting

O sistema *static bursting* envolve a abertura de um poço de recepção, a partir do qual é colocada uma máquina de rebentamento alinhada com a tubagem existente. Esta unidade, que funciona através de força hidráulica, possui hastes rígidas que se ligam à extremidade dianteira da cabeça de expansão e a puxam, rebocando conseqüentemente o novo tubo que é inserido pelo poço de inserção.

Este processo inicia-se por empurrão que permite que a haste guia, conectada à cabeça de expansão, se instale na tubagem existente. Uma vez na tubagem de lançamento, esta haste é removida e são anexadas as rodas de corte com lâminas, que efectuam o corte da linha existente.

Depois, a força de empuxe é suficiente para superar os obstáculos e continuar o percurso ao longo da tubagem.

A cabeça de expansão desempenha aqui um papel de relevo, dado que empurra os fragmentos, ao mesmo tempo que amplia, suaviza e sela o furo do canal.

Esta técnica é utilizada para redes de água mas também corresponde a uma das técnicas mais vantajosas para as redes de esgotos, uma vez que neste caso não é necessária a abertura do poço de inserção, pois pode-se recorrer a um dos poços de visita existentes no sistema, e ainda pelo facto de esta técnica permitir a sua execução a maiores profundidades.

5.2.3.3. *Pipe Eating*

Baseada no método de *microtunnelling*, o *pipe eating* é uma técnica que consiste na utilização de um escudo *microtunnelling* (Figura 18) especialmente adaptado para triturar e remover a tubagem existente. A adaptação mais utilizada possui “dentes”, dentro do triturador, especialmente concebidos para cortar o reforço das tubagens de betão permitindo deste modo a sua aplicabilidade em todos os materiais convencionalmente utilizados.

Este escudo deve possuir um diâmetro superior ao da conduta existente e em alguns sistemas possui uma cabeça-piloto, instalada na roda de corte, que permite orientar a

máquina dentro do tubo existente. Em conexão como o escudo deve-se encontrar, no eixo de transmissão, a sua ligação aos macacos hidráulicos que promovem a sua deslocação ao longo da tubagem, e na parte traseira o tubo de substituição.



Figura 18. Pipe eating: pormenor do escudo *microtunneling* [30]

Os fragmentos resultantes podem ser removidos por um sistema de escavação por vácuo, no qual são sugados para tanques de retenção localizados na superfície, ou pelo bombeamento de água ou bentonite (a partir do escudo) que segue para uma unidade de processamento à superfície onde decorre a remoção dos detritos e fragmentos para que possa ser novamente utilizado. É importante referir que a utilização deste último sistema pressupõe que a tubagem existente seja selada, de forma a manter a pressão de bombeamento.

Esta é uma técnica indicada para a substituição de tubagens de fibrocimento e de betão, numa faixa de diâmetros de 200 a 600 mm, apresentando a possibilidade de substituir a tubagem existente por um tubo de maior diâmetro, sem que existam grandes perturbações à superfície.

5.2.3.4. Pipe Reaming

O *pipe reaming* é uma variação do método de perfuração direccional horizontal (HDD)¹⁹, podendo ser utilizado na substituição de tubagens de fibrocimento, de betão armado simples e de PVC. O seu procedimento resulta do atravessamento da tubagem

¹⁹ O HDD é um método de instalação de tubagens subterrâneas em que, ao contrário do método tradicional de vala aberta, é efectuado por travessia subterrânea resultando por isso num menor impacto à superfície. Segundo este método é realizada a escavação de um furo-guia por uma perfuratriz rotativa com o auxílio de um jacto de lama bentonítica a elevada pressão. Após este procedimento, são utilizados alargadores cónicos para expandir o furo e assim puder ser possível a instalação do tubo que se procede no sentido inverso ao da perfuração.

existente por um alargador que a reduz em fragmentos, que são expulsos pelo furo com o líquido de perfuração, ao mesmo tempo que a nova tubagem que é puxada.

Apesar da sua ampla aplicabilidade em termos de condições, o maior obstáculo para a realização deste método são os solos não consolidados, sendo esta situação por vezes contornada pela adição de argamassa ao solo antes da perfuração.

Muitas vezes, este método constitui uma alternativa ao *pipe bursting* apresentando vantagens como o seu baixo custo, a rápida instalação, a maior capacidade de *upsizing* e o facto de não ser necessária a compactação em torno da formação.

5.2.3.5. Open Trench

O *open trench* é a técnica tradicionalmente mais utilizada, que consiste na substituição a partir da abertura de uma vala ao longo da tubagem existente.

A esta encontram-se associados dois métodos de abertura de valas: o método convencional, em que esta é aberta seguindo a mesma abordagem utilizada para a instalação de uma nova tubagem, e o da vala estreita que é em tudo semelhante à convencional diferindo no tamanho da largura, que é mantido o mínimo possível.

Este último método remete para vantagens associadas à redução dos danos ambientais, reduzindo ao mínimo o requisito para a necessidade de aterro e os problemas logísticos inerentes, e também para a minimização do transtorno no tráfego e nas pessoas.

A sua realização é efectuada à custa de uma substituição intensiva e encontra-se associada a problemas de grande impacto à superfície, podendo existir alguns obstáculos que dificultem a execução dos trabalhos como a existência de ruas, calçadas, postes, etc.

Perante a sua metodologia, é fácil de antever que corresponde a uma técnica amplamente utilizada para qualquer tipo de tubagens, sendo o polietileno o material de eleição para os tubos de substituição.

5.2.4. Análise comparativa

O presente capítulo referencia algumas das técnicas mais utilizadas na reabilitação e substituição de redes de abastecimento e distribuição de água. Nesta sequência, apresentam-se, seguidamente, os quadros que pretendem fazer um resumo das técnicas apresentadas e da sua aplicabilidade, assim como um paralelo entre as vantagens e desvantagens da sua utilização (Quadros 6, 7 e 8).

Quadro 6. Técnicas de Reabilitação e de Substituição [29]

PROCESSO		TÉCNICA		
Reabilitação	revestimento não-estrutural		revestimento com argamassa de cimento	
			revestimento com resina <i>epoxy</i>	
	revestimento estrutural (re-entubamento)		<i>Sliplining</i>	
			<i>Close Fit</i>	<i>Pipe Deformed</i>
<i>Die Drawing</i>				
<i>Rolldown</i>				
Substituição	re-entubamento	por destruição da tubagem existente	<i>Pipe Bursting</i>	<i>Pipe Bursting</i> Pneumático
				Expansão Hidráulica
			<i>Static Bursting</i>	
			<i>Pipe Eating</i>	
			<i>Pipe Reaming</i>	
vala aberta			<i>Open Trench</i>	

Quadro 7. Aplicabilidade das técnicas de Reabilitação e de Substituição [29]

	PEAD	PRFV	PVC	Aço carbono	Betão	Fibrocimento
revestimento com argamassa de cimento				✓	✓	
revestimento com resinas <i>epoxy</i>				✓	✓	✓
<i>sliplining</i>	✓	✓	✓		✓	✓
<i>close fit</i>				✓	✓	✓
<i>pipe bursting</i>			✓	✓		✓
<i>pipe eating</i>					✓	✓
<i>pipe reaming</i>			✓		✓	✓
<i>open trench</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Quadro 8. Vantagens e Desvantagens das técnicas de Reabilitação e de Substituição [29]

TÉCNICA		VANTAGENS	DESVANTAGENS
revestimento com argamassa de cimento		<ul style="list-style-type: none"> - não utiliza materiais tóxicos - perturbações mínimas à superfície - período de intervenção mínimo - baixo custo * 	<ul style="list-style-type: none"> - pode obrigar à alteração da técnica devido a danificação irremediável da conduta original, em trechos longos - solução provisória - não permite um aumento da capacidade hidráulica
revestimento de resinas epoxy		<ul style="list-style-type: none"> - maior rapidez em relação à técnica de revestimento com argamassa de cimento - maior durabilidade que o cimento - resulta numa superfície mais lisa - maior controlo da espessura da camada - não obriga à interrupção de ramais prediais - ideal para resolver problemas de corrosão interna 	<ul style="list-style-type: none"> - aplicação desaconselhável em trechos longos (mais de 500m) e em diâmetros superiores a 1000 mm - não resolve problemas de fugas nem de esmagamento da conduta - não permite um aumento do diâmetro
re-entubamento	<i>sliplining</i>	<ul style="list-style-type: none"> - processo de aplicação simples - possibilidade de progressão em trechos longos - facilidade de inserção em curvas e pendentes elevadas - instalação rápida - a tubagem existente pode servir de protecção ao novo tubo 	<ul style="list-style-type: none"> - desaconselhada em casos onde sejam previstas elevadas cargas diamétrais - necessária abertura de vala as ligações
	<i>close fit</i>	<ul style="list-style-type: none"> - rápida instalação - permite instalação em trechos longos - menor perda da capacidade hidráulica* 	<ul style="list-style-type: none"> - risco de danos no material da conduta durante o processo de reversão - desaconselhada a utilização de forros de paredes finas (risco de fissuração)
re-entubamento por destruição da existente		<ul style="list-style-type: none"> - permite instalação relativamente rápida ao longo de grandes extensões - possibilidade de aumentar o tamanho da conduta e/ou por um material mais resistente à compressão diametral - economicamente mais viável em situações em que a tubagem existente esteja mais funda ou implantada em solos mais estáveis 	<ul style="list-style-type: none"> - provoca vibrações e ruído - pode provocar perturbações no terreno e em tubagens adjacentes - obriga a abertura de poços de grande dimensão
vala aberta		<ul style="list-style-type: none"> - ampla aplicabilidade em termos de materiais e diâmetros 	<ul style="list-style-type: none"> - obriga a abertura de valas de grandes extensões de vala consequentemente a grandes volumes de escavação - maiores custos associados
* em comparação com outras técnicas			

5.2.5. Medidas de Segurança associadas aos trabalhos de abertura de valas

Em termos de legislação, as medidas obrigatórias de segurança a aplicar em trabalhos que envolvam a abertura de valas encontram-se no Regulamento da Segurança ao Trabalho da Construção Civil (RSTCC), de Agosto de 1958 (DL nº 41821), em vigor há cerca de 42 anos.

Embora tenham sido publicadas portarias que visam de alguma forma actualizar algumas lacunas, continua desactualizado, pois entretanto foram surgindo novos procedimentos e métodos de construção enquanto que outros ainda aí referenciados já não são praticados nos dias de hoje. Existe, por isso, a necessidade de revisão do referido documento.

No Quadro 9 encontram-se apresentadas as principais medidas de segurança que devem ser aplicadas no caso dos trabalhos de abertura de valas, de modo a minimizar os riscos associados a estes tipo de trabalhos, que dizem respeito ao soterramento, à queda em altura ou ao mesmo nível, à projecção de materiais, à queda de objectos, à ocorrência de cortes ou outras lesões, ao desabamento de estruturas vizinhas, à interferência com redes técnicas e ao atropelamento.

Quadro 9. Medidas de Segurança em trabalhos de abertura de valas [35]

ANTES DO INÍCIO DOS TRABALHOS	DURANTE OS TRABALHOS
<p>-obter toda a informação sobre a existência de eventuais redes técnicas, a partir da qual se deve desenvolver o plano de prevenção para os riscos identificados</p> <p>-verificar as condições de trabalho</p> <p>-eliminar, remover ou proteger todos os objectos que ofereçam risco de desprendimento na fase de escavação</p> <p>-se necessário, abrir uma valeta impermeável a uma distância razoável do perímetro da escavação, para evitar que esta seja inundada por uma linha de água, ou que venham a acontecer desprendimentos devidos à presença da água</p> <p>-formar todos os intervenientes na obra</p>	<p>-Evitar toda a deposição de materiais ou resíduos que possam provocar a sobrecarga no coroamento da escavação; os materiais novos e escavados reutilizáveis devem ser depositados por espécies, sempre que possível de um dos lados da escavação, afastados, pelo menos 60 cm dos bordos da mesma, de modo a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • não criar risco de desmoronamento para dentro da escavação; • não impedir a circulação rodoviária e pedonal; evitar a obstrução de passeios, entradas de edifícios, garagens, locais de utilização de serviços públicos, saídas de emergência, bocas de incêndio, etc.; • não impedir o escoamento de águas pluviais; não obstruir sumidouros e valetas; <p>-Todo o perímetro da escavação</p> <p>-As escavações abertas perto de caminhos públicos, ou com passagem de animais, devem ser protegidas com painéis, redes ou guardas longitudinais protectoras, com altura e resistência adequadas, colocadas a uma distância adequada do perímetro da escavação, de forma a garantir a segurança dos peões ou viaturas.</p> <p>-Nas zonas de transposição da escavação devem ser colocadas passadeiras adequadas protegidas com guardas laterais</p> <p>-As guardas longitudinais da escavação e as guardas laterais das passadeiras devem incluir uma barra colocada a cerca de 30 cm do pavimento para protecção de invisuais e crianças.</p> <p>-Se necessário, dependendo da profundidade da escavação, devem ser colocadas escadas de mão para facilitar o acesso.</p> <p>-Os equipamentos de trabalho no interior das valas deverão ser manuseados com precaução e em segurança de forma a evitar riscos inerentes à actividade.</p> <p>-Sempre que seja possível a retirada dos elementos de suporte / auxiliares (passadiços, moto-bombas, etc) para a abertura das valas deverá ser efectuada com recurso a meios mecânicos auxiliares (por exemplo camião com grua)</p>

Em trabalhos de abertura de valas, a necessidade de entivação é uma questão importante, uma vez que salvaguarda situações de risco potenciadas pela escavação, cuja a execução pode comprometer a estabilidade do terreno, a envolvente da vala e

consequentemente a segurança dos trabalhadores. Por essa razão, a entivação deve ser sempre efectuada em escavações:

- cuja profundidade seja superior a 1,30 m e a largura igual ou superior a 2/3 da profundidade;
- em que a natureza geológica e factores envolventes (ex.: proximidade de linhas de águas pluviais) assim o exijam;
- efectuadas nas faixas de rodagem ou perto destas.

Quando forem realizados em passeios ou outros locais não sujeitos a vibração devem ser colocadas costaneiras contínuas ao longo da vala travadas por meio de escoras, de forma a conter a desagregação do terreno adjacente. Deve-se ainda ter o cuidado de prolongar os elementos de entivação acima da superfície de escavação pelo menos em 15 cm.

No decorrer dos trabalhos é importante que os equipamentos e as ferramentas sejam sempre mantidos em bom estado e alvo de inspecções periódicas. Deve ainda existir cuidado com o manuseamento de ferramentas cortantes, e de utilizar a ferramenta adequada em cada situação não recorrendo ao seu improvisado.

Apesar da aplicação de todas as medidas referidas, estas não são suficientes para minimizar o risco de ocorrência de acidentes, é necessário prever a protecção colectiva e individual.

As medidas de protecção colectiva aplicadas a esta situação relacionam-se com a delimitação da área de trabalho, a sinalização adequada de pontos onde existam potenciais riscos (electricidade, risco de incêndio, tráfego, substâncias perigosas, etc), a existência de extintores e a orientação das manobras das máquinas.

Quanto à protecção individual os equipamentos obrigatórios deverão ser: o fato de trabalho, o capacete de protecção, o calçado de segurança com protecção mecânica, as luvas impermeáveis, o colete reflector (para trabalhos na via pública), os óculos de protecção, os protectores ou obturadores auriculares (se necessário, como por exemplo quando é usado martelo pneumático) e a semi-máscara com filtro.

5.3. Reabilitação dos reservatórios de água

Neste âmbito, embora a presente dissertação se centre nas redes, apresenta-se uma breve nota sobre a reabilitação dos reservatórios de água. As intervenções que aqui se realizam resumem-se essencialmente à sua protecção e impermeabilização, impedindo deste modo que existam perdas de água para o exterior e garantindo que a água armazenada não seja contaminada pela entrada de águas do exterior.

Para isso, torna-se necessária a realização de alguns trabalhos preparatórios que têm como objectivo garantir que as operações de reabilitação sejam eficazes e, portanto, os resultados espectáveis para a intervenção sejam cumpridos. Essas tarefas preliminares dizem respeito à execução de acções de limpeza das superfícies, de reparações pontuais do betão e o tratamento de pontos importantes onde o risco de ocorrerem problemas se encontra patente.

Limpeza das superfícies

Antes da realização de qualquer intervenção ao nível dos reservatórios é necessário garantir que não existem restos de materiais contaminantes que dificultem a aderência do revestimento de impermeabilização.

Na preparação da superfície deve então ser realizada a limpeza da superfície. O sistema mais adequado e do qual resulta um melhor rendimento é o do tratamento mecânico onde um jacto de água fria é projectado a elevada pressão, entre 180 e 220 bar, de forma contínua e homogénea sobre os paramentos do reservatório. Deste modo, para além de serem removidos quaisquer restos de materiais, permite-se a fácil localização das zonas deterioradas.

Após este processo, e antes da aplicação de qualquer produto impermeabilizante, é necessário tomar algumas precauções que visam salvaguardar os elementos existentes no interior do reservatório. Assim, estes devem ser envolvidos por um filme plástico, deve ser colocada uma protecção na descarga de fundo e, para a remoção de água para o exterior, deve ser previsto o recurso a electrobombas.

Reparações pontuais do betão

Com a execução dos trabalhos de limpeza, as zonas deterioradas são removidas, resultando uma superfície irregular que necessita de ser intervencionada de forma a criar uma boa superfície de aderência para a aplicação do revestimento. Neste sentido, a reparação do betão deverá ser realizada pela utilização de uma argamassa estrutural de endurecimento, amassada manualmente²⁰.

A sua aplicação é efectuada por demãos sucessivas de espessuras compreendidas entre o mínimo de 10 mm e o máximo de 30 mm.

Uma vez concluída a aplicação da argamassa decorre o tempo correspondente ao seu endurecimento, e quando este se encontrar concluído deve-se proceder à passagem de um jacto de água sobre a reparação executada, com o objectivo de remover o produto que não esteja devidamente aderido ao suporte.

Zonas problemáticas

Num reservatório, as zonas onde existem juntas, fissuras e encontros são aquelas que merecem uma atenção especial pois são as que mais problemas geram dentro das impermeabilizações.

No caso das juntas de dilatação, deve-se prever o seu preenchimento com areia e de seguida a aplicação de uma banda elástica, que, uma vez fixada à superfície com a argamassa, garante a estanquidade.

As juntas de betonagem, quando devidamente executadas, não constituem pontos onde existam movimentos importantes. Contudo, devem ser tratadas com um material que seja capaz de absorver os pequenos movimentos.

Nos reservatórios existentes, submetidos a reconstrução, as juntas de betonagem devem ser abertas criando uma fissura de largura entre 2 a 3 cm seguindo-se o preenchimento de uma argamassa estrutural de presa rápida e sem retracção.

Já nos reservatórios novos deve-se prever a aplicação de uma argamassa flexível numa faixa de dez centímetros, sendo que a primeira demão deverá ser armada com fibra de vidro com o intuito de reforçar os esforços de tracção.

A junta criada pelo encontro de elementos de planos distintos constitui um ponto importante no qual podem decorrem infiltrações ou perdas água, assim no seu tratamento deve-se realizar a abertura de um roço quadrado de 3 a 4 cm de lado o qual será preenchido com uma argamassa estrutural em que o acabamento surge em forma de meia cana.

Os passamuros correspondem a passagens existentes nos muros, que permitem o atravessamento das tubagens de entrada de água e de recolha. Estes devem ser tratados a partir da picagem do muro na área circundante do tubo seguindo-se a aplicação de uma camada fina de mastique hidroexpansivo e do preenchimento com argamassa estrutural com acabamento em forma de meia cana.

Impermeabilização

A impermeabilização deve ser realizada por argamassas flexíveis resultantes da amassadura de uma emulsão de resinas sintéticas com uma mistura de cimentos, de inertes seleccionados e aditivos em pó, devendo de preferência ser realizada com recurso a uma misturadora mecânica de baixa rotação.

A aplicação deverá ser feita em duas demãos sendo a primeira feita manualmente com uma brocha ou escova resultando numa camada de cerca de 1 mm, sendo o período correspondente à secagem definido em função da temperatura da obra, que pode ir das 16 h até ao máximo de 3 dias.

Já o tempo de secagem da segunda demão corresponde a um período mínimo de 14 dias. Contudo, recomenda-se um tempo superior para a sua cura completa conforme especificados nas Fichas Técnicas dos diversos materiais utilizados.

²⁰ O produto final deverá corresponder a uma argamassa semi-seca, com uma porção de água de 14 a 16% por peso de produto.

Outra técnica que pode ser utilizada corresponde à aplicação mecânica por projecção, sendo esta complementada pela passagem de uma trincha para homogeneização da superfície.

Qualquer que seja a técnica de aplicação utilizada, as duas demãos devem ser realizadas em direcções perpendiculares sendo recomendado que a primeira seja aplicada na vertical enquanto que a segunda na horizontal.

A geração de condensações nos tectos dos reservatórios potenciam a deterioração do betão nessas superfícies, e portanto apesar de não se encontrarem directamente em contacto com a água devem ser submetidas também à aplicação de duas demãos de impermeabilizante.

Antes da colocação dos reservatórios de água potável em funcionamento deve-se proceder à lavagem da estrutura com água desinfectada.

Os produtos a aplicar devem ser apropriados para contacto com a água potável.

No Quadro 10 encontram-se dispostas as vantagens e as desvantagens da utilização das técnicas correntemente utilizadas.

Quadro 10. Vantagens e Desvantagens das técnicas mais correntes na reabilitação de reservatórios de água [29]

TÉCNICA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
revestimento com fibra de vidro	<ul style="list-style-type: none"> - proporciona uma melhor repartição das possíveis tensões existentes devido ao reforço à tracção dado pelo facto de ser uma argamassa retráctil - mais eficaz 	<ul style="list-style-type: none"> - processo mais lento e dispendioso - necessita de mão de obra especializada
revestimento com tela betuminosa	<ul style="list-style-type: none"> - processo mais rápido e menos oneroso - mão necessita de mão de obra especializada 	<ul style="list-style-type: none"> - pode haver uma diminuição do tempo de vida útil dada por eventuais cedências das selagens dos bordos - pouca especificidade na aplicação
reconstrução estrutural	<ul style="list-style-type: none"> - soluciona problemas com recurso à experiência <i>in situ</i> pela construção da célula anterior - tempo de vida substancialmente elevado 	<ul style="list-style-type: none"> - processo muito oneroso e moroso

5.4. Reabilitação das Estações Elevatórias e Equipamentos

Apresenta-se, seguidamente, uma breve nota sobre a reabilitação de estações elevatórias e equipamentos.

Em termos de estações elevatórias, no caso de as bombas serem hidráulicas, devem ser considerados dois tipos de componentes na sua constituição que se distinguem na forma como são reabilitados. Os electromecânicos são acessórios que, quando avariam, a solução é a substituição na totalidade, não existindo a hipótese de substituição de apenas uma componente mecânica ou eléctrica. Já os acessórios hidráulicos permitem a substituição de apenas algumas peças, quando seja economicamente viável, em detrimento da sua substituição total.

No caso de equipamentos que fazem parte dos sistemas de abastecimento e distribuição de água, como válvulas, ventosas e outros dispositivos pontuais, as únicas soluções possíveis de serem adoptadas resumem-se à sua reparação ou então à substituição integral.

6. CONCLUSÕES

Com tudo o que encontra disposto na presente dissertação, considera-se pertinente a proposta de adopção de medidas que sejam capazes de potenciar o incentivo da realização atempada e adequada de actividades de desconstrução e/ou reabilitação, recorrendo a técnicas que permitam causar o menor impacto possível no meio ambiente e nos seus sistemas.

Neste sentido, é importante que na fase de projecto de um novo sistema de abastecimento e distribuição de água exista um documento anexo ao projecto, que previna eventuais acções de reabilitação e técnicas de substituição devidamente adequadas aos materiais utilizados, definindo assim uma proposta das intervenções adequada no fim da vida útil da rede.

Se implantada, esta ideia proporcionaria grandes vantagens a nível ambiental e económicas, pois se todos estes aspectos já se encontrarem devidamente esquematizados, de certo que o incentivo da realização destes procedimentos por parte dos donos de obra será maior e mais correcto.

Propõe-se que, em trabalhos futuros, se desenvolva um protótipo destes modelos a serem desenvolvidos na fase de projecto, ou, no caso dos sistemas já existentes, por figuras a designar pelas entidades gestoras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. "Caracterização Geral do Sector-Volume I", in Relatório Anual do Sector de Águas e de Resíduos em Portugal 2008, http://www.ersar.pt/website/ViewContent.aspx?Name=RASARP_VOL1 .
2. Aquaduta (2008). "Mercado prepara-se para reabilitação de condutas". Jornal Água Ambiente. Aquaduta.
3. Solidarités International. Mapa do Stress hídrico. <http://www.solidarites.org> (19/02/2010).
4. Couto, A.B., J.P. Couto, e J.C. Teixeira (2006). "Desconstrução uma Ferramenta para a Sustentabilidade da Construção". NUTAU 2006. São Paulo. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6792/1/095NUTAU.pdf> (16/12/2009).
5. ISTCivil. Técnicas de demolição. <http://z8.invisionfree.com/ISTCivil/index.php?=-Attach&type=postid=5104386> (16/04/2010).
6. Varum, Humberto. Conservação e Reabilitação da Construção. Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro. 2009
7. Russo, C. (2009). Desconstrução de Sistemas Prediais de Água. Departamento de Engenharia Civil Aveiro, Universidade de Aveiro. Mestrado.
8. Grupo de Gestão e Tecnologia da Construção (1999). Processos de Construção. Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico.
9. "Regulamento de Segurança no Trabalho de Construção Civil", Decreto-Lei n.º 41 821, Diário da República nº 175 de 11/8/58, Lisboa, 1958.
10. "Plano de Prevenção e Gestão de resíduos de Construção e Demolição", Decreto-Lei nº 46, Diário da República nº 51 de 12/3/08, Lisboa, 2008
11. Afonso, A.S. (1997). O novo Regulamento Português de Águas e Esgotos anotado e comentado. Vol. 1. Coimbra: Casa do Castelo - Editora.
12. Santos, R. e J.G. Martins (2004). "*Materiais de Construção Plásticos*", in *Série Materiais*. 1ª Edição: <http://www2.ufp.pt/~jguerra/PDF/Materiais/Plasticos.pdf>; (15/12/2009).

13. Agência Portuguesa do Ambiente. Resíduos de Construção e Demolição. From: <http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Residuos/fluxoresiduos/RCD/Paginas/default.aspx> (10/05/2010).
14. Martins, J. G. Distribuição e drenagem de águas - condições técnicas de execução. Materiais.
15. Santos, R. and J. G. Martins (2004). Plásticos. Materiais.
16. Pessoa, J. (2007). Alumínio Fundido e Ferro Fundido. O que usar. II CONNEPI 2007. Paraíba.
17. Pereira, L. A. S. (2008). Amianto: Medidas para a implementação de um plano de controlo num edifício. Departamento de Ciências de Engenharia do Ambiente. Lisboa, Universidade de Nova Lisboa. Mestrado.
18. Além, J. C. (2009). Remoção de Amianto. Riscos, práticas e desafios. ambinews, Ambigroup
19. Epralima. Trabalhos de demolição. <http://www.epralima.pt/inforadaapt/index.php/inforadapt/content/download/931/2768/file/trabalhos%2520de%2520demoli%25C3%25A7%25C3%25A3o.pdf> (02/03/2010)
20. Brito, Jorge de (2006). "A Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição", in *Workshop A Reciclagem na Casa do Futuro (Aveirodomus)*.
21. Fonseca, R. (2008). A Gestão de Resíduos de Construção e Demolição. Gestão de Resíduos de Construção e Demolição. Torre de Moncorvo.
22. Miranda, C. A. (2009). Modelo para a Gestão de Resíduos de Construção e Demolição uma solução para as empresas de construção civil. Universidade dos Açores. Mestrado.
23. Lourenço, C. C. (2007). Optimização de sistemas de demolição - demolição selectiva. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura. Lisboa, Instituto Superior Técnico. Mestrado
24. PVC, I. (2010). Reciclagem Mecânica do PVC: Uma Oportunidade de Negócios. <http://www.instituodopvc.org/reciclagem/200.htm> (27/04/2010).
25. UONIE/ACSS (2008). Guia para procedimentos de inventariação de materiais com amianto e acções de controlo em unidades de saúde. UONIE/ACSS.

26. UONIE/ACSS (2008). Guia para procedimentos de inventariação de materiais com amianto e acções de controlo em unidades de saúde. UONIE/ACSS.
27. Recifemetal. "Remoção de Fibrocimento".
<http://www.ambigroup.com/recifemetal> (27/05/2010).
28. Baptista, J. (1995). Reabilitação de sistemas de distribuição de água - Uma metodologia de abordagens, LNEC.
29. Grilo, T. V. (2007). Técnicas de Reabilitação de Sistemas de Abastecimento de Água. Departamento de Engenharia Civil. Lisboa, Universidade Técnica de Lisboa. Mestrado
30. No-dig (2006). "Pipecracking & Eating Pipe."
<http://www.nodig.co.za/pipecrack.htm> (04/05/2010).
31. ASST (2005). "Trenchless Technologies." from <http://www.astt.com.au> (30/04/2010).
32. ISTT. "Trenchless Technologies." from <http://www.istt.com> (30/04/2010).
33. Selvakumar, A., R. Clark, et al. (2002). "Costs for water supply distribution system rehabilitation." from <http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/600ja02406/600ja02406.pdf>.
34. Gumier, Carlos (2008). Associação Brasileira de Tecnologia Não Destrutiva - Curso de arrebetamento de redes utilizando o mesmo caminho. In III CONGRESSO DE MND e I NoDIG AMÉRICA LATINA, São Paulo, 2008.
35. REN (2009). "Abertura de valas ou trincheiras". Ficha de Prevenção e Segurança