



PROJECTO E CONSTRUÇÃO DE DOIS EMISSÁRIOS SUBMARINOS EM MARROCOS

Pedro Figueira (1), Cristina Afonso (1), Alfredo Afonso (2), Norberto Ruivo (2)

figueira@wwsa.pt ; cafonso@wwsa.pt ; a.afonso@etermar.pt ; n.ruivo@etermar.pt

⁽¹⁾ WW - Consultores de Hidráulica e Obras Marítimas, S.A., Rotunda Nuno Rodrigues dos Santos, 1-B – 10^o, 2685-223 Portela – LRS, Portugal

⁽²⁾ ETERMAR – Obras Terrestres e Marítimas, S.A., Estrada da Graça, 38, 2910-520 Setúbal, Portugal

Resumo

Os emissários submarinos de Tétouan-Azla e Tanger Port destinam-se a lançar no mar os efluentes urbanos tratados a partir das estações de bombagem.

Faz-se uma breve abordagem a alguns aspectos relacionados com a concepção das obras no que diz respeito à estrutura e ao seu funcionamento e com a construção das mesmas.

O projecto de detalhe dos emissários submarinos ocorreu em paralelo com o processo de construção permitindo adequar as soluções e os procedimentos às condições locais.

1. Introdução

Tétouan e Tanger são cidades importantes no norte de Marrocos. Tétouan está localizada na costa norte de Marrocos, ligeiramente para o interior do Mediterrâneo, enquanto Tanger situa-se do lado contrário do Estreito de Gibraltar, na costa atlântica.

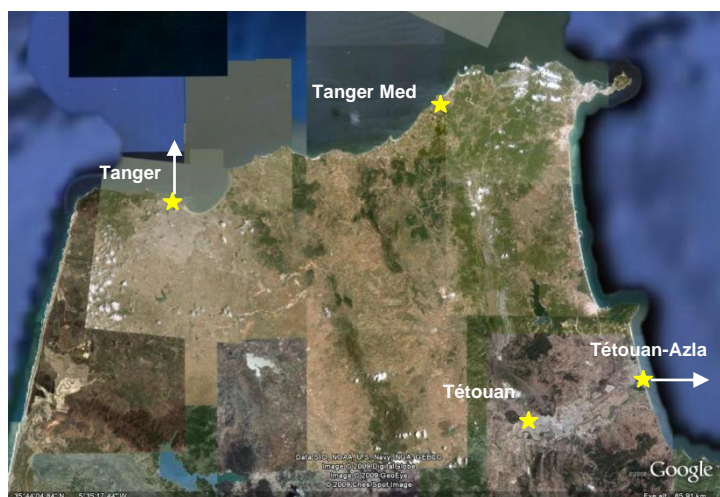


Figura 1 – Localização dos emissários

A linha de costa junto das cidades de Tétouan e de Tanger é constituída por praias utilizadas intensamente pelos residentes e pelos turistas.

A resolução do problema do destino final dos esgotos domésticos destas duas cidades passa pelo lançamento no mar dos efluentes das estações de tratamento localizadas junto da costa. Esse lançamento é efectuado através dos emissários submarinos, a partir das estações de bombagem situadas junto das ETAR. O objectivo principal dos emissários é lançar os efluentes longe da linha de costa de modo a manter os parâmetros de qualidade da água dentro de limites aceitáveis para a utilização balnear.



6^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Funchal, 8 e 9 de Outubro de 2009

Em 2005 a Amendis – Société des Eaux et de l'Électricité du Nord lançou um concurso internacional para a construção dos emissários submarinos de Tétouan-Azla e Tanger Port.

Os caudais dos efluentes a lançar no mar no ano horizonte de projecto (2027) são 2,32 m³/s e 3,76 m³/s nos emissários de Tétouan e Tanger, respectivamente.

O emissário submarino de Tétouan, tem um comprimento total de 3095 m e é constituído por um tubo de PE100, SDR26, com um diâmetro exterior de 1200 mm. O emissário submarino de Tanger tem um comprimento total de 2152 m e é constituído por um tubo de PE100, SDR22, com um diâmetro exterior de 1400 mm.

O projecto de execução e a construção dos emissários foram realizados por um agrupamento de construtores constituído pelas empresas: SOMAGEC (Marrocos), ETERMAR (Portugal) e GEOCEAN (França), com o suporte técnico da WW na elaboração do projecto de execução.

Os projectos dos emissários começaram em 2006 e a construção terminou em 2008. A fase de construção durou cerca de 12 meses.

2. Aspectos hidráulicos

Os efluentes são lançados das ETAR para os emissários submarinos através das estações de bombagem localizadas junto da costa.

Os caudais do efluente a lançar no mar foram 1,21 m³/s e 1,62 m³/s no ano 2007 e no ano horizonte de projecto (2027) serão 2,32 m³/s e 3,76 m³/s nos emissários de Tétouan e Tanger, respectivamente.

O emissário submarino de Tétouan, tem um comprimento total de 3095 m e é constituído por um tubo de PE100, SDR26, com um diâmetro exterior de 1200 mm. O difusor é constituído por 11 chaminés verticais, afastadas 12 m entre si, com um diâmetro interior de 248 mm e a extremidade atinge a batimétrica -38 m(ZH).

O emissário submarino de Tanger tem um comprimento total de 2152 m e é constituído por um tubo de PE100, SDR22, com um diâmetro exterior de 1400 mm. O difusor é constituído por 14 chaminés com válvulas "bico de pato", com 350 mm de diâmetro, afastadas 22,5 m entre si e a extremidade atinge a batimétrica -42 m(ZH).

Durante a fase de projecto foram estudados os problemas de transporte de ar dentro da tubagem e os aspectos relacionados com o sistema de limpeza dos tubos.

3. Aspectos relacionados com a estabilidade e a resistência

A solução estrutural adoptada é uma solução que vem sendo utilizada com sucesso há mais de duas décadas neste tipo de obras, a qual consiste na construção de troços longos com anéis de betão armado com funções de peso auxiliar no afundamento e de estabilização após construção.

Os troços a afundar foram montados em estaleiro, rebocados para a sua posição final e afundados por meio de enchimento controlado com água do mar. Os troços foram fabricados com comprimentos longos, e rebocados em flutuação para a zona da obra, evitando a necessidade de realizar soldaduras.

O emissário submarino de Tétouan é constituído por dois troços ao longo do comprimento total: troço enterrado em vala protegida por enrocamento, com 1035 m de comprimento até à batimétrica -8 m(ZH) e no troço restante apoiado no fundo com a extremidade localizada na batimétrica -38 m(ZH) e um comprimento de 2060 m.

O emissário submarino de Tanger é igualmente constituído por um troço enterrado em vala protegida por enrocamento, com 265 m de comprimento até à batimétrica -8 m(ZH) e por um troço apoiado no fundo até à batimétrica -42 m(ZH), com um comprimento de 1887 m.

A estabilidade dos emissários é assegurada através de anéis de betão armado de dois tipos em cada emissário, com pesos compreendidos entre 40 e 65 kN. No caso de Tanger a estabilidade do emissário após construção foi reforçada com pesos adicionais de betão armado



6^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Funchal, 8 e 9 de Outubro de 2009

(estabilizadores) com 129 kN. Nos 250 m iniciais a vala é protegida contra a erosão por meio de um prisma de enrocamento.

No projecto foi estudada a resistência do tubo considerando a pressão interna, a erosão do fundo numa determinada secção do emissário e a tensão de flexão durante as operações do afundamento.

4. Aspectos construtivos e de instalação

Os tubos foram fabricados na Noruega em 8 secções por emissário, com comprimentos compreendidos entre 200 e 400 m. Os tubos foram transportados em flutuação para o porto de Tanger Med, com o auxílio de um rebocador, numa viagem de cerca de 3500 km e posteriormente para o local da obra (Fotografias 1 e 2).



Fotografia 1 – Fabrico do tubo



Fotografia 2 – Transporte dos tubos

Foram construídos 626 e 560 anéis de betão tipo I e II no emissário de Tétouan e Tanger, respectivamente e 20 estabilizadores no emissário de Tanger (Fotografias 3 a 7).



Fotografia 3 – Anel tipo I. Emissário Tétouan
($V = 1,76 \text{ m}^3$)



Fotografia 4 – Anel tipo I. Emissário Tanger
($V = 1,62 \text{ m}^3$)



Fotografia 5 – Anel tipo II
($V = 2,19 \text{ m}^3$ - Tétouan e $V = 2,57 \text{ m}^3$ - Tanger)



Fotografia 6 – Estabilizador. Emissário Tanger
($V = 5,16 \text{ m}^3$)



Fotografia 7 – Estaleiro

No porto de Tanger Med foram colocados os anéis no tubo em flutuação (Fotografias 8 e 9).



Fotografia 8 – Pontão utilizado na instalação dos anéis



Fotografia 9 – Instalação dos anéis

As duas peças de betão que constituem os anéis são fixas através de ligações metálicas, as quais são protegidas contra a corrosão através da protecção catódica com ânodos de zinco. A distância entre anéis varia entre 3,2 e 5 m e entre estabilizadores varia entre 15 e 25 m, dependendo da secção onde se encontram instalados.

As ligações entre as secções dos tubos foram realizadas por meio de flanges metálicas protegidas durante o afundamento por uma estrutura metálica (Fotografias 10 e 11). À semelhança do que foi feito nos anéis, a protecção das flanges contra a corrosão foi realizada através da protecção catódica com ânodos de zinco.



Fotografia 10 – Ligação flangeada. Tétouan



Fotografia 11 – Ligação flangeada. Tanger

Os difusores são constituídos por tubos metálicos fixos nas paredes do emissário, após a abertura dos orifícios no mesmo (Fotografia 12 e 13). No caso do emissário submarino de Tanger foram instaladas válvulas de borracha “bico de pato”. No início da exploração foram abertos 6 orifícios no emissário de Tétouan e foram instaladas 7 válvulas no emissário de Tanger. Os orifícios serão abertos em função da evolução do caudal do efluente.



Fotografia 12 – Instalação do orifício



Fotografia 13 – Preparação do difusor para o afundamento do tubo

Quando se iniciaram as operações de dragagem para a abertura da vala no emissário submarino de Tanger, verificou-se que a natureza do solo de fundação era muito diferente do esperado, mais duro e mais compacto. Nas Fotografias 14 e 15 podem-se visualizar os diferentes equipamentos utilizados na abertura da vala e a colocação de explosivos para abertura da mesma.



Fotografia 14 – Equipamentos utilizados nas dragagens



Fotografia 15 – Colocação de explosivos na abertura da vala

O afundamento dos tubos do emissário foi feito com troços de diferentes comprimentos, tendo o maior deles um comprimento de 820 m (Fotografias 16 e 17). Após o afundamento destes troços longos, foram instalados troços de ligação.



Fotografia 16 – Operação de afundamento



Fotografia 17 – Afundamento na secção em vala

Depois das operações de afundamento a vala foi preenchida e protegida com enrocamento, nos 250 m iniciais (Figura 18).



Fotografia 18 – Construção da protecção de enrocamento no troço em vala

Nas Fotografias 19 e 20, pode-se visualizar uma secção de tubo afundado no emissário submarino de Tanger e a colocação do estabilizador sobre o anel de afundamento.



Fotografia 19 – Secção do tubo afundado



Fotografia 20 – Colocação do estabilizador

Os trabalhos marítimos de construção dos emissários terminaram com a colocação de blocos de betão com perfis metálicos para protecção dos difusores contra o arrastamento por redes de pesca e com a colocação de bóias de sinalização marítima (Fotografias 21 e 22).



Fotografia 21 – Blocos de protecção dos difusores



Fotografia 22 – Bóia de sinalização

Após a construção dos emissários submarinos, foram construídas em terra, a jusante das estações de bombagem, estruturas metálicas para introdução das cápsulas de limpeza, as quais serão impulsionadas por sistemas hidráulicos. As estruturas são compostas por peças de aço em Y colocadas de modo a permitirem inserir a cápsula a partir da superfície (Fotografia 23).



6^{as} Jornadas Portuguesas de Engenharia Costeira e Portuária Funchal, 8 e 9 de Outubro de 2009



Fotografia 23 – Estrutura em aço para instalação da cápsula de limpeza das tubagens

5. Aspectos operacionais

Na fase final do projecto, estabeleceu-se um programa de inspecção e monitorização do funcionamento dos emissários e do seu comportamento estrutural. A realização deste plano irá permitir a imediata correcção dos problemas que eventualmente possam ocorrer.

6. Conclusões

Os emissários submarinos de Tétouan e Tanger irão contribuir para manter a boa qualidade das águas balneares junto da costa.

Durante a fase de construção os problemas foram evitados devido a terem sido feitas boas opções na escolha das soluções e a um correcto planeamento da sua execução.