



CONSTRUÇÃO DE COLETORES DE ESGOTO PARA A RECUPERAÇÃO DO RIO EMSCHER – UM DOS MAIORES PROJETOS DE INFRAESTRUTURA DA EUROPA

Edson Peev

Graduado em Engenharia Mecânica pela FEI - Faculdade de Engenharia Industrial, em 1983. Atuou como Engenheiro de Projetos e Gerente de Projetos nos segmentos de óleo, química, indústria automobilística, cuidados pessoais e alimentos. Trabalha há 21 anos na fabricante de tuneladoras alemã Herrenknecht AG no Brasil, atuando nas áreas comerciais e suporte pós-vendas, onde atualmente ocupa a posição de Engenheiro Sênior.

Endereço: Rua Américo Brasiliense, 1923 - cj. 1208/1209 - Chácara Santo Antônio - São Paulo - SP - CEP: 04715-005 - Brasil - Tel: +55 (11) 98431-4039 - Fax: +55 (11) 5180-4400 - e-mail: Peev.Edson@herrenknecht.com.br.

RESUMO

O Rio Emscher na Alemanha foi por muitos anos um sistema de esgoto a céu aberto, considerado uma fossa do vale do Ruhr, um canal extremamente poluído pelos efluentes provenientes da mineração de carvão e indústria pesada e pelo esgoto doméstico, um local a ser evitado. Desde o início da década de 1990, a associação de administração de água Emschergenossenschaft colocou em prática um projeto para tornar o rio totalmente livre de esgoto até o ano de 2020. Para atingir esta meta, vários quilômetros de coletores subterrâneos estão sendo construídos utilizando tuneladoras da mais alta tecnologia que instalam tubos de concreto pelo método de tubo cravado, bem como anéis segmentados de concreto.

PALAVRAS-CHAVE: Tuneladora, Tubo Cravado, Anel Segmentado.

INTRODUÇÃO

O Rio Emscher, situado no vale do Rio Ruhr, na Renânia do Norte-Vestefália, Alemanha, teve seu trajeto alterado algumas vezes nos últimos séculos. Desde sua nascente em Holzwickede a leste da cidade de Dortmund, o Emscher percorre um caminho de 80 km, passando por diversas cidades antes de desaguar no Rio Reno. Ao final do século 19, com o aumento da industrialização, o rio ainda em seu leito natural sofria com eventuais enchentes, inundando distritos inteiros com água contaminada, causando epidemias e doenças. Em 1899 foi fundada a Emschergenossenschaft, uma cooperativa com participação de municípios, indústrias e empresas de mineração, sendo atualmente a maior empresa alemã de água e esgoto. Em 1906 inicia-se a canalização de 77 km do rio, concluída em 1927, juntamente com seus tributários, totalizando 223 km de esgoto a céu aberto. Este foi um sistema muito eficiente para o transporte de esgoto e águas pluviais, porém, mesmo com a construção de algumas estações de tratamento, tornou-se em um dos rios mais poluídos da Europa, inclusive afetando a qualidade do Rio Reno.

O fim da extração de carvão na região possibilitou o desenvolvimento de um projeto para a drenagem de esgoto através de coletores subterrâneos, antes inviável por causa do processo de mineração. Com um orçamento total de mais de 5 bilhões de Euros, o novo sistema de coleta e tratamento de esgoto subterrâneo terá mais de 400 quilômetros de redes de esgoto em profundidades de até 40 metros, sendo o maior projeto de recuperação de um rio da Europa.

DESCRIÇÃO DO PROJETO

Iniciado em 1992, o projeto tem previsão de ser concluído até o ano de 2020. Ao final, um sistema eficiente de tubos e túneis coletará o esgoto de uma área de 865 quilômetros quadrados com cerca de 2,2 milhões de habitantes, transportando-o para quatro estações de tratamento antes de desaguar no Rio Reno.

O projeto dos coletores de esgoto prevê a instalação de tubos ou anéis segmentados de concreto armado, com vida útil mínima de 100 anos. Para instalação dos tubos de concreto, o método de tubo cravado é utilizado, por meio do qual os tubos são empurrados por cilindros hidráulicos a partir de um poço para dentro do solo, logo



atrás da máquina de escavação. Os cilindros empurram cada tubo até o final de seus cursos, sendo então retraídos para a posição inicial e o próximo tubo é baixado e empurrado, assim sucessivamente até todo o conjunto máquina-tubos atingir o poço de chegada. A máquina é do tipo balanceada, equilibrando as pressões do solo e da água do solo, sem necessidade de rebaixamento do lençol freático e com total controle do recalque. O direcionamento da máquina é feito através de sistemas de navegação que garantem a precisão de poucos centímetros. O solo escavado é transportado para o poço de partida e para a superfície por meio de bombeamento ou vagonetas e removido para o bota-fora por meio de caminhões.

Tabela 1: Informações sobre a bacia do Emscher – situação em 30 de junho de 2015.

Bacia do rio	
Altitude (Emscher)	21 a 144 m acima do nível do mar
Diferença de altitude (Emscher)	123 m
Declividade média (Emscher)	1,5 %
Vazão mínima	9,4 m ³ /s
Vazão média	19 m ³ /s
Vazão alta média	130 m ³ /s
Maior vazão	246 m ³ /s
Infiltração média de água no subsolo	130 mm/a
Cursos d'água	341 km
Cursos de água limpa	119 km
Canais de esgoto	223 km
Diques	116,92 km
Curso principal do Emscher	60,47 km
Cursos tributários do Emscher	52,25 km
Dique Beeckerwerth Rhine	4,2 km
Plantas	
Plantas de tratamento de água	5
Planta central de tratamento de lodo	1
Elevatórias	128
das quais elevatórias de esgoto	7
das quais elevatórias de drenagem e prevenção de inundação	121
proporção de terra drenada pelas elevatórias	aprox. 38 %
Bacias de retenção de enchente	22
Bacias de retenção de águas pluviais	23
Plantas de tratamento de águas mistas	103
Plantas de tratamento de águas pluviais	83
Extravasamento de águas pluviais	20

A instalação dos anéis segmentados é feita de forma similar, exceto que ao invés dos tubos serem empurrados para dentro do solo, os segmentos pré-moldados de anel de concreto são transportados para dentro do túnel e montados dentro da máquina de escavação no *shield* traseiro da mesma, através do eretor controlado pelo operador de forma remota. Após a montagem do anel que é fixado no anel anterior, a máquina avança impulsionada pelos cilindros hidráulicos escavando o solo. Conforme a máquina avança, um graute é injetado no espaço anular entre o extratorso do anel e o solo para preencher este vazio e evitar que recalques ocorram. As aduelas pré-moldadas são de alta precisão geométrica e possuem uma vedação em todo o seu perímetro o que garante a sua total estanqueidade.

No método de tubo cravado, todo o túnel se movimenta dentro do solo, com os tubos sendo empurrados atrás da máquina até que a mesma atinja o poço de chegada. Isto gera atrito entre o solo e os tubos que aumenta com o avanço, o que limita as distâncias máximas entre o poço de partida e de chegada. Dependendo do diâmetro dos tubos, distâncias de 1.500 m ou mais são possíveis com o uso das chamadas estações intermediárias, que são cilindros hidráulicos colocados entre os tubos para distribuir o esforço, e um bom sistema de lubrificação dos tubos. No caso dos anéis segmentados, apenas a máquina é empurrada dentro do solo, permitindo assim



que distâncias muito maiores entre poços sejam possíveis. O uso de anéis segmentados também permite que raios de curva muito menores possam ser utilizados.

Em função do desenvolvimento de sistemas de inspeção do sistema de esgoto, a distância máxima entre poços foi definida como 1.200 m. Um total de 113 poços serão construídos no projeto de saneamento do Emscher, com diâmetros variando entre 6 a 23 metros e profundidades de 10 a 40 metros.

O principal coletor do novo sistema de drenagem é o coletor de esgoto Emscher partindo da estação de tratamento de esgoto Dortmund-Deusen até a estação de tratamento de esgoto Emschermündung nas cidades de Dinslaken, Oberhausen e Duisburg. Este coletor de aproximadamente 50 quilômetros coletará o esgoto doméstico de mais de 1,8 milhões de habitantes e efluentes das indústrias ao longo do caminho, levando-o para as estações de tratamento de esgoto de Bottrop e Emschermündung. O coletor tem uma profundidade inicial em Dortmund de 8 m com uma declividade constante de 1,50 metros por quilômetro, atingindo uma profundidade de 40 metros. Uma estação elevatória é então usada, sem a qual o coletor atingiria uma profundidade de 75 m em Dinslaken.



Figura 1: Coletor de esgoto Emscher.

Para a escavação dos cerca de 50 quilômetros do coletor Emscher, foram usadas nove máquinas fornecidas pela empresa Herrenknecht, sendo 5 máquinas tipo AVN de *slurry* para tubo cravado com diâmetro nominal 2000 e 2200 mm, 2 máquinas tipo EPB para tubo cravado com diâmetro nominal 2800 mm, e duas máquinas tipo EPB para instalação de anéis segmentados com diâmetro nominal de 2600 mm.

Tabela 2: Dados técnicos do coletor de esgoto Emscher.

Extensão	51 km
Extensão total	73,4 km, dos quais 51,3 km em tubo cravado e 2 x >10 km em anel segmentado
Seções	1.600 a 2.800 mm
Declividade	1,5 %
Poços	113
Profundidades dos poços	10 a 40 metros
Diâmetro dos poços	6 a 23 metros
Volume escavado	1,3 milhões de m ³

As duas tuneladoras tipo *Shield* EPB foram fabricadas de forma tão compactas pela Herrenknecht de forma que com apenas 3,2 metros havia espaço suficiente para manuseio das aduelas do anel segmentado. Durante a construção do túnel, raios de curva de apenas 200 m tiveram que ser vencidas de forma segura e precisa.



Figura 2: Máquinas EPB 2600 com DE 3.225 mm usadas na construção do coletor de esgoto Emscher.

Outro recurso usado nas máquinas fornecidas pela Herrenknecht foram câmeras instaladas nas áreas de trituração da câmara de escavação. Enquanto as facas de corte possuíam sistema hidráulico de detecção de desgaste, essas câmeras se mostraram eficientes para o monitoramento visual dos discos de corte. Desta forma, foi possível otimizar os momentos de parada da escavação para substituição de ferramentas de corte, minimizando as interrupções do processo de construção.

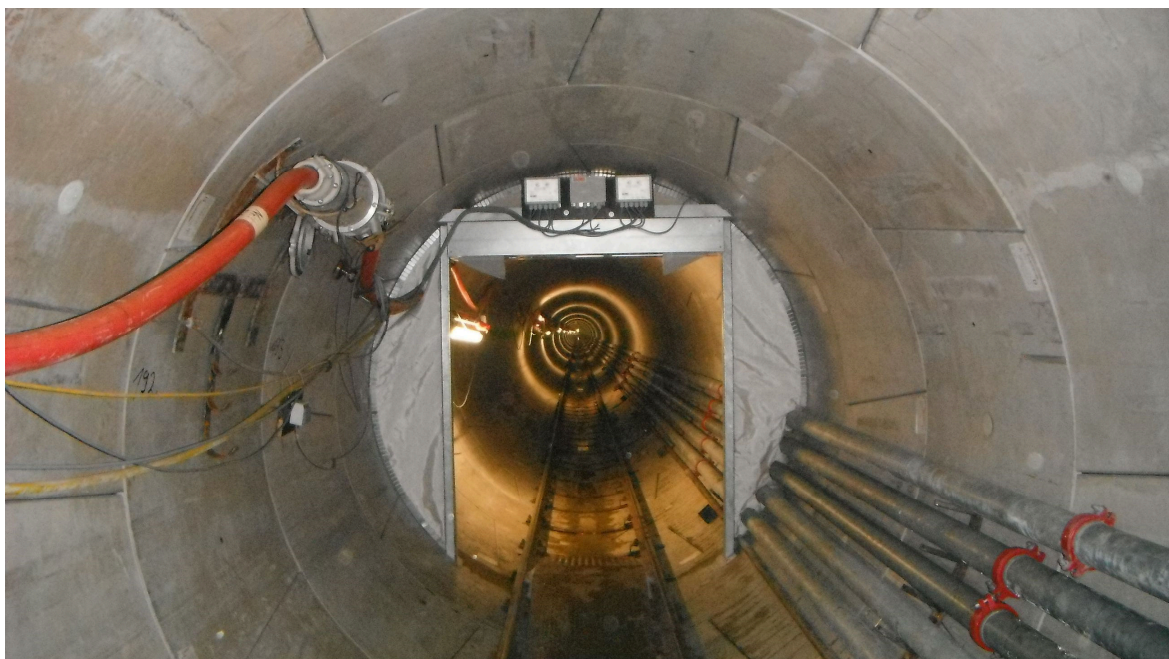


Figura 3: Túnel com anel segmentado em construção no coletor de esgoto Emscher .

Além de arenitos e argilitos, o solo na região do Emscher consiste predominantemente de margas do período Cretáceo. Em função disso, a Herrenknecht usou taxas de abertura das rodas de corte particularmente altas para assegurar o melhor fluxo possível do material, levando em conta o tamanho das pedras e a tendência de bloqueamento pelo solo pastoso. O fluxo do material foi auxiliado através de jatos de água integrados na câmara de trituração que também tritura rochas e solos argilosos conforme a necessidade.

Através de empresas do Grupo Herrenknecht, o cliente recebeu suporte adicional através do fornecimento de sistema de navegação e sistema de comunicação e segurança HADES da VMT, formas para as aduelas de concreto da Herrenknecht Formwork, e um balancim e mesa basculante para a fábrica de tubos da MSD.

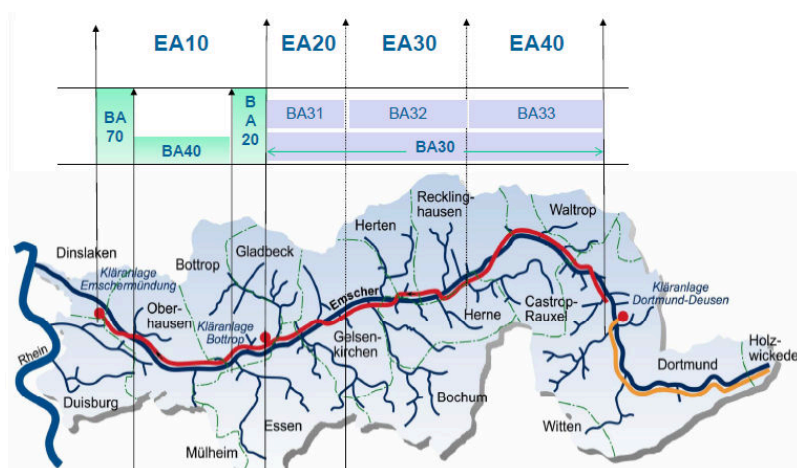


Figura 4: Máquinas de tubo cravado fornecidas para o coletor de esgoto Emscher.

BA 20:

- Construtora PORR
- EPB2800 | DE 3.625
- 3.2km de tubos cravados

BA 30:

- Construtora Wayss & Freytag
- AVND2000 | DE 3.140
- AVND2200 | DE 2.825
- EPB2800 | DE 3.605
- Total de 25km de tubos cravados

CONCLUSÃO

Desde 1992 mais de 400 km de túneis foram construídos neste projeto. O Rio Emscher está mais uma vez mudando seu curso. Já considerado o rio mais poluído da Europa, o Emscher mostra sinais de recuperação, com peixes sendo vistos, devolvendo à população áreas antes evitadas.

Através de modernas tecnologias, os túneis estão sendo construídos de forma segura, com precisão e atendendo os cronogramas para viabilizar a meta de entrega de um rio livre de esgoto até o final de 2020.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. EMSCHERGENOSSENSCHAFT home page, [on-line], <http://www.eglv.de/en/emschergenossenschaft/emscher-conversion/>
2. Deutschland Assim é a Alemanha home page [on-line], <https://www.deutschland.de/pt-br/topic/cultura/cidade-campo/a-renaturalizacao-do-emscher>
3. TunnelTalk home page [on-line], <https://www.tunneltalk.com/Germany-17Aug2017-Final-double-breakthrough-Herrenknecht-Emscher.php>
4. KlimaExpo.NRW home page, [on-line], <http://exhibition.klimaexpo.nrw/projects-pioneers/emscherumbau.html>
5. HERRENKNECHT AG home page, [on-line], <https://www.herrenknecht.com/en/references/references-tunnelling.html#>.