

# HISTÓRICO E PRINCIPAIS APLICAÇÕES

Pedro Jorge Chama Neto

## 1.1 INTRODUÇÃO

A utilização de tubos de concreto, com diâmetros variando principalmente de 400mm a 1200mm, em obras de drenagem urbana e esgotos sanitários é reconhecida como uma alternativa a ser considerada em projeto tanto do ponto de vista técnico como econômico.

Tradicionalmente são utilizados em obras de drenagem urbana e esgotos sanitários tubos de concreto simples ou armados, assim definidos, de acordo com as exigências das cargas de trinca e ruptura prescritas na norma brasileira ABNT NBR 8890/08, para águas pluviais e esgotos sanitários.

Em virtude dos avanços obtidos por fabricantes de tubos de concreto e de equipamentos para produção de tubos, a serem utilizados em drenagem urbana e esgotos sanitários, visando à melhoria de qualidade, durabilidade e estanqueidade das juntas, os tubos de concreto continuam sendo uma alternativa importante e que merece sempre ser avaliada, pelos projetistas e executores de obras. Isto se justifica principalmente, devido ao fator custo-benefício, domínio técnico das propriedades do concreto, flexibilidade na produção de tubos de vários diâmetros, facilidade de execução das obras e maior garantia da qualidade da obra, porque o desempenho dos tubos de concreto, diferentemente dos tubos flexíveis, dependem fundamentalmente da resistência do próprio tubo, enquanto o dos tubos flexíveis dependem do sistema solo-tubo.

Uma das exigências presentes na fabricação de tubos de concreto armado, quando se utilizam armações de aço, se encontra na necessidade de investimentos em equipamentos para corte, dobramento e montagem das armações a serem colocadas nos tubos.

Portanto, objetivando introduzir novas tecnologias e disponibilizar mais uma alternativa na produção de tubos de concreto, a ABNT NBR 8890/08 apresenta os requisitos necessários à fabricação de tubos de concreto reforçados com fibras de aço, para diâmetros até 1000mm. Cabe salientar que as fibras de aço já são utilizadas com sucesso na execução de pavimentos e revestimentos de túneis e que, para diâmetros de tubos de concreto acima de 1000mm, é recomendado o uso de fibras somente como adição às armações já existentes em virtude da pouca experiência adquirida, até o momento, no Brasil.

Dentre as vantagens técnicas citadas por Bentur e Mindess (1990), devido a adoção de fibras de aço adicionadas ao concreto, a capacidade das mesmas em propiciar uma abertura menor das fissuras, se mostra de fundamental importância na produção de tubos de concreto para obras de esgotos sanitários porque os tubos estarão em contato direto com o esgoto. Portanto tal fato poderá melhorar a durabilidade e a vida útil das tubulações aplicadas.

Aliada a esta vantagem pode-se considerar também a melhoria de resistência dos tubos em relação à movimentação em fábrica devido ao aumento de resistência ao impacto propiciado pela adição das fibras (Bentur e Mindess, 1990), ocasionando assim uma menor perda de componentes por quebra, durante o manuseio e transporte.

Para os fabricantes de fibras e tubos de concreto, a adição de fibras pode ser considerada como uma alternativa a ser explorada visando a abertura de um novo segmento de mercado.

Entretanto, cabe salientar que a aplicação de fibras de aço na produção de tubos de concreto deve ser acompanhada de rigoroso estudo, porque os resultados dependem sempre de vários fatores, tais como, resistência da fibra, fator de forma, consumo de fibra por metro cúbico de concreto, comprimento da fibra etc.

## 1.2 SISTEMAS DE DRENAGEM E ESGOTAMENTO SANITÁRIO

O estudo da evolução dos serviços de esgotos, desde antes de Cristo até a atualidade, presta-se ao relato de fatos curiosos e interessantes. Nos primeiros tempos encontram-se os preceitos de higiene intimamente relacionados com a religião. Encontram-se também obras de grande vulto, executadas com o sacrifício de gerações, e que se destinavam mais à proteção, ao conforto e à ostentação do que ao saneamento na moderna acepção da palavra.

No Brasil merecem especial menção a iniciativa tomada no período do império, dotando a cidade do Rio de Janeiro de modelar serviço de esgotos, antes de Nova Iorque, Praga, Berlim e Buenos Aires e a obra de Saturnino de Brito, que deu ao país posição de destaque no saneamento urbano, no princípio do século passado (Azevedo Netto, 1959).

Do ponto de vista da indústria de tubos de concreto, a história pode ser organizada em quatro períodos conforme segue:

### 1.2.1 Período pré 1800

Neste período os homens proveram as cidades com água e sistemas de drenagem sem dispor de concreto, aço e plástico para tal. Investigações revelam que eles entendiam os princípios de drenagem e aplicavam os mesmos na construção dos sistemas de esgotamento e drenagem (ACPA, 1980).

Com relação a este período merecem destaque a construção da galeria de esgotos e drenagem de Nippur, Índia, executada em forma de arco por volta de 3750 a.C., o conduto subterrâneo para esgotamento das águas servidas de Tell-Asmar, nas proximidades de Bagdá, executado em 2600 a.C., e a construção da “cloaca máxima”, coletor tronco com diâmetro máximo de 4,30m, conforme apresentado na figura 1.1, essencial para o controle da malária e destinado a coletar as águas pluviais e resíduárias de Roma (Azevedo Netto, 1959).

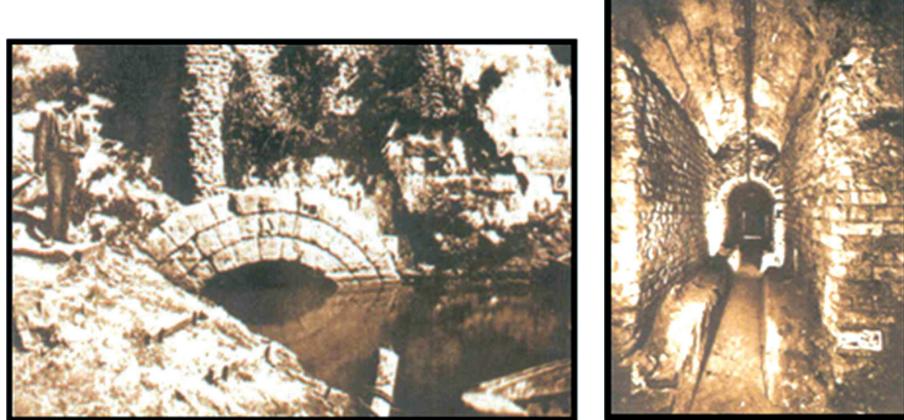


FIGURA 1.1 - Coletor Tronco “Cloaca Máxima” (ATHA, 2000)

Estas canalizações não foram construídas com a finalidade de que os esgotos domésticos fossem descarregados diretamente nelas, assim como para transporte de águas servidas existentes. O principal propósito destas canalizações era remover a água de chuvas.

Os despejos eram depositados nas ruas onde se acumulavam nas calçadas até que fossem conduzidos para as canalizações através da água das chuvas (PCA, 1968). Como resultado deste tipo de atitude, após as chuvas, as ruas se tornavam verdadeiros pântanos, com um lodo viscoso e agressivo à saúde, composto por esgoto e lixo cujo cheiro fétido era inacreditavelmente penetrante e irritante (ACPA, 1980).

O fato descrito pode ser observado através da ilustração apresentada na figura 1.2.



**FIGURA 1.2** - Aspecto do lixo e esgoto nas ruas no período pré-1800 (ACPA, 1980)

Imperfeitas, mas funcionais, canalizações deste tipo também existiam nas antigas cidades da Babilônia, Jerusalém, Bizâncio e Paris, e estas cidades eram conhecidas pelo peculiar cheiro forte e odor agressivo.

Com o crescimento das grandes cidades e das construções permanentes de casas, aumentaram as quantidades de esgoto, lixo e outros materiais refugados que eram depositados nas ruas. Quando os montes se tornavam bastantes altos e o odor incomodava, todo o lixo era retirado e removido com o uso das mãos, pás e carrinhos de mão. Muitas cidades como Paris, Londres e Baltimore, tentaram o uso de fossas sépticas com resultados desastrosos, porque as fossas vieram a se tornar áreas de reprodução de doenças. Esta condição permaneceu até o início do século XIX, quando sistemas de distribuição de água tornaram possível o uso da água para conduzir os despejos das grandes cidades, tornando-as mais limpas e criando melhores condições de saúde e estética (ACPA, 1980).

Historicamente existem muitos outros registros contendo dados relativos à drenagem no período pré-1800. Cato, escrito duzentos anos antes da era cristã, dava explícitas indicações sobre drenagem e irrigação agrícola. Durante os primeiros cinco mil anos de registro histórico, a necessidade por redes de esgotos, água de abastecimento e drenagem foi identificada e métodos práticos de manuseio foram desenvolvidos. Em função do que resta das velhas estruturas fica aparente que os materiais de construção progrediram da simples aplicação de materiais naturais para o concreto. Em muitas aplicações, durabilidade e estabilidade foram um dos maiores requisitos, e o concreto foi um dos primeiros substitutos da pedra natural. Apesar de nem todas as estruturas de pedra e concreto terem conseguido resistir a este período de tempo, condições meteorológicas e períodos de guerra, o concreto é uma velha e notável herança (ACPA, 1980).

### 1.2.2 Período de 1800 a 1880

Período caracterizado como o período em que realmente aconteceu o nascimento da indústria de tubos de concreto. O século XIX propiciou um período de consolidação política e expansão industrial e levou ao aparecimento do oeste americano. Três áreas de expansão durante este período fizeram com que a indústria de tubos de concreto viesse a surgir:

- exigências do ponto de vista de saúde pública por água e tratamento dos despejos;
- sistemas de transportes e;
- necessidade agrícola por irrigação e drenagem.

Do ponto de vista de saúde pública os métodos de disposição de despejos não melhoraram até o início da década de 1840 quando o primeiro e moderno coletor de esgotos foi construído em Hamburgo, Alemanha pelo Engenheiro inglês W. Lindley (Azevedo Netto, 1959), conforme apresentado na figura 1.3.

Este coletor era considerado moderno porque as casas eram conectadas ao sistema coletor e as canalizações de esgotos eram separadas das canalizações de chuva.

As epidemias de cólera asiática que assolaram a Inglaterra por volta de 1854 e, em seguida, Paris aceleraram as construções de canalizações de esgotos em toda a Europa durante a segunda parte do século XIX (ACPA, 1959) e em 1856 foi iniciada a execução do primeiro interceptor de Londres, ao longo do rio Tamisa (Azevedo Netto, 1959).

A mais antiga informação de instalação de tubos de concreto para esgoto sanitário nos Estados Unidos refere-se a 1842 em Mohawk, Nova Iorque (ACPA, 1980).

Nos Estados Unidos um significativo impulso para o crescimento do interesse por saúde pública foi o início repentino da epidemia de febre amarela, que se iniciou em Memphis, Tennessee em 1873 e causou até 1878 mais 5150 mortes. Em função desta doença até 1880 pelo menos as vinte maiores cidades americanas já tinham canalizações de esgoto construídas com tubos de concreto (ACPA, 1980).

Com relação aos tubos de concreto armado, os mesmos somente foram inventados em 1867 pelo francês J. Monier (Azevedo Netto, 1959).

No Brasil a primeira rede de esgotos construída foi iniciada na cidade do Rio de Janeiro em 1857 e concluída em 1864. Com a execução desta obra o Rio de Janeiro se tornou a quinta cidade do mundo a ter iniciado a construção de sistema de esgotos sanitários, compreendendo redes coletoras e instalações de tratamento. Posteriormente à construção do sistema de esgotos do Rio de Janeiro foram construídos os sistemas de esgotos de Recife, em 1873 e São Paulo, em 1876 (Azevedo Netto, 1959).

Na área de transportes e agricultura registramos como informação que uma das primeiras galerias de águas pluviais em ferrovias foi construída próxima a Salem, Illinois em 1854 e esteve em serviço por mais de um século. Com relação à drenagem em fazendas e irrigação de terras, constituída principalmente por tubos de pequenos diâmetros, os primeiros tubos foram desenvolvidos na Holanda na década de 1830 e introduzidos nos Estados Unidos na década de 1840 (ACPA, 1980).

### 1.2.3 Período de 1880 a 1930

Período caracterizado pelo crescimento da indústria de tubos de concreto e influenciado por assuntos relacionados à tecnologia e desenvolvimento de mercado. Nestes anos aconteceram grandes avanços com a modernização dos projetos e técnicas de construções de redes de esgotos e galerias de águas pluviais, bem como no projeto e produção de tubos de concreto pela indústria. Estes avanços incluíram o desenvolvimento de teorias hidráulicas, conceitos sobre cargas atuantes no tubo, e normas para materiais e ensaios (ACPA, 1980).

No que se refere às teorias hidráulicas básicas para o projeto de tubulações, as mesmas foram desenvolvidas na segunda metade do século XIX e tinham como principal interesse o estudo da determinação da perda de carga devido a rugosidade da parede do tubo. Estes primeiros estudos foram a base para determinação das dimensões dos tubos e tiveram os primeiros resultados no inicio do final do século XIX e ainda estão sendo aplicados até hoje. Os estudos de maior importância foram os de Darcy e Weisback, 1857; Ganguillet e Kutter, 1869; Osbourne e Reynolds, 1883; Robert Manning, 1890; M. H. Bazin, 1897; Hazen and Willians, 1902; Yarnell, Nagher e Woodward, 1926; e F. C. Scoby, 1920.



**FIGURA 1.3 - Coletor Tronco de Hamburgo**  
- 1840 (ACPA, 1980)

Com relação às cargas atuantes nos tubos, foram desenvolvidas e testadas nas três primeiras décadas do século XX, por pesquisadores da Universidade do Estado de Iowa, as teorias para estimar as cargas atuantes sobre um tubo enterrado. O conceito original desenvolvido por Marston e Anderson e publicado em 1913 foi aprimorado por Marston e Talbot. Logo em seguida Marston se uniu a M. G. Spangler e W. J. Schlick para continuar o trabalho de avaliação das cargas de projeto e, em 1930, Marston publicou "The Theory of External Loads on Closed Conduits in The Light of The Latest Experiments" (ACPA, 1980).

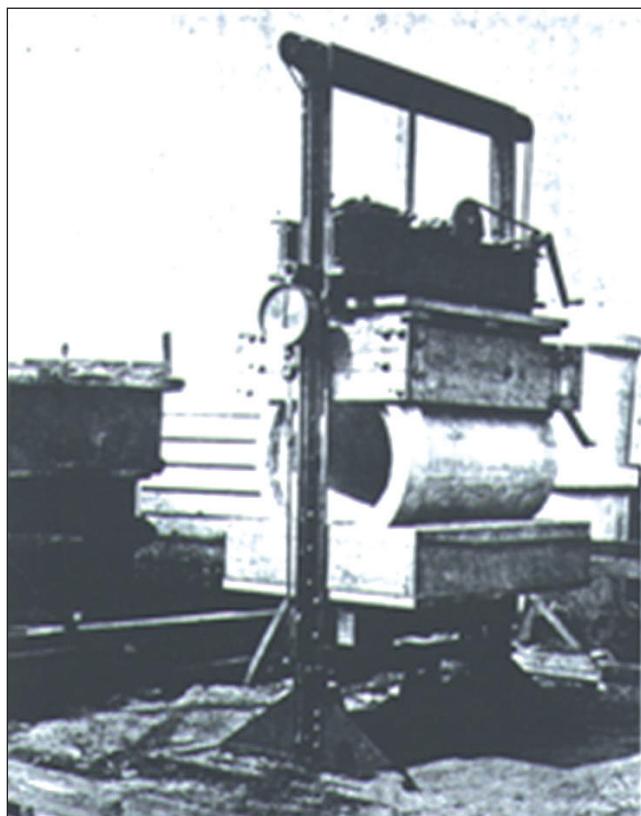
Finalmente, em relação à qualidade dos tubos de concreto, muito foi feito nos primeiros anos do século XX. O maior fórum destes estudos foi a American Society for Testing and Materials – ASTM. A história da padronização dos tubos de concreto começou com a fundação da ASTM em 1898, através do comitê de estudo C-4, que foi um dos primeiros a tratar sobre tubos, e precursor do comitê C-13 que trata sobre tubos de concreto (ACPA, 1980).

Em setembro de 1924 foi realizado o primeiro teste de resistência à compressão, em um tubo de concreto de 700 mm de diâmetro por 1,50 m de comprimento, na fábrica da Companhia Americana de Produtos de Concreto, situada em Neville Island, conforme apresentado na figura 1.4.

Devido a demanda por tubos de concreto para drenagem e esgoto sanitário, o mercado continuou expandindo-se na primeira década do século XX, sendo que até 1915 a maioria das grandes cidades americanas já tinham extensões consideráveis de sistemas de esgoto sanitários. Devido à reconhecida necessidade de melhoria de qualidade e capacidade de produção da indústria, foi formada, em 23 de janeiro de 1907, a "INTERSTATE CEMENT TILE MANUFACTURES ASSOCIATION", que em 1914 passou a ser denominada "AMERICAN CONCRETE PIPE ASSOCIATION – ACPA".

Neste período foram construídas no Brasil as redes de esgotos de Santos em 1889, Campinas em 1892 e Belo Horizonte em 1896. Em 1893 foi criada a R. A. E. – Repartição de Águas e Esgotos de São Paulo, hoje denominado D. A. E. – Departamento de Águas e Esgotos e em 1911 teve início a adoção do sistema separador absoluto em São Paulo, ou seja, sistema onde os esgotos sanitários veiculam de forma independente do sistema de drenagem de águas pluviais.

(Azevedo Netto, 1959).



**FIGURA 1.4 - 1º Teste de compressão diametral - setembro 1924 (ACPA, 1980)**

#### 1.2.4 Período posterior a 1930

Nos anos seguintes aos anos de depressão e segunda guerra mundial a produção de tubos de concreto cresceu de forma significativa. Como exemplo, somente nos Estados Unidos a produção anual dobrou para quatro milhões de toneladas/ano até 1950, alcançando um nível de produção de mais de dez milhões de toneladas/ano até 1970. Até o meio da década de 70 o valor anual de comercialização da produção excedia um bilhão de dólares.

Nos Estados Unidos em função do aumento nas restrições com relação à poluição de rios, com atenção especial na coleta e tratamento de esgotos, os produtores de tubos de concreto tiveram que melhorar a durabilidade, resistência, uniformidade nas dimensões e juntas, visando garantir um bom alinhamento no assentamento dos tubos e juntas estanques (ACPA, 1980).

Na Europa devido a crise que o continente atravessou entre o final da década de 1980 até 1995, o mercado de tubos de concreto foi afetado de forma bastante intensa. Em função desta crise os fabricantes de tubos foram obrigados a diminuir custos e com isto forçaram os fabricantes de equipamentos a desenvolverem máquinas que possibilitassem a diminuição de espessura de parede dos tubos, diminuição nos custos de manutenção e maior flexibilidade na produção, visando diminuir o trabalho de ajuste na produção de diferentes diâmetros de tubos de concreto (André, 1995).

Embora muitas das teorias tenham sido desenvolvidas antes de 1930, pesquisas posteriores a este período contribuíram enormemente para o aprimoramento da qualidade dos tubos de concreto.

No início da década de 1950 as juntas dos tubos de concreto que eram executadas com argamassa tiveram uma grande evolução e passaram a ser executadas através do uso de anéis de borracha de vários tipos.

Na década de 1960 equipamentos de produção e manuseio de tubos também começaram a ser introduzidos melhorando o trabalho nas indústrias de tubos de concreto.

Não obstante estes avanços o maior desafio para a indústria de tubos de concreto foi produzir um produto uniforme e de alta qualidade, em paralelo ao aumento da produção para atender o mercado. Outro desafio da indústria de tubos de concreto tem sido produzir, acima de tudo, produtos de baixo custo e competitivos no mercado sem perder a qualidade conquistada.

No Brasil, foi criada em 2001 a ABTC - Associação Brasileira dos Fabricantes de Tubos de Concreto, visando, organizar o setor, unir os fabricantes de tubos de concreto, dar maior transparência ao mercado e principalmente trabalhar na busca contínua de melhoria de qualidade dos tubos, esclarecendo os consumidores, prefeituras e empresas de saneamento, sobre as características e detalhes técnicos de produção e aplicação de tubos de concreto, através da edição de publicações técnicas, promoção de cursos, seminários, palestras e participações em eventos.

### **1.3 CENÁRIO BRASILEIRO**

De todos os setores de infra-estrutura no Brasil, o de saneamento é o que se encontra em estágio mais atrasado. Para complicar ainda mais a situação, a evolução tem sido lenta demais para reduzir a diferença em relação às demais áreas. Nesse ritmo, a meta de universalização dos serviços de saneamento básico no país só será atingida em 2047, no caso de esgoto, e em 2053, no de água. Para antecipar esta meta em duas décadas, seria necessário aplicar 10 bilhões de reais por ano. No entanto, os investimentos realizados por todas as esferas de governo não tem alcançado sequer um terço desse valor. A grande dificuldade para sanar o déficit histórico é que a demanda continua crescendo em ritmo acelerado.

Nos últimos três anos (2004-2006), o número de domicílios no país saltou de 46,9 milhões para 51,7 milhões. Assim, o aumento absoluto da cobertura ocorrido no período, 11,8% na quantidade de residências abastecidas com água e 13,7% com rede de esgoto sanitário, foi praticamente anulado pelo crescimento da demanda (Editora Abril, 2006).

A solução para o problema poderia ser o aumento da participação da iniciativa privada, mas o negócio de saneamento ainda não se revelou tão atraente para os investidores. A principal causa é o receio de que as regras mudem com o jogo em andamento, apesar do marco regulatório. Desde que o Plano Nacional de Saneamento Básico (Planasa) foi extinto, há 20 anos, o governo planejava instituir uma nova legislação que pudesse estabelecer as diretrizes fundamentais, mas a discussão foi sistematicamente adiada pelo Congresso Nacional. Uma tentativa para mudar essa situação foi lançada em 2005 com a proposição, pelo Ministério das Cidades, do Sistema Nacional de Saneamento (Sisnasa). O projeto foi bombardeado por 862 propostas de emendas e dificilmente sairia do lugar se não fosse a criação da Comissão Especial Mista de Saneamento,

que conciliou as divergências entre os parlamentares. Em julho de 2006, a comissão concluiu um novo texto de projeto de lei e o apresentou à câmara dos Deputados para votação. No entanto, o projeto votado ainda não resolve o principal impasse na área de saneamento no Brasil, ou seja, não define se a titularidade da prestação dos serviços deve ser municipal ou estadual.

A comissão preferiu fugir da polêmica, alegando que a resposta deveria estar na Constituição.

Enquanto não surge uma emenda Constitucional que esclareça a dúvida, a interpretação fica por conta do Supremo Tribunal Federal. É um problema jurídico que tende a manter a iniciativa privada longe do setor de infra-estrutura mais crítico do país (Editora Abril, 2006).

### 1.3.1 Esgotamento Sanitário

Entre os serviços de saneamento básico, o esgotamento sanitário é o que tem menor presença nos municípios brasileiros. Dos 4425 municípios existentes no Brasil, em 1989, menos da metade (47,3%) tinha algum tipo de serviço de esgotamento sanitário e, 11 anos mais tarde, os avanços não foram muito significativos. Dos 5507 municípios, existentes em 2000, 52,2% eram servidos. Apesar de no período de 1989-2000 haver tido um aumento de, aproximadamente, 24% no número de municípios, o serviço de esgotamento sanitário não acompanhou este crescimento, pois aumentou apenas 10% (IBGE, 2002).

A diretriz do PLANASA ao criar Companhias Estaduais, centralizadas e mais dinâmicas, teve pouco efeito na esfera administrativa das entidades prestadoras de serviço de esgotamento sanitário. Conforme tabela 1.1, verifica-se que o serviço prestado aos municípios permaneceu primordialmente sob responsabilidade dos governos locais (35,2% em 1989 e 38,4% em 2000). As modificações mais significativas no período foram os aumentos em 18,5% de municípios com serviços prestados por entidades estaduais (11,9% em 1989 para 14,1% em 2000), a maior presença de empresas particulares, e a ausência da atuação federal nos municípios das grandes Regiões, exceto na Região Nordeste, mesmo assim, em níveis inferiores aos apresentados em 1989 (IBGE, 2002).

**TABELA 1.1** – Proporção de municípios com serviço de Esgoto Sanitário, por esfera administrativa das entidades, segundo as grandes regiões – 2000

GRANDES REGIÕES	PROPORÇÃO DE MUNICÍPIOS COM SERVIÇO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO (%)									
	TOTAL		ESFERA ADMINISTRATIVA							
			MUNICIPAL		ESTADUAL		FEDERAL		PARTICULAR	
	1989	2000	1989	2000	1989	2000	1989	2000	1989	2000
BRASIL	47,3	52,2	35,2	38,4	11,9	14,1	0,7	0,1	0,2	1,0
NORTE	8,4	7,1	3,4	3,3	4,0	2,2	0,3	0,0	1,7	1,8
NORDESTE	26,1	42,9	22,3	37,9	3,9	5,6	0,6	0,2	0,0	0,6
SUDESTE	91,0	92,9	67,6	66,3	22,7	26,8	1,5	0,0	0,2	1,9
SUL	39,1	38,9	28,2	24,5	11,2	15,0	0,1	0,0	0,0	0,1
CENTRO OESTE	12,9	17,9	3,7	7,4	9,2	10,1	0,3	0,0	0,0	0,4

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 1989/2000.

A situação do esgotamento sanitário dos municípios ainda tem um longo caminho a percorrer para atingir uma condição satisfatória. Conforme tabela 1.2, 47,8% dos municípios brasileiros não têm coleta de esgoto. O Norte é a região com a maior proporção de municípios sem coleta (92,9%), seguido do Centro Oeste (82,1%), do sul (61,1%), do Nordeste (57,1%) e do Sudeste (7,1%). Os municípios que têm apenas serviço de coleta superam a proporção daqueles que coletam e tratam o esgoto (32,0% e 20,2%), respectivamente. No Sudeste, a região do País com a maior proporção de municípios com esgoto coletado e tratado, somente um terço deles apresenta uma condição adequada de esgotamento sanitário (IBGE, 2002).

**TABELA 1.2** – Proporção de municípios, por condição de esgotamento sanitário, segundo as grandes regiões - 2000

GRANDES REGIÕES	PROPORÇÃO DE MUNICÍPIOS, POR CONDIÇÃO DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO (%)		
	SEM COLETA	SÓ COLETAM	COLETAM E TRATAM
<b>BRASIL</b>	<b>47,8</b>	<b>32</b>	<b>20,2</b>
NORTE	92,9	3,5	3,6
NORDESTE	57,1	29,6	13,3
SUDESTE	7,1	59,8	33,1
SUL	61,1	17,2	21,7
CENTRO OESTE	82,1	5,6	12,3

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 1989/2000.

### 1.3.2 Drenagem Urbana

No Planejamento das cidades, o sistema de drenagem das chuvas é um item fundamental no calendário de obras e saneamento. Os sistemas de drenagem previnem inundações e alagamentos em áreas mais baixas e têm por objetivo o desenvolvimento do sistema viário e o escoamento rápido das águas por ocasião das chuvas visando à segurança e ao conforto da população.

Com o processo de urbanização, o solo fica impermeável dificultando a infiltração das águas das chuvas, acelerando o escoamento superficial, a acumulação das águas e transbordamentos dos cursos de água, causando empoçamentos, inundações, erosões e assoreamentos. Nesse sentido, os sistemas de drenagem constituem serviços essenciais para as grandes cidades, tornando-se fundamentais na atual agenda de planejamento urbano para assegurar crescimento ordenado com menores riscos para a população.

O sistema de drenagem urbana é constituído por um sistema de microdrenagem e macrodrenagem. Compõem a microdrenagem as estruturas coletoras iniciais de águas pluviais, como bueiros e dutos de ligação. A macrodrenagem é relativa aos canais e galerias localizadas nos fundos de vale, representando os grandes troncos coletores. Institucionalmente, a infra-estrutura de microdrenagem é competência dos governos municipais, ampliando-se esta competência em direção aos governos estaduais, na medida em que crescem em relevância as questões de macrodrenagem, cuja referência para o planejamento são as bacias hidrográficas (IBGE, 2002).

Independente do tamanho da extensão da rede e de sua eficiência, 78,6% dos municípios brasileiros tinha serviços de drenagem urbana em 2000, época da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico realizada pelo IBGE.

A distribuição de rede de drenagem é mais favorável em áreas mais desenvolvidas do Brasil, sendo que na Região Sul 94,4% dos municípios possui rede de drenagem urbana.

No Sudeste, onde se concentra mais da metade da população nacional, é possível encontrar rede de drenagem em 88,1% dos municípios. A Região Norte com 49,4%, é aquela com menor proporção de municípios com rede de drenagem, seguida pela Região Nordeste com 68,7% e região centro oeste com 70,9% (IBGE, 2002).

O serviço de drenagem urbana, em 99,8% dos municípios é prestado pelas próprias prefeituras municipais, normalmente ligado as secretarias municipais de serviços e obras públicas.

De acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) 2000, 85,3% dos municípios brasileiros com sistema de drenagem urbana possuem galeria de águas pluviais, sendo que deste total 21,8% utilizam rede coletora unitária, aquela usada também para transportar o esgoto sanitário e 81,8% utilizam rede coletora separadora, que é usada para transportar somente águas de chuvas (IBGE, 2002).

Finalmente, cabe salientar a grande importância que adquirem os serviços de drenagem urbana, principalmente nas médias e grandes cidades, onde em épocas de chuva é comum acontecerem enchentes, com conseqüentes danos materiais e humanos.

## 1.4 PRINCIPAIS APLICAÇÕES

Em todo o mundo tubos de concreto são normalmente utilizados em:

### 1.4.1 Redes de esgoto sanitário

Tubos de concreto para esgotos sanitários foram desenvolvidos para atender a demanda por sistemas de esgotos sanitários, os quais tornaram possível principalmente, o crescimento das grandes cidades (ACPA, 1980).

Os tubos de concreto são, até o momento, o material mais utilizado em obras de esgotos sanitários, em diâmetros superiores a 400mm, e funcionando como conduto livre.

Até recentemente, os tubos de concreto em diâmetros superiores a 400mm, eram a única alternativa disponível para aplicação em redes de esgoto não pressurizadas. Atualmente outros materiais estão sendo produzidos no Brasil, porém os projetistas, construtores, prefeituras e empresas de saneamento, continuam optando de forma bastante intensa pelo uso de tubos de concreto em redes de esgoto, em função de vantagens técnicas e econômicas.

No Brasil, os fabricantes de tubos de concreto produzem tubos simples para esgoto sanitário, em diâmetros que variam de 200mm a 600mm e tubos de concreto armado em diâmetros que variam de 300mm a 2000mm, de maneira que os mesmos atendam às exigências prescritas na norma brasileira, NBR 8890 – Tubos de Concreto, de seção Circular, para águas pluviais e esgotos sanitários – Requisitos e métodos de ensaio.

Independente dos tubos de concreto estarem disponíveis no mercado, nas faixas dos diâmetros citados anteriormente, a maioria das aplicações se restringe a tubos armados na faixa de diâmetros de 400mm a 1200mm, conforme figura 1.5.



**FIGURA 1.5 - Tubos de concreto para esgoto sanitário**

### 1.4.2 Redes de águas pluviais

No Brasil, institucionalmente, a infra-estrutura de microdrenagem é reconhecida como da competência dos governos municipais, que devem ter total responsabilidade para definir as ações no setor, ampliando-se esta competência em direção aos governos estaduais, na medida em que crescem de relevância as questões de macrodrenagem, cuja referência fundamental para o planejamento são as bacias hidrográficas.

Quanto a sua extensão não se dispõe de dados confiáveis em relação à drenagem urbana. Estima-se que a cobertura deste serviço atinja patamar superior ao da coleta de esgotos sanitários, de acordo com o censo 2000 do IBGE.

Um adequado sistema de drenagem de águas superficiais, ou subterrâneas, onde se utilizam principalmente tubos de concreto, proporcionará uma série de benefícios, tais como: desenvolvimento do sistema viário; redução dos gastos com manutenção das vias públicas; valorização das propriedades na área beneficiada; escoamento rápido das águas superficiais, facilitando o tráfego por ocasião das precipitações; eliminação de águas estagnadas e lamaçais, que podem causar doenças; e segurança e conforto para a população e veículos.

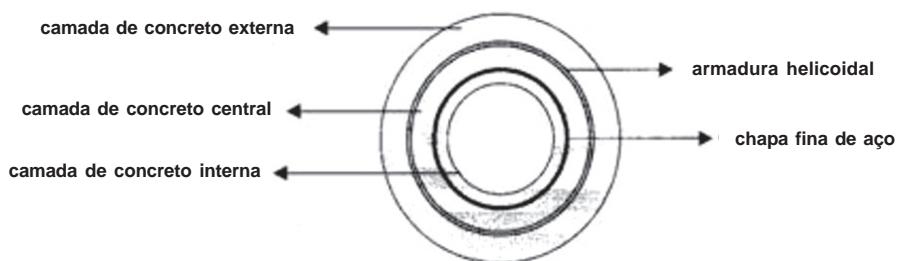
Atualmente existem outros materiais sendo produzidos no Brasil para aplicação em drenagem de águas pluviais, porém as prefeituras continuam optando de forma bastante intensa pelo uso de tubos de concreto em redes de águas pluviais, conforme figura 1.6, em função do reconhecido sucesso ao longo dos anos de utilização deste material e das vantagens técnicas e econômicas obtidas até o momento.



**FIGURA 1.6** - Tubos de concreto para águas pluviais

#### 1.4.3 Sistema de abastecimento de água

No Brasil, além da utilização de tubos de concreto em sistemas de esgoto sanitário e galerias de águas pluviais, este material tem sido utilizado em sistemas de abastecimento de água por gravidade, mas não tem sido comum o uso de tubos de concreto em sistemas de abastecimento de água pressurizada. Como exemplo do uso deste material no Brasil, em sistema de abastecimento de água pressurizado, pode-se citar a utilização tubos de concreto protendido em uma adutora de água da SABESP, situada em São Paulo, denominada adutora Rio Grande, onde os tubos foram produzidos conforme esquema apresentado na figura 1.7.



**FIGURA 1.7** - Esquema da seção transversal do tubo da adutora Rio Grande

Outra obra que merece destaque é a adutora de abastecimento de água Ribeirão das Lajes, com aproximadamente 70 km, construída no Rio de Janeiro na década de 1930, conforme apresentado na figura 1.8 e ainda em operação até a presente data.



**FIGURA 1.8 - Adutora Ribeirão das Lajes**

Na Europa, principalmente na Alemanha, tubos de concreto em sistemas de abastecimento de água ainda continuam sendo bastante utilizados.

#### 1.4.4 Outras Aplicações

Em complemento as utilizações apresentadas para tubos de concreto podem ser citadas sua utilização em drenagem de rodovias, ferrovias e aeroportos, onde os tubos são produzidos, conforme figura 1.9; bueiros e travessias, conforme figura 1.10, poços de inspeção; passagens subterrâneas para animais e pedestres; fossas sépticas e poços de lençol freático.

Nos Estados Unidos e Canadá estima-se que 90% dos aeroportos têm seu sistema de drenagem executado com tubos de concreto.

Apesar das diversas aplicações possíveis para tubos de concreto, os tubos de concreto destinados ao esgotamento sanitário e drenagem de águas pluviais são considerados as principais aplicações de tubos de concreto no Brasil, dada a grande parcela que representam no mercado.



**FIGURA 1.9 - Tubos de concreto para drenagem**



**FIGURA 1.10 - Aplicação de tubos de concreto em bueiros e travessias**

#### 1.4.5 Execução de Túneis - Sistema “Jacking Pipe”

Nos grandes centros urbanos, em quase todo o mundo, os túneis passaram a ter importância decisiva na execução das obras de esgoto sanitário, drenagem pluvial, travessias de rodovias e ferrovias, telefonia, energia, etc., porque se apresentaram como a solução para a transposição de múltiplos obstáculos.

Dentre os métodos existentes para a execução de túneis em áreas urbanas, um dos resultantes de desenvolvimento tecnológico recente é o sistema “Jacking Pipe”, conforme apresentado na figura 1.11.

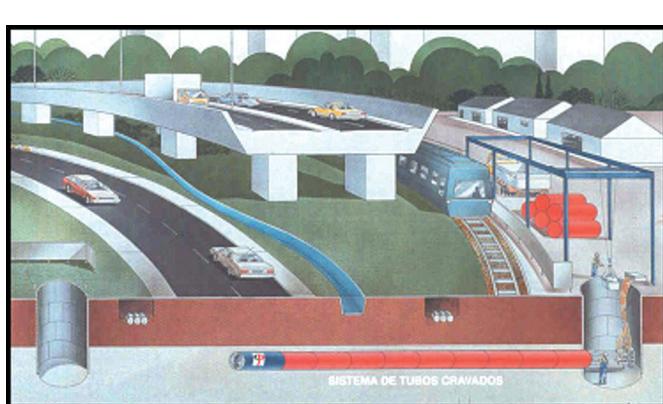


FIGURA 1.11 - Execução de Túneis – Sistema “Jacking Pipe”

Trata-se da execução de túneis, em vários diâmetros, através da “cravação” de tubos de concreto de alta resistência (50 a 80 MPa), conforme apresentado na figura 1.12, destinados à canalizações em geral. Este sistema permite a execução de obras em áreas urbanas sem a interrupção do trânsito, facilita a transposição de interferências, e evita desapropriações de terrenos e edificações.



FIGURA 1.12 - Tubos de Concreto para Sistema “Jacking Pipe”

O sistema “Jacking Pipe” apresenta ainda algumas vantagens, tais como, tipos e versatilidade dos equipamentos de cravação, que permitem a execução dos túneis em maciços arenosos e argilosos com ou sem capacidade portante e na presença ou não de água.

Na Europa, particularmente na Alemanha, esse sistema é utilizado desde os anos 60, e nos últimos anos a participação dos tubos empregados no sistema “Jacking Pipe” passou de 6% para 18% do total produzido.

No Brasil estes tubos são produzidos conforme norma NBR 15319 - Tubos de concreto, de seção circular, para cravação - Requisitos e métodos de ensaio, e a primeira obra a ser executada utilizando-se este sistema foi o Coletor Tronco Itaim, situado em São Paulo no bairro do Itaim Paulista, com extensão de 2078 metros e diâmetro de 600mm, iniciado em 30/09/1992 pela Construtora Passareli em contrato assinado com a Sabesp.

Entre os equipamentos disponíveis para execução deste tipo de obra, os mais utilizados no Brasil são o ISEKI – Japonês, e SOLTAU e HERRENKNECHT - Alemães.

Como exemplo da aplicação dos tubos de concreto pelo sistema “Jacking Pipe”, pode-se citar que a SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, vem utilizando este sistema na cidade de São Paulo para a execução de algumas obras de esgotos sanitários integrantes do Programa de Despoluição do Rio Tietê, desde quando contratou a execução do coletor tronco Itaim.

Dentre as obras executadas para a SABESP em São Paulo pode-se citar o coletor tronco Moinho velho - diâmetro de 600mm e comprimento 1200m, coletor tronco Ipiranga - diâmetro 1500mm e comprimento 2400m e coletor tronco Mooca - diâmetro 600mm e comprimento 3500m, entre outras.

Nas tentativas feitas para levantar a quantidade consumida destes tubos no Brasil foi possível constatar que entre 1997 e 1998, a maior empresa produtora de tubos na época, chegou a produzir 15% do total de sua produção por ano somente em tubos para “Jacking Pipe”, nos diâmetros variando de 600mm a 1500mm.

No final do ano 2001 e início de 2002, a mesma empresa, forneceu tubos de concreto para execução através do método “Jacking Pipe”, para a obra de despoluição da Baía da Guanabara no Rio de Janeiro, nos diâmetros 1200mm, 1500mm e 2000mm. Por outro lado desde meados do ano 2002 foram iniciadas as obras da segunda etapa da despoluição do Rio Tietê, onde muitos trechos foram executados com tubos de concreto através do sistema Jacking Pipe.

Em função do crescimento da utilização do sistema “Jacking Pipe”, principalmente nos grandes centros urbanos, os tubos de concreto têm sido a única alternativa até a presente data para a execução deste tipo de obra, visando obter as vantagens que o sistema oferece.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRE, BERNARD. **Concrete pipe market in Europe.** Concrete Precasting Plant and Technology, May, 1995, p. 42-44

AMERICAN CONCRETE PIPE ASSOCIATION. **Concrete Pipe Handbook.** Chicago, Illinois, USA, August, 1959.

AMERICAN CONCRETE PIPE ASSOCIATION. **Concrete Pipe Handbook.** Vienna, Virginia, USA, January, 1980.

AMERICAN CONCRETE PIPE ASSOCIATION. **Concrete Pipe Design Manual.** Arlington, Virginia, USA, February, 1970.

ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE TUBOS DE HORMIGÓN ARMADO. **Manual de Cálculo, Diseño e Instalación de Tubos de Hormigón Armado.** ATHA, Madrid.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Tubo de Concreto, de seção circular, para águas pluviais e esgotos sanitários – Requisitos e métodos de ensaio.** NBR 8890 - 2007, ABNT, Rio de Janeiro.

AZEVEDO NETTO, JOSÉ M. **Cronologia dos serviços de esgotos, com especial menção ao Brasil.** Revista DAE. v. 20, nº. 33, abril, 1959.

BENTUR, ARNON; MINDESS, SIDNEY. **Fiber Reinforced Cementitious Composites.** United Kingdom. Barking, Elsevier. 1990.

CHAMA NETO, PEDRO JORGE. **Avaliação de Desempenho de Tubos de Concreto Reforçados com Fibras de Aço.** Dissertação (mestrado), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, S.P., 2002. 87p.

EDITORA ABRIL. **Infra Estrutura - Anuário Exame 2006 / 2007.** Novembro, 2006, p. 116

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico - PNSB.** Rio de Janeiro, 2002.

NORMA TÉCNICA INTERNA SABESP. **Tubo de Concreto Armado para Esgoto Sanitário.** Especificação, NTS – 045, Maio, 1999.

PORLTAND CEMENT ASSOCIATION. **Design and Construction of Concrete Sewers.** PCA, Chicago, Illinois, USA, 1968.