



ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DOS RECURSOS HÍDRICOS



ABES ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

I SIMPOSIO LUSO BRASILEIRO DE
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

SISTEMAS DE COLECTA, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DE ESGOTOS SANITÁRIOS
ELABORAÇÃO DE UM MANUAL DE CUSTOS DE INFRA-ESTRUTURAS
DE SANEAMENTO BÁSICO EM PORTUGAL

DAVID JOSÉ FONSECA PEREIRA*
ANTÓNIO SOUSA DA CAMARA**

*Eng. Civil (FCTUC) e Sanitarista (IHF, Delft) Assistente, Dept. de Ciências e Engenharia do Ambiente, Universidade Nova de Lisboa; colaborador, CESL-Consultores de Engenharia Sanitária, Lda. Lisboa, Portugal.

** PhD em Engenharia Civil (Virginia Tech) Professor Auxiliar, Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Universidade Nova de Lisboa.

RESUMO

A administração racional dos recursos destinados a dotar Portugal das infraestruturas de Saneamento Básico de que ainda carece passa pela procura de estratégias técnicas e economicamente óptimas, o que é facilitado pela existência de funções de custo.

O objectivo desta comunicação é descrever a filosofia em que está a assentar a elaboração de um manual no qual serão apresentadas funções de custo de infraestruturas de saneamento básico, aplicáveis à situação portuguesa. As infraestruturas tratadas incluem sistemas de águas de abastecimento, sistemas de águas residuais e sistemas de resíduos sólidos.

Uma atenção especial é dedicada à metodologia adoptada na caracterização, tanto quanto possível real, dos custos de construção a utilizar na dedução das equações evitando os valores aparentes provenientes de fenómenos inflacionários e de situações de mercado.

No que respeita à actualização das funções chama-se a atenção para o perigo que constitui o uso de índices não especializados, justificando-se a publicação de índices especializados periódicos como complemento da elaboração do manual.

1 - Introdução

Não obstante tudo o que em Portugal foi conseguido no domínio do Saneamento Básico, especialmente nos últimos dez anos, muito há ainda a realizar, sendo necessário o dispêndio de elevados recursos financeiros para dotar o País das infraestruturas de que ainda está carecido.

Por tal motivo, é urgente incentivar a procura de estratégias técnica e economicamente óptimas, isto é, soluções adaptadas à resolução efectiva dos problemas, com o mínimo custo possível. A utilização racional dos limitados meios financeiros disponíveis ou aos quais será possível recorrer será, assim, facilitada.

Para alcançar este objectivo é imprescindível a existência de "estudos de base" adaptados à situação nacional concreta, nos quais se incluem as funções de custo, de suficiente grau de confiança, cujo carácter oficializado permita a uniformização de critérios a utilizar nos estudos gerais ou de pormenor.

Os modelos de custo deverão ter um carácter dinâmico, isto é, deverão retratar tanto quanto possível a evolução de custos reais ao longo do tempo, função não só das leis económicas e da conjuntura (inflação, concorrência de mercado, etc) mas também da evolução das técnicas construtivas e dos critérios de dimensionamento e operação. Desta forma, as equações de custo deverão ser periódicamente aferidas e publicados índices de actualização.

2 - Antecedentes e "objectivos"

Em 1983, foi iniciado um trabalho de investigação com o objectivo de definir funções de custo de estações de tratamento de águas residuais, cujos primeiros resultados foram entretanto apresentados (Pereira, 1983). Com a evolução do trabalho nasceu a vontade de alargar aquele estudo às principais áreas do Saneamento Básico, elaborando-se um manual de características práticas que pudesse constituir uma ferramenta útil para os técnicos avaliadores de projectos e outras pessoas ligadas a estes empreendimentos. Este manual permitiria suprir uma lacuna sentida neste campo a quem trabalha em projecto ou em planeamento.

Com o objectivo de desenvolver e concretizar esta ideia, foi iniciado em Abril de 1984 um programa de investigação promovido pelo Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, em colaboração com a firma CESL, Consultores de Engenharia Sanitária, Lda, em Lisboa, tendo esta colaboração sido oficializada através do estabelecimento de um protocolo.

3 - Generalidades sobre funções de custo

3.1. Noção de função de custo

Pode definir-se uma função de custo, como uma relação capaz de estimar custos em termos de valores de variáveis independentes, facilmente conhecidas, chamadas factores (ou determinantes) de custo. Não se trata de uma estimativa pontual em que é determinado um único valor, a partir de uma situação concreta. Trata-se sim de uma expressão capaz de representar uma gama contínua de custos potenciais.

Uma função de custo pode descrever-se na seguinte forma geral:

$$C = f (X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_n)$$

- onde C = custo a estimar (de investimento, de operação, etc)
 f = função matemática
 X_i = variável independente de ordem i (volume ou área útil, população equivalente, caudal, potência, etc.)

Se se dá liberdade de variação a um só dos factores (X_1 , por exemplo) e se mantêm constantes os restantes, a resposta do custo ao factor não controlado é representada pelas funções de custo.

Estas equações de custo devem ser concisas e práticas, reflectindo, de uma maneira simples, a complexidade da orçamentação rigorosa. A elaboração de equações mais complexas só se justifica em casos especiais, dado que o rigor conseguido pelas funções compactas é suficiente para os objectivos habituais. Na sua apresentação, muitas vezes utiliza-se a forma gráfica, para além da matemática, o que permite uma visualização mais fácil.

Num sentido estritamente matemático, a um determinado valor da variável independente corresponde um único valor dependente. No caso presente, contudo, o custo pode assumir mais do que um valor, ou mesmo uma gama de valores para cada valor da variável independente, o que resulta da variabilidade e incerteza dos custos realmente constatados.

3.2. Campo de aplicação das funções de custo

As funções de custo têm um vasto campo de aplicação dentro dos domínios do transporte e tratamento de águas de abastecimento, águas residuais e resíduos sólidos. De entre as actividades que fazem parte desse campo destacamos:

- a) Gestão dos recursos hídricos, normalmente a nível de bacias hidrográficas
- b) Controlo regional da poluição da água, normalmente efectuado também ao nível de bacias hidrográficas. Entre os modelos matemáticos que tratam o assunto destacam-se:
 - optimização económica e ambiental do numero de pontos de descarga de águas residuais, sua localização e grau de eficiência, bem como dos sistemas de transporte, entre as fontes geradoras de resíduos e esses pontos.
 - escolha dos métodos de tratamento e sua eficiência para alcançar determinados objectivos de qualidade a um custo mínimo.
- c) optimização de sistemas globais de drenagem de águas residuais e de abastecimento de água.
- d) Formulação de modelos de decisão para operação e manutenção racional de sistemas já construídos.
- e) Estudos de capacidade de expansão.
- f) Planeamento financeiro de empreendimentos.
- g) Planeamento de sistemas tarifários.

4 - Descrição da estrutura básica do Manual

O Manual de custos que se pretende publicar terá características eminentemente práticas, englobando a filosofia que se encontra a montante da apresentação das equações. Os utilizadores ficarão, assim com elementos que lhes permitam estimar o grau de confiança dos valores obtidos e formar uma consciência crítica que os ajude a tirar o máximo proveito das funções sem deixar de atender às suas limitações.

A estrutura básica do trabalho, que foi proposta inicialmente, apresenta-se em anexo. À medida que o programa se vai desenvolvendo esta estrutura está a ser adaptada em função das limitações que vão surgindo e da análise crítica interna e externa. Contudo a versão final terá o mesmo esqueleto essencial, sendo de esperar uma melhoria global conseguida através deste processo dinâmico.

5. Metodologia do trabalho

O trabalho que está a ser desenvolvido, previsto para ser executado em 12 meses (de Maio de 1984 a Maio de 1985), consta de várias fases programadas, cuja descrição total se julga necessária.

Em linhas gerais poderemos dizer, porém, que o programa foi iniciado pela preparação do trabalho objectivo:

- revisão da literatura nacional e internacional
- acções de formação da equipa de trabalho
- elaboração de fichas e quadros-tipo, para recolha e tratamento da informação, passíveis de tratamento por calculo automático

Convém descrever a metodologia que está a ser utilizada na construção das equações de custo, o elemento de que dependerá o interesse prático do trabalho. Esta descrição será relativa aos custos de construção por comodidade de exposição.

A obtenção de equações de custo do tipo estatístico consta geralmente de três fases que se descrevem sumariamente:

a) Obtenção de dados para tratamento estatístico

No que diz respeito aos custos de construção o procedimento usa habitualmente custos de adjudicação de obras, neste caso de saneamento básico, segundo um plano de amostragem em que os dados são criteriosamente seleccionados, num determinado periodo de tempo.

No caso português esse procedimento não seria correcto devido às grandes flutuações de custos por força do regime inflacionário e da situação de mercado vivida no sector da construção civil e obras públicas. Devido a estes factores somente em periodos de tempo muito reduzidos seria possível considerar constância de condições. Como nesses periodos de tempo o numero de obras adjudicadas não é em geral suficiente para o traçado das curvas e definição das equações, optou-se por outra solução.

Assim inicialmente procede-se a uma recolha de elementos caracterizadores e de quantidades de trabalhos através da consulta da memória descritiva e das medições dos projectos seleccionados. A maioria desta consulta é efectuada em Lisboa e em particular nos Arquivos de projectos da Direcção Geral de Saneamento Básico, que gentilmente está a colaborar com esta iniciativa. Os dados complementares são obtidos em projectos existentes em várias Camaras Municipais e firmas especializadas de consultoria, de construção ou de fornecimentos seleccionados pelo País. Procura-se com esta medida reduzir os custos necessários à execução deste projecto de investigação.

As quantidades de trabalho são independentes do periodo de tempo considerado mas existem certas alterações em obra que há que considerar. Para tentar representar as situações reais organizam-se inquéritos sobre as percentagens efectivas correspondentes aos tipos de terreno de escavação clássicos (terra dura ou mole e rocha dura ou mole) e sobre os trabalhos a mais e a menos, em

relação ao projecto.

Da posse das medições das quantidades de trabalho, aproximadamente reais, consideram-se custos unitários médios no período de estudo e calculam-se os custos totais ou parciais para tratamento estatístico. Estes custos unitários médios são também determinados através de inquéritos efectuados nas Camaras Municipais e outros organismos ou empresas que foram seleccionadas a nível nacional.

b) Análise estatística

Nesta fase, com base nos dados recolhidos e tratados na fase anterior são estabelecidos as expressões matemáticas ou as formas gráficas representativas do universo em estudo.

Em geral, a maioria dos modelos de custo são deduzidos por regressão linear simples, sendo a função ajustada pelo método dos mínimos quadrados. No nosso caso serão utilizadas diversas técnicas com o sentido de alcançar os resultados mais aproximados.

c) Interpretação dos resultados

Com base na comparação bibliográfica e na experiência pessoal numa terceira fase as equações são analisadas criticamente. Casos de pouca confiança são submetidos a novo tratamento e se necessário a uma recolha de informação suplementar.

6. Actualização de funções de custo

Tal como é incorrecto utilizar num determinado local modelos de custos de outros locais ou países, também não é correcto actualizar custos tomando como base os índices de mão-de-obra e materiais ou os índices gerais de inflação. Este procedimento pode, porém, aceitar-se em períodos de tempo não muito afastados da data da calibração das funções porque os seus valores não vêm muito alterados.

Contudo quando pretendemos extrapolar valores obtidos de modelos com uma idade apreciável para o presente poderemos atingir erros apreciáveis. As razões fundamentais são por um lado os refinamentos construtivos e a evolução dos critérios de dimensionamento das infraestruturas e por outro lado a variação grande que pode atingir a margem de lucro média das firmas construtoras. Em situação de crise no sector da construção a evolução dos preços de construção é muito mais lenta que a evolução da inflação global e em casos mais graves a concorrência pode inclusivamente levar os preços a baixar.

Tal facto que se pôde constatar nos últimos dois anos em Portugal, por exemplo, levam à necessidade de serem criados índices de actualização de custos capazes de descrever a situação real reduzindo os erros.

Para permitir a actualização periódica das equações apresentadas será integrado no Manual uma parte sobre este tema. Da posse da informação aí fornecida e com a publicação posterior de índices o que constituirá a fase seguinte do projecto, será possível actualizar os valores obtidos. Este é um aspecto importante a realçar dado que se tal não acontecesse os valores só teriam um carácter rela-

tiyo, que perderia credibilidade com o decorrer do tempo. A determinação dos índices de actualização e sua publicação será apoiada num banco de dados computarizado. Os utilizadores terão acesso também a modelos matemáticos simplificados aplicáveis ao mesmo fim.

REFERÊNCIAS

PEREIRA, David J.F. - "Funções de custo de estações de tratamento de águas residuais", Congresso Nacional da Ordem dos Engenheiros, Porto, Novembro 1983.

PEREIRA, David J.F.; CAMARA, A.S. - "Proposta para a elaboração de um manual de custos de infraestruturas de saenamento básico", Universidade Nova de Lisboa, Monte da Caparica, Abril de 1984.

ANEXO ESTRUTURA BÁSICA

PARTE 1 - Fundamentos e metodolgia

1. Introdução: Antecedentes e objectivos
2. Campo de aplicação
3. Considerações sobre modelos de custos
 - 3.1. Noção de função de custo
 - 3.2. Factores de custo, selecção e influência
4. Fundamentos de estatística
 - 4.1. Definições
 - 4.2. Ajustamento de funções
 - 4.3. Testes
 - 4.4. Intervalos de confiança
5. Criação de modelos de custos
 - 5.1. Modelos simples e complexos
 - 5.2. Recolha de dados
 - 5.3. Tratamento de informação; análise dos dados e actualização
 - 5.4. Construção dos modelos
 - 5.5. Interpretação crítica dos resultados
6. Classes de custos
 - 6.1. Custos de construção
 - a) de primeira ordem
 - b) de segunda ordem
 - 6.2. Custos de operação e manutenção
 - 6.3. Custos indirectos
7. Noções de engenharia económica
 - 7.1. Estudos técnico-económicos
 - 7.2. Economias de escala
 - 7.3. Problemas de optimização do faseamento das construções
8. Uso e limitações dos resultados. Indicações úteis sobre a parte II

PARTE II - Modelos de custo ⁽¹⁾ de construção e de operação e de manutenção

A. Sistemas de abastecimento de água

A.1. Captações (custos globais)

- a) Superficiais
- b) Subterrâneas
 - Furos artesianos
 - poços

A.2. Estações de tratamento de água de abastecimento

A.2.1. Custos globais

- a) água superficial (instalações tipo)
- b) água subterrânea (dividida em zonas do país, conforme a qualidade média)

A.2.2. Custos parciais e vários componentes das ETA

- a) operações preliminares
- b) operações de clarificação
 - sedimentação
 - filtração
 - flotação
- c) arejamento
- d) cloragem
- e) coagulação-floculação
- f) correcção de agressividade
 - adição de leite de cal
 - contacto com brita
- g) permuta iónica
- h) carvão activado
- i) tratamento de lamas
 - espessadores
 - filtros mecânicos
 - leitos de secagem

A.2.3. Custos dos principais materiais e compostos químicos necessários para a operação das E.T.A.

- a) sulfato de alumínio
- b) cloro gás
- c) hipoclorito de sódio
- d) cal
- e) Carvão activado em pó
- f) anidrido carbónico

A.3. Estações Elevatórias

A.3.1. Custos globais (em função de potências, caudais, etc.)

A.3.2. Custos parciais

- a) grupos parciais
 - de eixo vertical
 - de eixo horizontal
 - submersíveis
 - outros tipos
- b) equipamento electromecânico total
- c) construção civil da estação
- d) arranjos exteriores

A.4. Adutoras e Condutas elevatórias ⁽²⁾

A.4.1. Custos globais

A.4.2. Custos parciais

- a) colocação da tubagem, incluindo escavação e aterro e restantes operações necessárias
- b) acessórios especiais
 - camaras de perda de carga
 - valvulas de redução de carga

- ventosas
- camaras de descarga de fundo

A.5. Reservatórios

A.5.1. Custos globais

- reservatórios elevados
- reservatórios enterrados, semi-enterrados e apoiados

A.5.2. Custos parciais

- a) Custos por células
- b) custos da camara de manobras
- c) custos da estrutura de suporte aos reservatórios elevados

A.6. Redes de Distribuição (2)

A.6.1. Custos globais (em função da área, da população, etc.)

A.6.2. Custos parciais

- a) colocação da tubagem, incluindo todas as operações necessárias e dos acessórios mais vulgares
- b) acessórios especiais
- c) ramais domiciliários

B. Sistemas de Águas residuais (2) (3)

B1. Rede de recolha e drenagem

B.1.1. Custos globais (em função da área, da população, da inclinação média do terreno, das características do terreno, etc.)

B.1.2. Custos parciais

- a) colocação de colectores, incluindo todas as operações necessárias e os acessórios mais vulgares.
 - camara de visita (simples, de corrente de varrer, com queda)
 - sifões invertidos
 - descarregadores de tempestades
 - desarenadores
- b) ligações domésticas e pluviais
 - tubagem incluindo todos os trabalhos
 - camaras domiciliárias
 - ramais domésticos completos

B.2. Estações Elevatórias

B.2.1. Custos globais (em função da potência, caudais, etc.)

B.2.2. Custos parciais

- a) Grupos elevatórios
 - de eixo vertical
 - de eixo horizontal
 - monobloco submersível
 - outros tipos
- b) equipamento electromecânico total
- c) obra de entrada
 - triturador
 - grelha
 - medidor de caudais
- d) construção civil da Estação
- e) arranjos exteriores

B.3. Condutas elevatórias (2)

- a) colocação da tubagem e respectivos trabalhos
- b) acessórios especiais

B.4. Emissários (custos globais) (2)(3)

B.5. Estações de tratamento de águas residuais (4)

B.5.1. Custos globais (em função da população servida, do caudal, etc.)

B.5.2. Custos parciais por órgão

a) obra de entrada

- total
- grelhas
- desarenador
- medidor de caudais
- triturador
- desengordurador

b) tratamento primário

- decantador (circular e rectangular)
- flotador
- tanque Imhoff

c) tratamento biológico secundário

- lamas activadas (tanque de arejamento e decantador secundário)
- leitos percoladores (leito percolador e decantador secundário)
- biodiscos
- lagunagem

d) tratamentos físico-químicos

- coagulação-floculação
- adsorção por carvão activado

e) tratamento de lamas

- silos de lamas
- digestor aeróbios
- digestores anaeróbios a frio
- digestores anaeróbios aquecidos
- espessadores
- filtros prensa
- lagoas de secagem
- leitos de secagem

B.6. Exutores (custos globais)

C. Sistemas de resíduos sólidos

C.1. Deposição

C.1.1. Custos globais

C.1.2. Custos parciais

- contentores (normais, para vidro, etc.)
- sacos
- papeleiras
- condutas de lixo

C.2. Remoção e limpeza Pública

C.2.1. Custos globais

C.2.2. Custos parciais

- varredura e lavagem de ruas
- lixo doméstico
- lixo industrial

C.3. Transporte (directo ou com transferência)

C.3.1. Custos globais

C.3.2. Custos parciais

C.4. Tratamento e destino final

C.4.1. Custos globais

C.4.2. Custos parciais

- a) tratamento industrial
 - compostagem
 - incineração
 - pinólise
- b) aterro sanitário

PARTE III - Actualização dos modelos de custo. Exemplos de Aplicação

- 1. Actualização das funções de custo
 - 1.1. Índices de custo iniciais
 - 1.2. Publicação de novos índices de custo
 - 1.3. Actualização dos modelos de custo
 - a) através de índices
 - b) através de formulas simples
 - c) através de computadores
- 2. Exemplos de aplicação

NOTAS AO ANEXO

- (1) Os custos poderão aparecer sob a forma de custos totais e/ou custos específicos.
Em todas as funções em que isso fôr possível os custos serão divididos em duas parcelas: construção civil e equipamento electromecânico.
- (2) Procurar-se-ã distinguir os vários tipos de materiais (PVC, fibrocimento, etc) e os vários tipos de terreno.
- (3) Separadas em tudo o que fôr possível e justificável entre águas residuais pluviais e águas residuais comunitárias.
- (4) incluindo fossas sêpticas e dispositivos de infiltração.