

II JORNADAS TÉCNICAS DA APRH  
ÁGUAS DE ABASTECIMENTO E SANEAMENTO  
EM ZONAS COSTEIRAS TURÍSTICAS

DEPURAÇÃO DE ÁGUAS RESIDUAIS E SEU DESTINO FINAL. PARÂMETROS DE QUALIDADE  
PROJECTO DE ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS ASSISTIDO POR COMPUTADOR (CAD)

JOAQUIM POÇAS MARTINS

Eng<sup>o</sup> Civil, MSc, PhD, Professor Auxiliar, Membro n<sup>o</sup> 390 da APRH, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Portugal

RESUMO

Esta comunicação descreve um novo método para projecto de estações de tratamento de águas residuais assistido por computador, desenvolvido pelo autor na Universidade de Newcastle upon Tyne, Inglaterra - (Poças Martins, 1984). Trata-se de um programa interactivo, que integra as principais partes de um projecto, nomeadamente o dimensionamento funcional dos órgãos de tratamento, a disposição das unidades no terreno, os cálculos hidráulicos e estruturais, movimentações de terra, medições e orçamentos.

Com auxílio deste programa, um projectista experiente consegue analisar diversas alternativas e definir uma solução a nível de estudo prévio, incluindo as principais peças escritas e desenhos, numa única sessão de computador com a duração de apenas algumas horas.

## INTRODUÇÃO

A utilização de computadores no projecto de estações de tratamento de águas residuais é ainda limitada e tem-se concentrado essencialmente no dimensionamento funcional dos órgãos de tratamento (process design).

Os programas mais completos desenvolvidos neste campo baseiam-se em modelos matemáticos dos processos unitários de tratamento e incluem um algoritmo de optimização que procura uma combinação de unidades de custo mínimo, para valores pré-estabelecidos de parâmetros do esgoto bruto e do efluente final (Smith et al 1968; Silverstone 1969; Bowden 1973; Water Research Centre 1981).

Apesar desta metodologia de optimização algorítmica ser conceptualmente interessante, a sua aplicação prática no projecto de estações de tratamento de águas residuais não é significativa por motivos de diversa ordem:

- Os modelos matemáticos existentes para a generalidade dos processos unitários de tratamento, mesmo para os aparentemente mais simples como a sedimentação, não permitem prever com suficiente rigor as eficiências de remoção dos poluentes;
- As funções de custo utilizadas neste tipo de programas são obtidas a partir de uma análise estatística de Custos de obras já adjudicadas ou construídas, os quais apresentam invariavelmente grande dispersão; não faz sentido distinguir em termos económicos soluções diferenciadas de 5 a 10% quando as funções de custo podem ter margens de erro de 100% (Water Research Centre, 1976);
- A optimização a nível de dimensionamento funcional é prematura, uma vez que não pode ter em conta os condicionalismos topográficos e geológicos do local da obra;
- A optimização algorítmica, como metodologia, limita muito a capacidade de intervenção do engenheiro, numa actividade de projecto que deve ser eminentemente criativa;
- Finalmente, o tempo gasto no dimensionamento funcional corresponde a uma parte relativamente pequena do tempo total do projecto.

O programa aqui descrito segue uma filosofia diferente, baseada num conceito de Projecto Assistido por Computador (do inglês Computer Aided Design, CAD), segundo o qual o computador é utilizado de forma interactiva por um engenheiro projectista, assistindo-o nos múltiplos processos de tomada de decisão conduzentes à definição de uma solução final. A experiência e intuição do projectista são incorporadas no processo, na medida em que é ele quem efectivamente toma as decisões mais importantes, com a possibilidade de analisar diversas alternativas, incluindo diferentes critérios de dimensionamento, diferentes configurações em planta e em perfil e diferentes localizações no terreno.

Para além de efectuar os cálculos, o computador processa e armazena os resultados do projecto numa base de dados, a qual finalmente irá contar toda a informação necessária à definição do projecto.

Essa base de dados é então utilizada por secções especializadas do programa, que extraem dela a informação necessária para produção de desenhos, medições e orçamentos.

O programa utiliza largamente técnicas de comunicação gráfica com o computador (interactive computer graphics), sem as quais não seria possível, por exemplo, estudar "layouts" alternativos.

As capacidades gráficas do programa são também utilizadas como forma de verificação sumária e intuitiva dos resultados armazenados na base de dados, na medida em que se houver incorrecções, estas originam representações gráficas anómalas, facilmente detectáveis por simples exame visual. A produção automática de desenhos, medições e estimativas orçamentais constitui uma outra vantagem deste programa.

## DESCRIÇÃO DO SISTEMA

As partes principais deste sistema integrado de projecto assistido por computador são ilustradas na FIGURA 1. O programa foi implementado em FORTRAN, e utiliza uma biblioteca "standard" de subrotinas gráficas.

A lógica do programa é apresentada na FIGURA 2, que mostra as ligações entre as várias partes do projecto.

Na secção de dimensionamento funcional (PRCDES), as dimensões internas e o número de tanques de cada tipo são obtidas interactivamente, usando critérios empíricos de dimensionamento e/ou modelos matemáticos.

É possível efectuar uma avaliação económica preliminar a este nível, utilizando funções de custo simplificadas (secção EVALUE 1).

Inicialmente, são fornecidas ao computador informações topográficas e geológicas do terreno, a partir das quais o programa elabora um modelo do mesmo, permitindo obter as cotas das várias superfícies geológicas em cada ponto e visualizar essas superfícies por meio de curvas de nível. A obtenção das cotas é essencial para o cálculo de volumes de escavação e aterro.

As unidades de tratamento são posicionadas no écran de um terminal de gráficos, sobre uma representação do terreno com curvas de nível, utilizando uma "light pen"; a configuração final em planta é obtida por rotações e translações dos tanques (secção LAYPLAN).

Para fixar as cotas dos diversos órgãos, o programa permite definir, graficamente, o trajecto hidráulico principal, que consiste numa sequência de tubos, tanques, canais e secções de controlo, ligando o colector de entrada do esgoto à linha de água receptora. A gama de cotas possíveis para cada tanque é determinada por cálculos hidráulicos ao longo do trajecto principal (secção HYDCALC). Os valores finais das cotas são obtidos a partir de um estudo em perfil (secção LAYELEV), em que os tanques, as superfícies finais do terreno e a superfície freática podem ser movidos verticalmente no écran; para cada configuração hidraulicamente viável, os volumes de escavação e aterro são calculados automaticamente pelo programa. Uma subrotina de optimização parcial permite definir, para cada tanque, a cota para a qual o movimento de terras é mínimo.

Diferentes posições relativamente ao terreno e ao nível freático traduzem-se em solicitações diferentes sobre os tanques, pelo que o programa efectua um

dimensionamento estrutural para cada alternativa (secção STRUCT).

Após o cálculo estrutural, é efectuada uma medição detalhada ao nível de volumes de escavação e aterro, volume de betão, pesos de aço e superfície de cofragem por exemplo. O produto destas quantidades pelos preços unitários correspondentes (os quais, como aliás todos os parâmetros de cálculo, estão sob o controlo do utilizador do programa), permitem obter uma estimativa orçamental que tem em conta as condições no local da obra (secção EVALUE2).

Para uma mesma configuração em planta os restantes custos não diferem substancialmente de solução para solução, não sendo necessário incluí-los a este nível. Para comparar soluções de diferentes tipos ou número de unidades, no entanto, é necessário incluir também os custos de equipamento e os de funcionamento (secção EVALUE3).

Este programa permite produzir os principais tipos de desenhos normalmente incluídos num estudo prévio. Os tanques são representados por vistas e cortes, modelizados individualmente como formas parametrizadas. Os parâmetros são obtidos e armazenados por outras partes do programa, pelo que os desenhos são produzidos automaticamente. Normalmente, os desenhos são examinados no terminal de gráficos antes de serem submetidos ao traçador de gráficos, para uma escolha conveniente de dimensões de papel e de escalas.

Nas FIGURAS 3, 4 e 5 apresentam-se exemplos de desenhos produzidos automaticamente pelo programa.

O armazenamento dos resultados do projecto reveste-se de grande importância num programa deste tipo. Foi necessário definir numericamente entidades diversas, como tanques de sedimentação de vários tipos, tanques de arejamento, trechos de tubagem e canais, seguindo um formato comum; as relações entre os dados armazenados são complexas e têm de ser modelizadas de forma a que alterações determinadas pelo projectista se propaguem aos níveis convenientes da base de dados.

Por exemplo, ao alterar-se a cota de uma plataforma de terreno, desencadeia-se automaticamente um processo que identifica os tanques dessa plataforma, procede a um redimensionamento estrutural e corrige na base de dados os valores das respectivas espessuras de paredes e das percentagens de armaduras. Os sistemas de gestão de bases de dados existentes não eram adequados a este tipo de problema, pelo que se optou por desenvolver um sistema específico.

Finalmente, o programa produz uma descrição das soluções analisadas, incluindo um resumo dos cálculos efectuados, as dimensões dos diversos órgãos, os crité

rios de dimensionamento utilizados, medições e estimativas orçamentais (secção FINDOC).

### AVALIAÇÃO DO SISTEMA

Essencialmente, procurou comparar-se o presente modelo de dimensionamento com os métodos manuais habitualmente seguidos nos gabinetes de projectos e com modelos de optimização algorítmica existentes.

Em termos de tempos de projecto a nível de estudo prévio, este modelo permite obter soluções completas em apenas algumas horas, o que se traduz em poupanças de duas a três ordens de grandeza relativamente à utilização dos meios convencionais. O projectista pode assim analisar mais alternativas, o que contribui para a produção de soluções mais económicas. Esta dupla economia em termos de custos de projecto e da solução final reveste-se de um interesse especial nas presentes condições de grande competitividade do mercado, em que os prazos são invariavelmente curtos e as adjudicações se baseiam na análise comparativa das soluções dos concorrentes.

O âmbito deste sistema ultrapassa largamente o dos modelos de optimização algorítmica existentes; na parte que abrangem em comum, isto é, no dimensionamento funcional, considera-se que a abordagem interactiva adoptada permite uma maior liberdade de decisão ao projectista pondo ao seu alcance métodos alternativos incluindo os baseados em critérios empíricos, que traduzem em manancial de experiência acumulada ao longo de muitos anos.

### CONCLUSÕES

O presente modelo de projecto de estações de tratamento de águas residuais assistido por computador apresenta vantagens consideráveis sobre o projecto "manual" e tem um âmbito muito mais largo que os modelos de optimização existentes.

A metodologia desenvolvida é aplicável a outro tipo de problemas, por exemplo estações de tratamento de águas, sistemas de abastecimento de água e drenagem de esgotos.

A versão actual do programa, a nível de estudo prévio, está a ser testada e documentada tendo em vista uma utilização mais alargada.

AGRADECIMENTOS

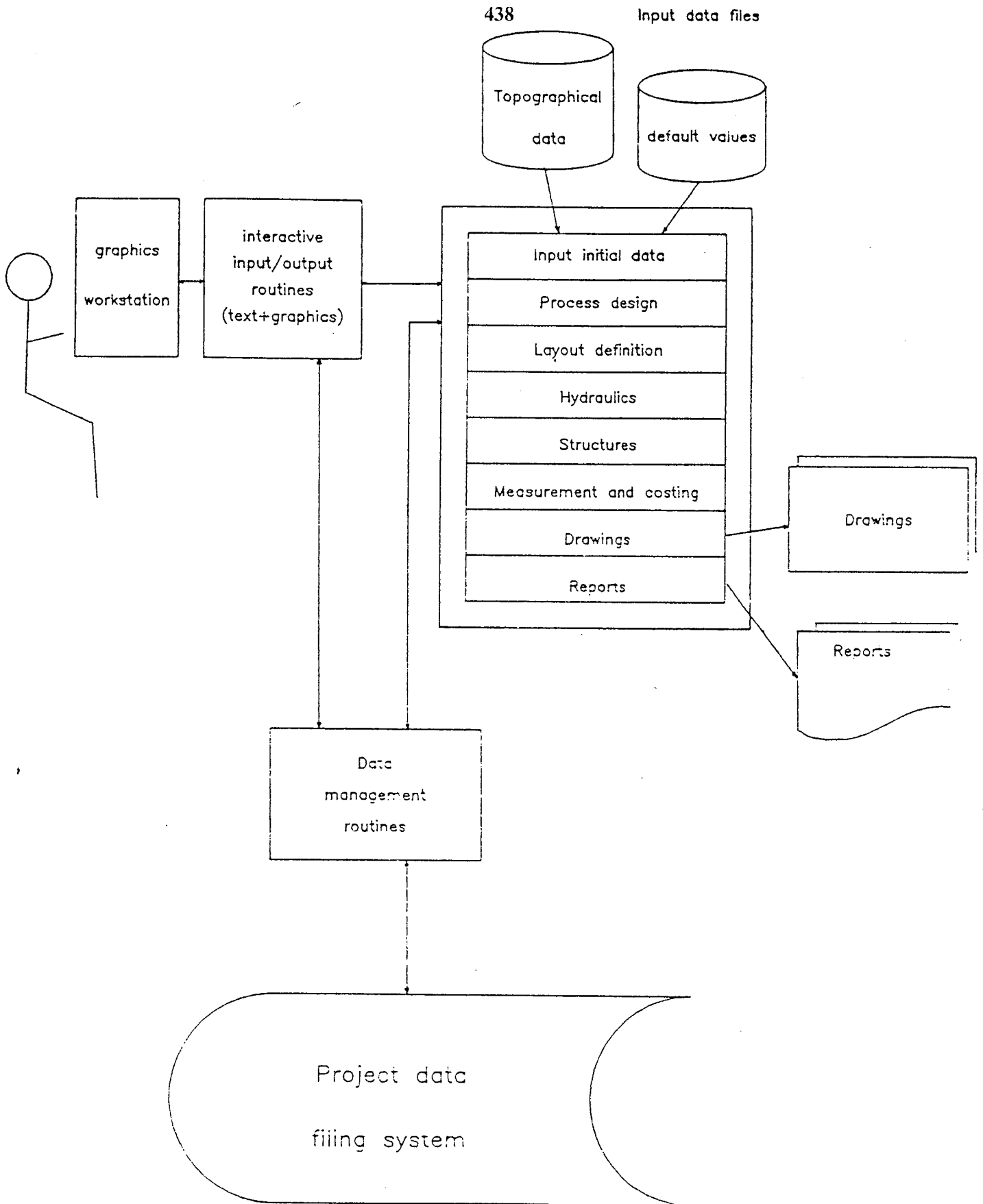
O presente sistema foi desenvolvido na Universidade de Newcastle upon Tyne, Inglaterra, como parte integrante da tese do doutoramento do autor, supervisionada por D. J. Elliott e pelo Dr. A. James.

O programa de investigação foi subsidiado pelo Instituto Nacional de Investigação Científica.

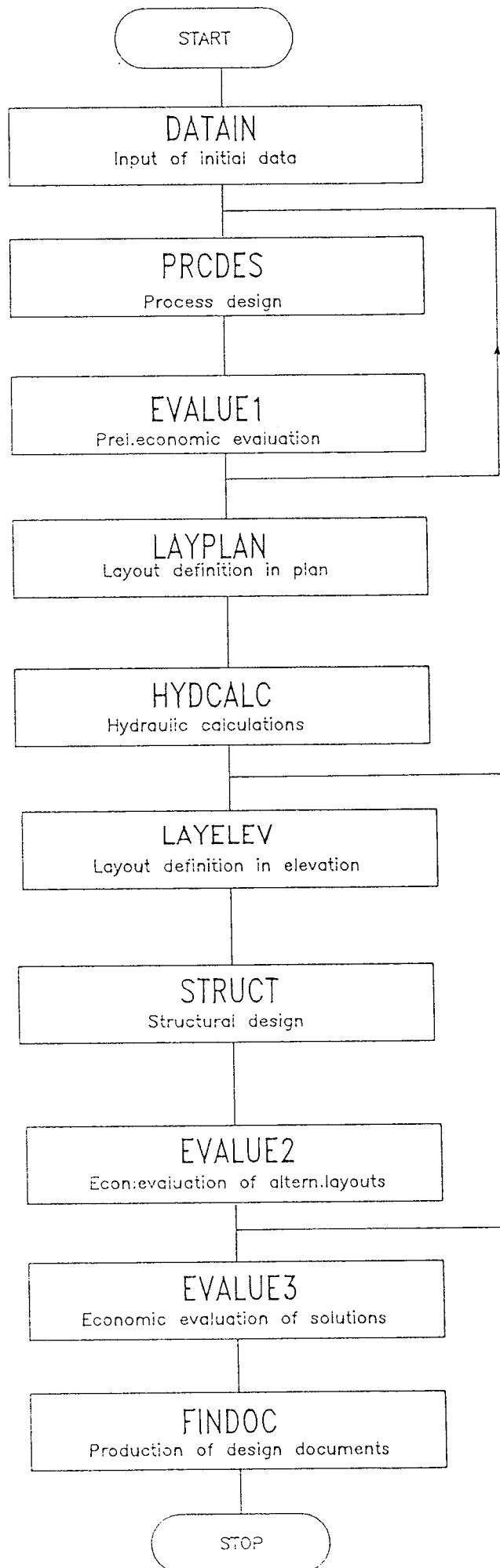
REFERÊNCIAS

- BOWDEN, K. e WRIGHT, D. E.: CIRIA Model for Cost Effective Wastewater Treatment, Proc. Symp. Use of Mathematical Models in Water Pollution Control, Dept. Civil Engineering, Univ. Newcastle upon Tyne, 1973.
- POÇAS MARTINS, J.: Computer Aided Design in Wastewater Treatment, tese de doutoramento (PhD) em Engenharia Civil, Universidade de Newcastle upon Tyne, Inglaterra, 1984.
- SILVERSTONE, D.L.: Digital Computer Simulation of Waste Treatment Plants .. using the WATCRAP-PACER system, trabalho apresentado à South African Branch da Institution of Civil Engineers, África do Sul, Abril de 1969.
- SMITH, R. et al: Executive Digital Computer Program for Preliminary Design of Waste Treatment Systems, Water Pollution Control Research Series Publication WP-20-14, FWPCA, Ohio Basin Region, Cincinnati, Ohio, 1968.
- Water Research Centre: Technical Report TR61, Cost information for Water Supply and Sewage Disposal, 1976.
- Water Research Centre: Technical Report, TR144, Sewage Treatment Optimisation Model User Manual and Description, 1981.

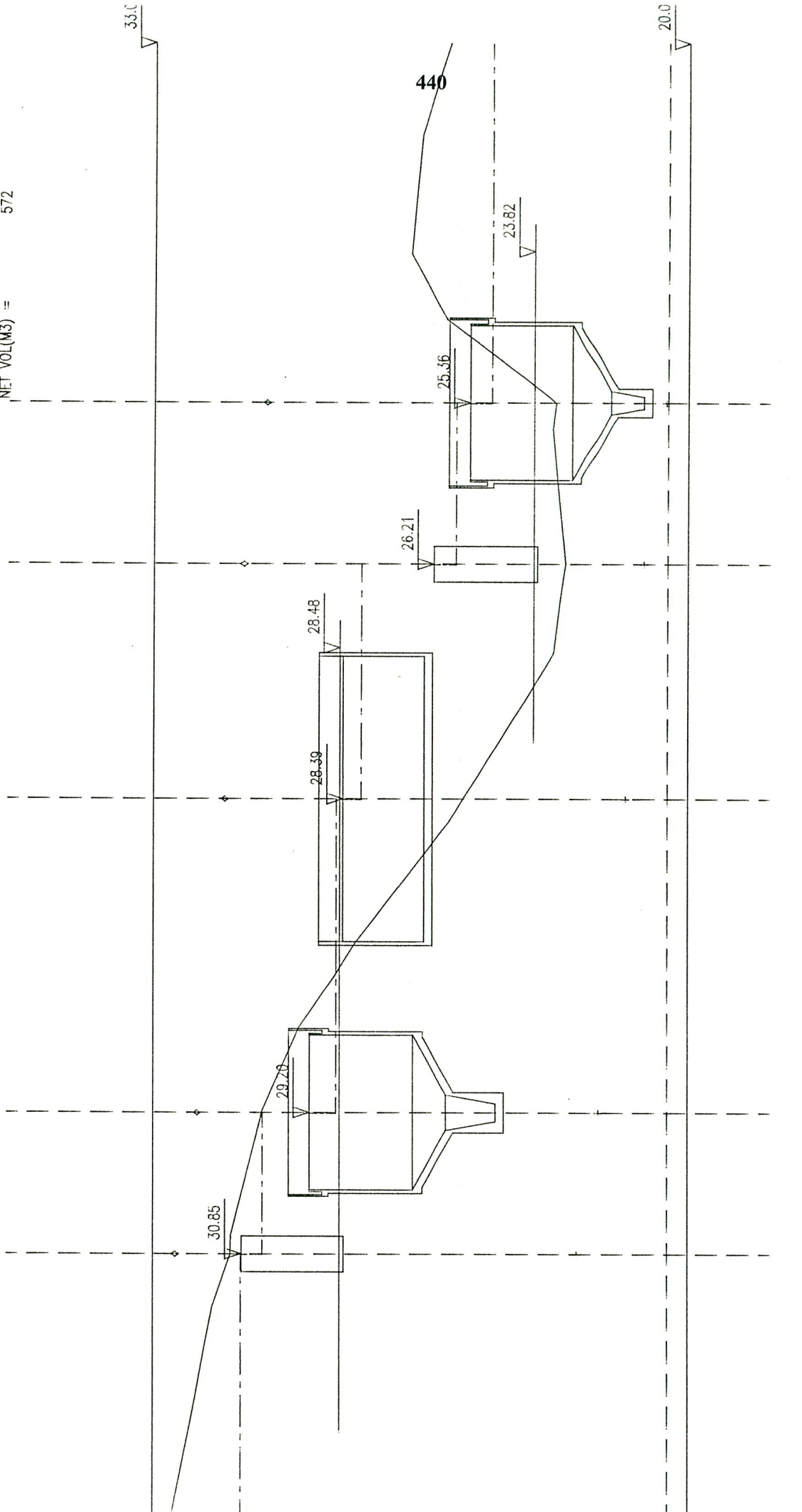
FIGURA 1 - ESTRUTURA DO SISTEMA





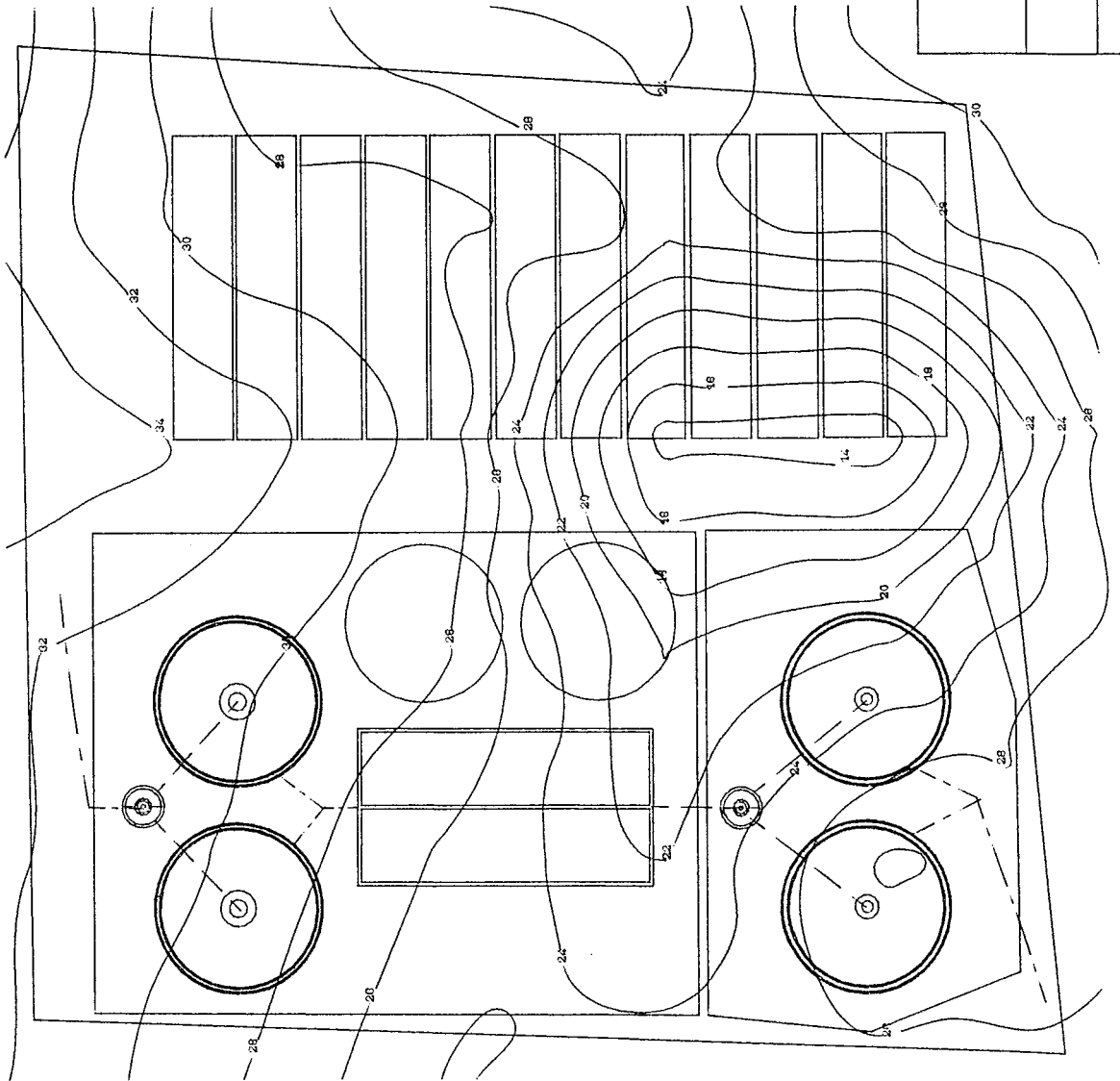


BALANCE OF EXCAVATION AND FILL  
NET VOL(M3) = 572



DISTORTION FACTOR = 0.3

FIGURA 3 - PERFIL HIDRÁULICO PRODUZIDO AUTOMATICAMENTE



UNIVERSITY OF NEWCASTLE UPON TYNE  
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FIGURA 5 - PLANTA DA ETAR

SCALE  
1:600