

APLICAÇÕES DA INVESTIGAÇÃO OPERACIONAL NO DOMÍNIO DAS INFRAESTRUTURAS DE SANEAMENTO BÁSICO

JOÃO DE QUINHONES LEVY
Engenheiro Civil Sanitarista, MSc, PhD



Filho de engenheiro civil, um dos primeiros a especializar-se em Engenharia Sanitária no Imperial College, tive o prazer e a sorte de ter tido como professores na licenciatura o Prof. António Lobato Faria, na disciplina de Saneamento Básico, e o Prof. Luís Valadares Tavares, na Investigação Operacional (IO). A força e paixão que colocaram no seu ensino levaram-me a trabalhar com o primeiro, na sua empresa no domínio da Engenharia Sanitária, e com o segundo, na Universidade. Face à pressão que qualquer um deles colocou na importância daquelas áreas, só tive uma solução possível: aplicar as técnicas e metodologias da IO aos estudos e projetos da Engenharia Sanitária.

REDES DE DRENAGEM

O presente artigo é não só um testemunho da importância que aqueles docentes tiveram no desenvolvimento destas áreas em Portugal como, também, pretende ser um incentivo à utilização das técnicas da IO na Engenharia Sanitária.

Já nos primeiros estudos de dimensionamento do caudal efetivo e se, para além da velocidade, se observasse a força tangencial de arrastamento para impedir a deposição de sólidos. Também uma economia se obteria se, ao calcular-se cada troço, se comparasse o custo entre uma maior escavação e um diâmetro superior. Foi neste contexto que se desenvolveu o modelo de dimensionamento das redes de drenagem que otimizava o custo de construção e utilizava para o cálculo informático a linguagem PL1 (1). De significativo, o programa calculava a altura da lâmina líquida no coletor para o caudal afluente em cada troço, a partir de uma rotina que determinava o ângulo formado entre o centro e os limites da secção transversal molhada. Conhecendo este ângulo, era possível calcular a altura da lâmina líquida, a força tangencial de arrastamento e a velocidade. Caso algum destes parâmetros não observasse o desejado, o programa aumentava o diâmetro mantendo a inclinação, ou vice-versa, para determinar a solução mais económica. Este programa foi desde essa época sucessivamente atualizado, estando hoje escrito em Visual BASIC e interligado ao Auto CAD para desenho automático dos perfis longitudinais.

ARMAZENAMENTO DE ÁGUA

Pouco depois surgiu um novo desafio que foi o de dimensionar o volume de um reservatório elevado e os grupos eletrobomba que bombeavam a água para este. O usual

era (e é) dimensionar estes órgãos segundo o dia de maior consumo, acrescido de reserva de incêndio, sem ter em conta a curva real de consumo ao longo do dia. Decidiu-se que seria interessante, em alternativa a critérios empíricos do tipo volume elevado igual a uma percentagem do dia máximo, dimensionar eletrobombas e o reservatório através de um modelo de simulação que considerasse a distribuição da procura horária, segundo uma lei gaussiana truncada no ponto zero, com uma média e uma variância correspondentes aos consumos efetivos (2). A aplicação da simulação mostrou-se de grande interesse e a sua associação a um programa informático que mostre o volume de água existente em cada momento permite melhor compreender as variações de nível num reservatório e optar por uma entre as muitas soluções possíveis de dimensionamento.

TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

Também no campo do tratamento das águas residuais domésticas, as técnicas da IO têm aplicação, quer no posicionamento das ETAR face à população a servir e à qualidade da água, quer no dimensionamento da própria estação. No primeiro caso há que optar entre sistemas locais de tratamento e sistemas regionais com um número reduzido de estações. A comparação entre as diversas alternativas, que têm como limites uma só

ETAR ou n ETAR, baseia-se no custo de construção e de exploração dos sistemas que integram estações elevatórias e de tratamento, e condutas. Entre as várias técnicas de otimização, a programação não linear é uma delas (3). Já para o dimensionamento das ETAR e escolha do processo de tratamento, a programação dinâmica inversa a que recorreu o autor (4), é uma ferramenta muito interessante. Veja-se que na escolha do processo são definidas as fronteiras, a inicial que é o caudal afluente e as suas concentrações, e a final que são as concentrações definidas na licença de descarga. Com a programação dinâmica inversa começa-se por jusante, nas concentrações da licença, e recua-se um estágio escolhendo aquele a que corresponde o custo global inferior (construção mais exploração), sucessivamente vai-se recuando de estágio, escolhendo sempre o ramo de custo mais baixo, conforme esquema da Figura 1.

Um outro problema associado às ETAR é o da escolha do nível de eficácia de tratamento e da forma como se pretendem distribuir os custos de instalação e de operação. Sinteticamente, em termos de custo, verifica-se normalmente que os processos com maior custo de construção são os que têm menor custo de exploração e o contrário. É o caso dos processos de tratamento por lamas ativadas convencionais (LAc) com decantação primária e estabilização de lamas, e a alternativa de lamas ativadas em arejamento prolongado (LAp) sem aqueles órgãos mas com maior consumo energético. Quanto à eficácia, os sistemas de lagunagem são os menos fiáveis mas, em contrapartida, são os que têm um custo mais baixo. A escolha do processo de tratamento baseada nestes e noutros critérios traduz-se num problema de multicritério que pode ser resolvido por um de diversos métodos, como o "TRIDENT" (5).

RESÍDUOS SÓLIDOS

Também nos resíduos sólidos as técnicas da IO muito poderão ajudar o planeamento dos serviços. Uma das aplicações consiste na escolha dos locais das estações de tratamento e de transferência, com vista à minimização do custo de transporte. A solução pode ser encontrada através do mé-

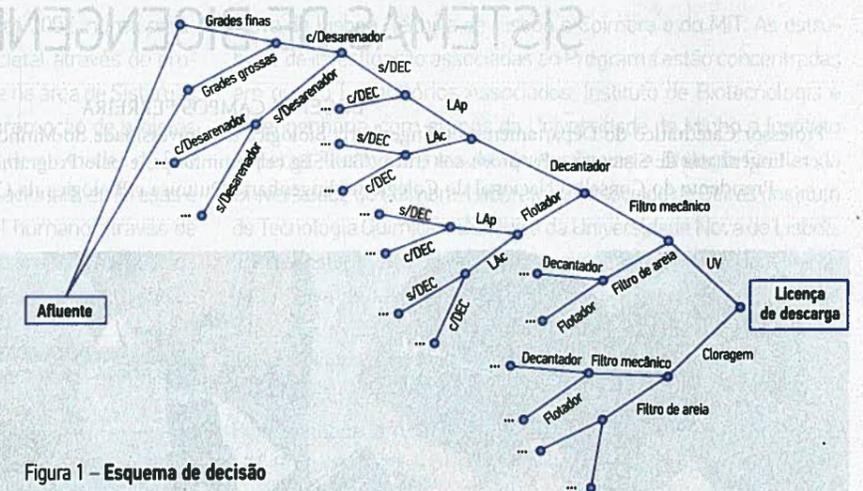


Figura 1 - Esquema de decisão

todo dos transportes, da programação linear, que procura a alternativa com menor custo, tendo em atenção as capacidades de produção, os caminhos existentes e os limites de receção. Associada àquela aplicação está a definição dos circuitos de remoção com vista à sua otimização. Esta tem grande relevância na definição da tarifa do serviço pois que uma economia diária, mesmo que

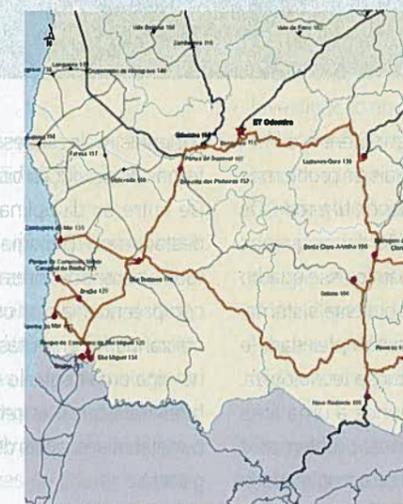


Figura 2 - Circuitos de remoção

pequena, se repete muitas vezes ao ano. Trata-se do típico problema de estabelecimento de rotas com múltiplos depósitos em que as soluções iniciais são melhoradas recorrendo a uma meta heurística conhecida por colónias de formigas (6).

RESPONSABILIDADE AMBIENTAL

Mais recentemente, prova de que as técnicas da IO são de utilização generalizada na re-

solução de problemas da Engenharia, está o cálculo das garantias financeiras a constituir no âmbito da responsabilidade ambiental de operadores (7). Para o estabelecimento destas há que avaliar o risco de ocorrência do evento que implica a determinação da sua probabilidade e do dano associado. Na gestão de uma operação são muitos os eventos que podem ter repercussões negativas no ambiente em graus diversos e com diferentes probabilidades, pelo que a determinação da garantia implica a análise dos muitos cenários possíveis. A sua determinação através de um modelo de simulação baseado na metodologia ERIC - Environmental, Risk Insurance, Calculation, mostrou-se eficaz pelo que é uma das técnicas que se recomenda (8).

BIBLIOGRAFIA

- (1) Levy, J.; Santos, J. (1978): "Dimensionamento das redes de drenagem de águas residuais com recurso ao cálculo automático", Congresso da Ordem dos Engenheiros, Porto.
- (2) Tavares, L.; Silva, J.; Levy, J. (1980): "Dimensionamento de reservatórios para abastecimento de água à povoação", APDIO.
- (3) Teyeca, D.; Smeers, Y. (1981): "New linear programming design of wastewater treatment plant", JEED, ASCE, p.107.
- (4) Levy, J. (1985): "Dimensionamento e controlo da ETAR - modelo iterativo", tese de Doutoramento, IST/UTL.
- (5) Tavares, L. (1984): "The TRIDENT approach to rank alternative tenders for large engineering projects", Foundation of Council Engineering, 9.
- (6) Levy, J.; Pinela, A.; Oliveira, R. (2007): "Otimização dos circuitos de remoção de resíduos", II Colóquio "Pensar Ambiente", C. M. Odemira.
- (7) Sá, S. (2013): "Pedido de intervenção no âmbito do Regime Jurídico da Responsabilidade Ambiental", RIDB - Revista do Instituto do Direito Brasileiro, ano 2, n.º 4, Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa, ISSN: 2182-7567, pp.2182-7567.
- (8) Levy, J. (2011): "A responsabilidade ambiental de municípios e unidades industriais", Curso FUNDEC, IST, Lisboa.