



## II-162 – A SIMULAÇÃO DINÂMICA PARA AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM ESTAÇÕES DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

### **Jorge Manuel Ventura Oliveira e Carmo** <sup>(1)</sup>

Engenheiro do Ambiente pela Universidade Nova de Lisboa. Mestre em Engenharia Sanitária pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL). Consultor na Sisaqua S.A. grupo Consulgal. Doutorando em Alterações Climáticas e Políticas de Desenvolvimento Sustentável no Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa IST/UTL.

### **José Saldanha Matos**

Professor Catedrático do Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa IST/UTL. Sócio Gerente da Hidra- e-mail: [jsm@civil.ist.utl.pt](mailto:jsm@civil.ist.utl.pt).

### **Maria Júlia Fonseca de Seixas**

Engenheira do Ambiente pela Universidade Nova de Lisboa. Doutoramento em Detecção Remota em Ambiente. Professora na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa (FCT/UNL). Fundadora da empresa E.Value. Delegada no Global Monitoring for Environment and Security Advisory Council, da Comissão Europeia, - e-mail: [mjs@fct.unl.pt](mailto:mjs@fct.unl.pt).

**Endereço**<sup>(1)</sup>: Av. Álvares Cabral, 28 1º esq. – 1250-018 Lisboa – Portugal – Tel: (351) 966788094 - e-mails: [jocarmo9@gmail.com](mailto:jocarmo9@gmail.com); [jsm@civil.ist.utl.pt](mailto:jsm@civil.ist.utl.pt)

### **RESUMO**

A preocupação crescente com as alterações climáticas e a necessidade em desenvolver novas estratégias de adaptação, têm constituído prioridades recentes nas acções de evolução dos sistemas de tratamento de águas residuais e em particular das estações de tratamento de águas residuais (ETAR).

A maioria das ETAR encontra-se em operação abaixo da capacidade instalada não sendo possível compreender o alcance do impacto das alterações climáticas sem testar as suas condições de funcionamento. Nem sempre é possível, por razões diversas de natureza técnica, económica e institucional, sujeitar estas infraestruturas a condições experimentais, à escala real. Na impossibilidade de interromper o normal funcionamento de uma ETAR para experimentar o seu comportamento próximo dos valores limites de caudal e de condições ambientais, nomeadamente de temperatura, pode-se, em alternativa, recorrer à simulação por computador, com modelo dinâmico calibrado, para testar o desempenho de partes ou da totalidade da ETAR. Neste trabalho recorreu-se à construção de modelos de simulação dinâmica para testar o desempenho de duas ETAR uma no norte de Portugal e outra no sul e obter orientações para futuras acções de adaptação.

O objetivo principal do trabalho é demonstrar que o recurso a ferramentas de simulação dinâmica permite avaliar de que forma é que as alterações climáticas podem afetar o desempenho das ETAR.

Neste trabalho estudou-se a aplicação de modelos matemáticos dinâmicos utilizando o sistema GPS-X (Hydromantis®) para simular o funcionamento das operações de tratamento em ETAR, e aplicaram-se os modelos desenvolvidos a casos de estudo reais de grandes ETAR.

As conclusões do estudo permitem avaliar alguns dos efeitos das alterações climáticas (alterações na temperatura e na pluviosidade) no funcionamento e na eficiência do tratamento das ETAR municipais, bem como, apontar linhas de desenvolvimento para estratégias de adaptação do seu funcionamento perante as alterações climáticas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Águas Residuais, Alterações Climáticas, Estações de Tratamento de Águas Residuais, Modelação Matemática.

### **INTRODUÇÃO**

Para compreender o impacto das alterações climáticas no desempenho das ETAR é necessário testar as suas condições de funcionamento nas situações limite de temperatura, pluviosidade e subida do nível do mar impostas por um cenário de alterações climáticas. Razões diversas de natureza técnica, económica e institucional, não permitem geralmente sujeitar estas infraestruturas a condições experimentais, à escala real. Na impossibilidade de interromper o normal funcionamento de uma ETAR para experimentar o seu



comportamento próximo dos valores limites de caudal e de condições ambientais, nomeadamente de temperatura, pode-se, em alternativa, recorrer à simulação por computador, com modelo dinâmico calibrado, para testar o desempenho de partes ou da totalidade da ETAR. Neste trabalho recorreu-se à construção de modelos de simulação dinâmica para testar o desempenho de duas ETAR e para obter orientações para ações de adaptação.

O objetivo principal do trabalho é demonstrar que o recurso a ferramentas de simulação dinâmica permite avaliar de que forma é que as alterações climáticas podem afetar o desempenho das ETAR.

Com as alterações climáticas espera-se que em Portugal se venham a verificar modificações nas temperaturas médias e máximas, bem como nos padrões de pluviosidade, com aumento significativo de fenómenos extremos com aumento da temperatura, secas e inundações, o que obrigará muitas estações de tratamento portuguesas a trabalhar temporariamente acima de sua capacidade ou produzindo efluentes tratados com qualidade insatisfatória. Importa saber qual a capacidade das ETAR para lidar com situações particulares como o aumento da temperatura nos meses mais quentes do ano com implicações na eficiência do tratamento biológico e na produção de lamas, aumento da concentração das águas residuais devido a uma menor diluição provocada pela menor pluviosidade ao longo de todo o ano, aumento dos efeitos devidos a fenómenos de cheias e inundações nos meses de maior pluviosidade e casos de aumento da concentração de cloretos no afluente devido à subida do nível do mar. Importa propor soluções que permitam adaptar as ETAR para fazer face a estas situações.

O presente trabalho contém estudos realizados com base em valores obtidos de diferentes parâmetros físico-químicos em diferentes etapas de tratamento na ETAR do Freixo, na cidade do Porto no norte de Portugal, e na ETAR de Lagos no Algarve situada no sul de Portugal. Em ambas as ETAR foram estudadas situações particulares em que estas se encontravam a operar acima da capacidade de projeto, recebendo por vezes afluentes com concentração muito elevada e volumes afluentes associados a chuvas intensas ou, no caso do sistema de Lagos, a entradas de água do mar na rede pública devido a marés involuntariamente altas.

## METODOLOGIA

Neste estudo utilizam-se modelos de simulação dinâmica em GPS-X, desenvolvidos pela Hydromantis, Inc., estes modelos permitem estudar de que modo é que as alterações climáticas afetam o funcionamento das ETAR. Nos modelos de simulação do GPS-X é possível realizar simulação dinâmica interativa utilizando comandos que permitem ir mudando o valor das diferentes variáveis à medida que decorre a simulação. É também possível ligar ao modelo, ficheiros, bases de dados ou algoritmos que permitem desenvolver análises de sensibilidade e otimizar soluções de tratamento. Podem, por exemplo, ser usados os valores reais de resultados analíticos obtidos na ETAR em funcionamento, analisados os resultados das “corridas” do modelo previamente construído. Testado o modelo de simulação para aqueles valores, esse instrumento pode ser melhorado para ajustar progressivamente o seu funcionamento ao caso real. Foi esta capacidade de simulação interativa do GPS-X que permite de uma forma muito flexível ir criando diferentes cenários e usando diversos comandos para desenvolver sucessivas simulações dinâmicas que ajudam a compreender tanto o próprio modelo, como o caso real em estudo.

Existem diferentes formas de simular o funcionamento dos sistemas de tratamento de águas residuais, sendo umas mais flexíveis do que as outras. As formas mais simples e menos flexíveis de modelação exigem que todas as instruções relativas às alterações das variáveis sejam previamente preparadas antes de se iniciar a fase de simulação. O GPS-X é uma ferramenta muito completa que permite abordar os sistemas de tratamento desta forma simples com soluções de simulação mais estáticas, mas permite também uma análise muito mais complexa. Permite que sejam definidos diferentes comandos para simular os sistemas de uma forma mais flexível e interativa. O utilizador pode definir comandos sob a forma de botões de comando e mecanismos de controlo das diferentes variáveis do modelo, os quais podem vir a atuar em simultâneo e ajustar o funcionamento do sistema de tratamento a situações que se vão alterando de uma forma dinâmica. Os comandos influenciam os valores das diferentes variáveis e na resolução das equações que definem os modelos estas variáveis afetam-se entre si e alteram o cálculo e os resultados da corrida do modelo. No GPS-X é possível realizar este tipo de simulação dinâmica interativa utilizando comandos que permitem ir mudando o valor das diferentes variáveis à medida que decorre a simulação. É também possível ligar ao modelo, ficheiros, bases de dados ou algoritmos que permitem desenvolver análises de sensibilidade e otimizar soluções de



tratamento. Podem por exemplo ser usados os valores reais de resultados analíticos obtidos na ETAR em funcionamento, analisados os resultados das corridas do modelo previamente construído e testado o modelo de simulação para aqueles valores, este pode ser melhorado para ajustar progressivamente o seu funcionamento ao caso real. Foi esta capacidade de simulação interativa do GPS-X, que é uma ferramenta muito poderosa e que permite de uma forma muito flexível ir criando diferentes cenários e usando diversos comandos para desenvolver sucessivas simulações dinâmicas que ajudam a compreender, tanto o próprio modelo, como o caso real em estudo, e que pode abrir pistas para novas estratégias de adaptação do funcionamento dos sistemas de tratamento às condições pretendidas, que levou à escolha do GPS-X como ferramenta de trabalho no estudo das alterações climáticas nas ETAR.

Construiu-se no GPS-X um modelo das ETAR dos casos de estudo e foram-se progressivamente introduzindo melhoramentos no modelo para ajustar os resultados obtidos, nas diferentes corridas do modelo de simulação, aos resultados obtidos no caso real no funcionamento da ETAR. É possível, nestes casos, realizando diversas simulações, ensaiar condições de funcionamento que são difíceis de experimentar no caso real e desenvolver uma análise mais aprofundada do sistema, testando o controlo operacional em situações limite, analisando a sensibilidade das diversas etapas de tratamento e o seu comportamento nessas situações próximas dos valores limite utilizados no projeto e testando eventuais melhorias na concepção e no projeto das ETAR que permitam adaptá-las melhor a futuras alterações do clima.

Existem diferentes formas de simular o funcionamento dos sistemas de tratamento de águas residuais, umas são mais flexíveis do que as outras. As formas mais simples e menos flexíveis de modelação exigem que todas as instruções relativas às alterações das variáveis sejam previamente preparadas antes de se iniciar a fase de simulação. O GPS-X é uma ferramenta muito completa que permite abordar os sistemas de tratamento desta forma simples com soluções de simulação mais estáticas, mas permite também uma análise muito mais complexa. Permite que sejam definidos diferentes comandos para simular os sistemas de uma forma mais flexível e interativa. O utilizador pode definir comandos sob a forma de botões de comando e mecanismos de controlo das diferentes variáveis do modelo, os quais podem vir a atuar em simultâneo e ajustar o funcionamento do sistema de tratamento a situações que se vão alterando de uma forma dinâmica. Os comandos influenciam os valores das diferentes variáveis e na resolução das equações que definem os modelos estas variáveis afetam-se entre si e alteram o cálculo e os resultados da corrida do modelo. No GPS-X é possível realizar este tipo de simulação dinâmica interativa utilizando comandos que permitem ir mudando o valor das diferentes variáveis à medida que decorre a simulação. É também possível ligar ao modelo, ficheiros, bases de dados ou algoritmos que permitem desenvolver análises de sensibilidade e otimizar soluções de tratamento. Podem por exemplo ser usados os valores reais de resultados analíticos obtidos na ETAR em funcionamento, analisados os resultados das corridas do modelo previamente construído e testado o modelo de simulação para aqueles valores, este pode ser melhorado para ajustar progressivamente o seu funcionamento ao caso real. Foi esta capacidade de simulação interativa do GPS-X, que é uma ferramenta muito poderosa e que permite de uma forma muito flexível ir criando diferentes cenários e usando diversos comandos para desenvolver sucessivas simulações dinâmicas que ajudam a compreender, tanto o próprio modelo, como o caso real em estudo, e que pode abrir pistas para novas estratégias de adaptação do funcionamento dos sistemas de tratamento às condições pretendidas, que levou à escolha do GPS-X como ferramenta de trabalho no estudo das alterações climáticas nas ETAR.

Para ensaiar situações de funcionamento da ETAR próximas das esperadas futuramente devido às alterações climáticas, foram nesta fase testadas condições de afluência com períodos de forte pluviosidade, com valores em que o caudal afluente era superior à capacidade de encaixe da instalação e testadas situações com temperaturas médias superiores no afluente à ETAR. Pretende-se numa fase seguinte testar situações em que devido à subida do nível do mar, a presença de concentrações elevadas de cloretos nos coletores e no afluente afete o funcionamento da ETAR.

Os modelos foram construídos com base na sequência das diferentes operações e processos unitários de tratamento das ETAR, tendo naturalmente em atenção a disposição e dimensões dos diversos órgãos de tratamento. Foram testados alguns dos modelos que integram o GPS-X para simular as condições de funcionamento das várias etapas de tratamento. Seguidamente foram realizadas diversas “corridas” dos modelos dinâmicos para diferentes caudais e cargas poluentes afluentes, tendo sido utilizados, como valores de entrada, os resultados analíticos obtidos na própria ETAR.

Verificou-se, para o mesmo período de tempo, de que forma é que os resultados calculados pelo modelo se ajustavam aos resultados obtidos na ETAR. Foram sendo desenvolvidos, em etapas sucessivas, novos cenários com diferentes melhoramentos nos modelos, que foram tornando os resultados do cálculo e os valores de saída das diferentes “corridas” do modelo progressivamente convergentes e cada vez mais próximos dos resultados obtidos em situação real, em protótipo.

## CASOS DE ESTUDO DAS ETAR DO FREIXO E DE LAGOS

A metodologia foi aplicada aos dois casos de estudo da ETAR do Freixo e da ETAR de Lagos, em Portugal. Assim, foram desenvolvidos modelos dinâmicos no GPS-X para simulação do funcionamento de duas grandes ETAR municipais, a ETAR do Freixo que trata efluentes de uma população equivalente a 170 000 habitantes, com um caudal médio de 35 900 m<sup>3</sup>/dia, situada na cidade do Porto, no norte de Portugal a ETAR de Lagos que trata efluentes de uma população equivalente a 138 000 habitantes, com um caudal médio de 35 000 m<sup>3</sup>/dia, situada na cidade de Lagos, no Algarve, no sul de Portugal.

A ETAR do Freixo recebe águas residuais da zona oriental da cidade do Porto e da bacia do rio Tordo no Concelho de Gondomar. O caudal afluente que chega à ETAR é proveniente de quatro diferentes condutas que se reúnem todas numa única câmara de chegada: o interceptor Nascente do Porto, o interceptor do Rio Tordo, o emissário Leste do Porto e o emissário de Azevedo de Campanhã. O tratamento das águas residuais na ETAR do Freixo consiste num pré-tratamento inicial com operações de gradagem e de remoção de areias, de óleos e gorduras, num tratamento primário com recurso a dois decantadores de superfície retangular equipados com lamelas, numa etapa de tratamento biológico por lamas ativadas com nitrificação/desnitrificação, em duas linhas paralelas de tratamento, cada uma incluindo um tanque anóxico à cabeça seguido de um tanque arejado e de quatro decantadores secundários de superfície retangular, finalmente numa etapa de tratamento terciário, dois tanques equipados com lâmpadas que emitem radiação ultravioleta asseguram a desinfecção do efluente tratado antes da descarga no rio Tinto, um dos afluentes da margem direita do estuário do rio Douro. Na linha sólida de tratamento as lamas primárias, provenientes dos decantadores primários lamelares, são espessadas por espessamento gravítico e as lamas biológicas, provenientes dos decantadores secundários, em parte são recirculadas para os reatores biológicos e em parte espessadas mecanicamente em centrífugas. As lamas espessadas primárias e as lamas espessadas biológicas são enviadas para dois digestores anaeróbios onde produzem biogás, segue-se um tratamento de desidratação das lamas em centrífugas e uma estabilização química com cal antes de serem armazenadas e enviadas como fertilizantes para valorização agrícola. Toda a ETAR é coberta e o ar extraído é tratado por um sistema de desodorização com utilização de ácido sulfúrico, hipoclorito de sódio e soda cáustica como reagentes.



**Figura 1: Fotografia aérea da ETAR do Freixo**

A ETAR de Lagos recebe por elevação as águas residuais da cidade do Lagos. Uma estação elevatória final recebe os efluentes recolhidos nos sub-sistemas de Odiáxere, Meia Praia, Lagos Cidade e Luz e eleva-os para a ETAR de Lagos. O tratamento das águas residuais na ETAR de Lagos consiste num pré-tratamento inicial com operações de gradagem e de remoção de areias, de óleos e gorduras, num tratamento primário com recurso a dois decantadores circulares, numa etapa de tratamento biológico por vala de oxidação e de decantadores secundários de superfície circular, finalmente numa etapa de tratamento terciário de desinfecção por radiação ultravioleta. Na linha sólida de tratamento as lamas primárias são espessadas por espessamento gravítico e as lamas biológicas, provenientes dos decantadores secundários, em parte são recirculadas para a vala de oxidação e em parte espessadas. As lamas espessadas primárias e as lamas espessadas biológicas são enviadas para a digestão anaeróbia onde produzem biogás, segue-se um tratamento de desidratação das lamas e uma estabilização química com cal antes de serem armazenadas e enviadas como fertilizantes para valorização agrícola.

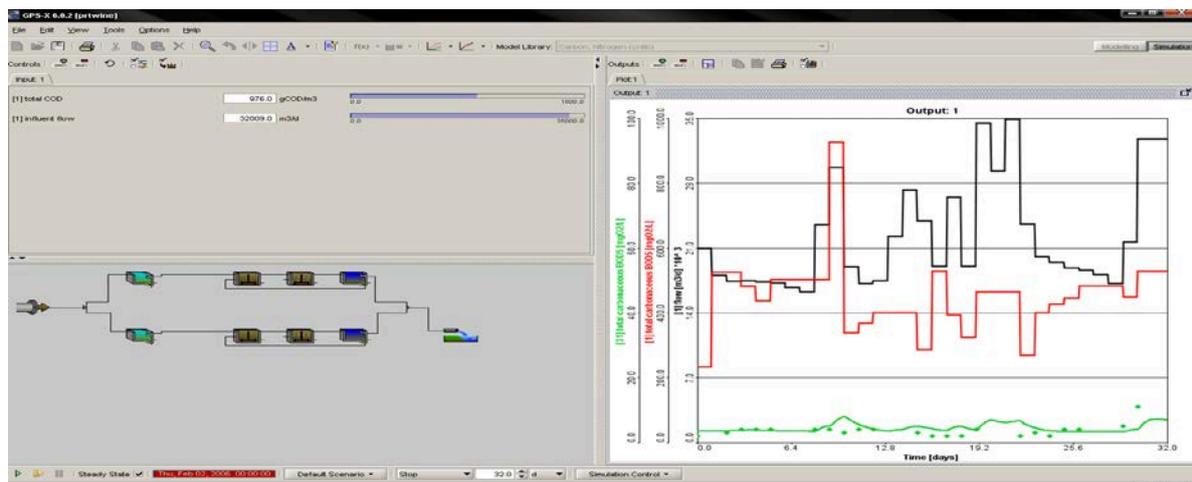


**Figura 2: Fotografia aérea da ETAR de Lagos**

Para aplicação do modelo GPS-X às ETAR dos casos de estudo foram considerados os valores (valores “default”) recomendados no programa para os respectivos valores cinéticos e estequiométricos e aplicados modelos testados para as condições de funcionamento verificadas no caso real. Construiu-se um modelo com base na sequência das diferentes operações e processos unitários de tratamento presentes em cada ETAR, foram consideradas as mesmas dimensões dos diversos tanques e órgãos de tratamento e foram testados alguns dos modelos aconselhados no GPS-X para simular as condições de funcionamento das várias etapas de tratamento. Seguidamente foram realizadas diversas corridas do modelo para diferentes caudais e cargas afluentes e foram utilizados como valores de entrada no modelo ficheiros com resultados analíticos obtidos na ETAR. Verificou-se, para o mesmo período de tempo, de que forma é que os resultados calculados pelo modelo se ajustavam aos resultados obtidos na ETAR e foram sendo desenvolvidos, em etapas sucessivas, novos cenários com diferentes melhoramentos no modelo que foram tornando os resultados do cálculo e os valores de saída das diferentes corridas do modelo, progressivamente convergentes e cada vez mais próximos dos resultados obtidos na situação real.

## RESULTADOS OBTIDOS

Apresenta-se, na Figura 3, um exemplo de uma corrida do modelo desenvolvido para a ETAR do Freixo que inclui (à esquerda em cima) os comandos alimentados a partir das bases de dados com a concentração da carência química em oxigénio à entrada e o caudal médio afluente medidos na ETAR no mês de Novembro de 2010. Apresenta-se ainda o *lay-out* do modelo com os diversos órgãos de tratamento considerados (à esquerda em baixo) e os resultados da corrida (à direita em baixo).



**Figura 3: Resultados do ajustamento do modelo aos valores reais da carência química em oxigénio à entrada e à saída da ETAR do Freixo, Porto, Portugal (Novembro de 2010).**

A simulação foi efetuada para o mês de Novembro de 2010. Escolheu-se aquele período, porque ao longo daquele mês registaram-se condições limites de afluência de caudal com forte precipitação que excedeu a capacidade da ETAR, afetou o tratamento e obrigou à abertura temporária do *by-pass* geral.

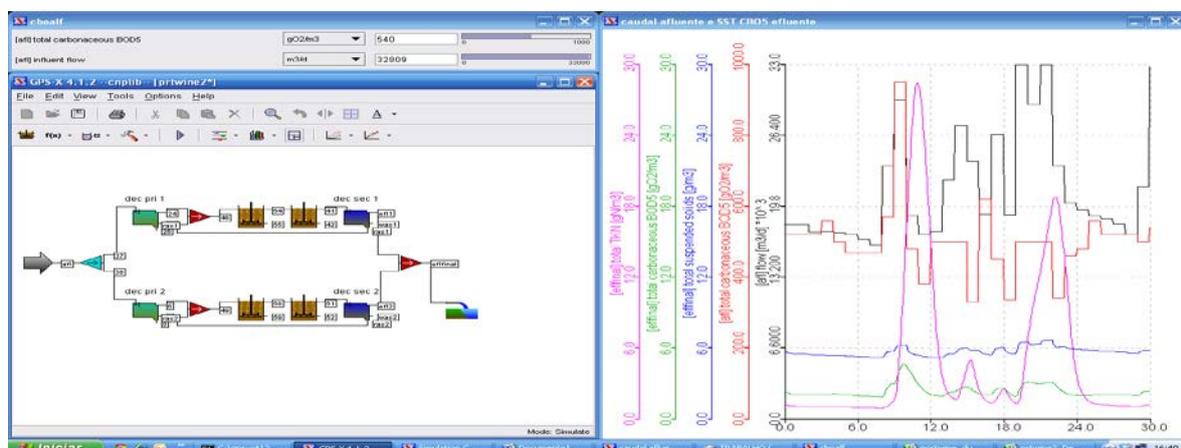
Os valores observados em Novembro de 2010, sendo extremos, permitem ter uma ideia de como é que as alterações esperadas nos padrões de precipitação decorrentes de alterações climáticas podem vir a afetar o funcionamento do sistema de tratamento. O esperado aumento dos fenómenos climáticos extremos permite antever a possibilidade de se verificar uma concentração de chuvadas mais intensas nalguns meses do ano, com o caudal máximo da instalação a ser frequentemente excedido nesses meses e antever, também, uma menor precipitação média durante os períodos de primavera e de Verão. A esta menor precipitação estará associado um menor efeito de diluição e um consequente aumento da concentração da carga orgânica afluente ao sistema.

O estudo do comportamento da ETAR para caudais próximo do limite e para cargas orgânicas muito superiores às consideradas no projeto, recorrendo aos modelos de simulação dinâmica do GPS-X, permitiu testar os limites da instalação e prever o comportamento do sistema de tratamento em condições extremas.

Os resultados, apresentados no gráfico da esquerda da Figura 3 são muito esclarecedores e ajustam-se relativamente bem aos valores reais obtidos e ao conhecimento e à experiência na operação da instalação quer quanto às suas condições de funcionamento, quer quanto à resposta do sistema de tratamento em termos de qualidade dos efluentes. Os valores da carência química em oxigénio (CQO) calculados pelo modelo matemático de simulação dinâmica desenvolvido (linha verde) ajustam-se bastante bem aos resultados obtidos no caso de estudo real (pontos discretos verdes) dando confiança quanto ao grau de ajustamento do modelo.

Na Figura 4 é apresentado um outro exemplo dos resultados obtidos noutra corrida do modelo para a ETAR do Freixo que realça a forma como o tratamento terciário é particularmente afetado por alterações repentinas no caudal e na carga orgânica à entrada da instalação.

A corrida da Figura 4 inclui também (à esquerda em cima) os comandos alimentados a partir das bases de dados com a concentração da carência bioquímica em oxigénio à entrada e o caudal médio afluente. Na Figura 4 inclui-se também (à esquerda em baixo) uma representação esquemática do modelo construído no GPS-X, baseada no modelo configurado da ETAR com duas linhas de tratamento em paralelo de lamas ativadas com tanques sequenciais anóxico e arejado, precedidas de decantação primária. Foi usada modelação específica para simular a remoção de carbono, azoto e fósforo, apresentando-se (à direita) resultados gráficos da corrida do modelo com o caudal e a da carência química em oxigénio à entrada da ETAR, e os sólidos suspensos totais (SST), carência bioquímica em oxigénio (CBO<sub>5</sub>) e azoto total (NTK), na descarga da ETAR, no efluente tratado.

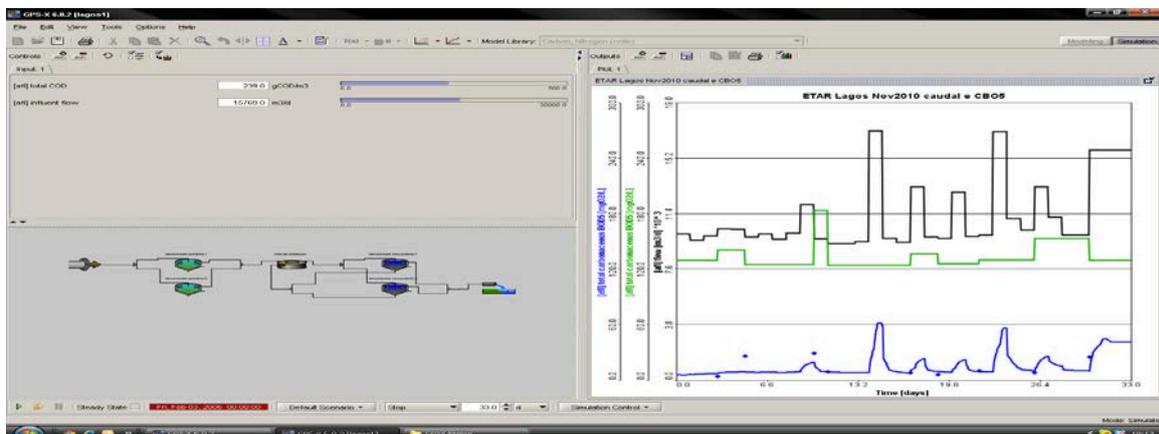


**Figura 4 : Resultados do modelo para os valores de caudal e da carência química em oxigénio à entrada da ETAR do Freixo, Porto, Portugal (Novembro de 2010).**

A simulação foi efetuada também para o mês de Novembro de 2010 porque se verificou, naquele período, uma grande variação na  $CBO_5$  afluyente, com concentrações no afluyente bruto muito superiores ao valor médio do projeto, que era de  $309 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ . Foram atingidos, no dia 9 de Novembro de 2010, valores da  $CBO_5$  de  $950 \text{ gO}_2/\text{m}^3$ . Verificou-se que aumentos significativos da concentração da poluição orgânica à entrada da ETAR se refletem em termos da concentração da carência química em oxigénio à saída, mas que os limites do tratamento não são normalmente excedidos (ver Figura 4, gráfico da esquerda, linha verde). Verifica-se também que associado ao aumento do caudal afluyente provocado pelas chuvadas intensas tem lugar, por efeito da diluição, uma diminuição da concentração da  $CBO_5$  afluyente (linhas preta e encarnada) e que nestes períodos a concentração no efluente tratado aumenta sensivelmente (linha verde).

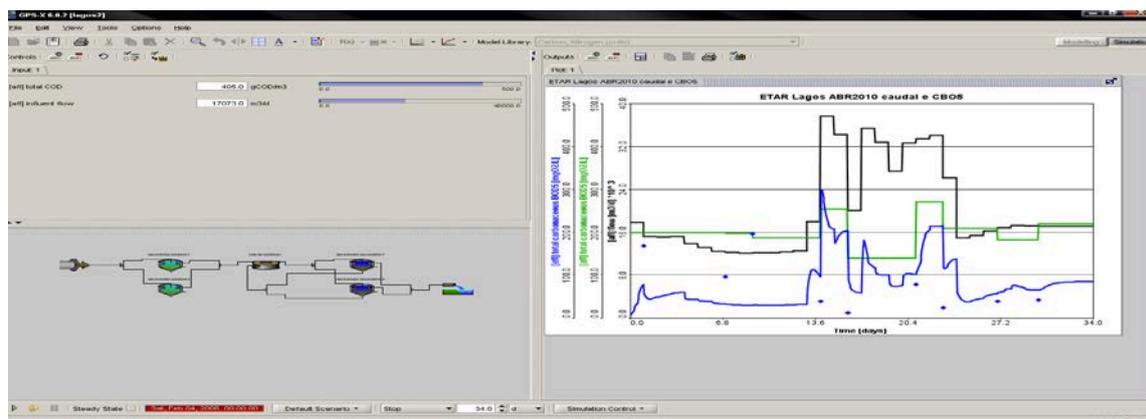
As chuvas intensas e as elevadas concentrações afluyentes afetam significativamente o desempenho do tratamento terciário de nitrificação/desnitrificação em termos da remoção do azoto, como se pode verificar no gráfico (Figura 4, gráfico da esquerda, linhas preta, encarnada e rosa). Quando se verificam picos de caudal à entrada (linha preta) ou de  $CBO_5$  afluyente (linha encarnada) é por vezes excedido (linha rosa) o valor limite de descarga em azoto total (o valor limite do DL 236/98 é de  $15 \text{ g N total}/\text{m}^3$ ).

Na Figura 5 é apresentada uma corrida do modelo desenvolvido para a ETAR de Lagos que inclui (à esquerda em cima) os comandos alimentados a partir das bases com os dados reais do caudal e da carência bioquímica em oxigénio ( $CBO_5$ ) à entrada da ETAR de Lagos no mês de Novembro de 2010. Na Figura 5 inclui-se (à esquerda em baixo) uma representação esquemática do modelo construído no GPS-X, baseada no modelo configurado da ETAR com duas linhas de tratamento em paralelo de tratamento primário, uma vala de oxidação e dois decantadores secundários. Apresentam-se (à direita) os resultados gráficos da corrida do modelo com o caudal e a da  $CBO_5$  à entrada da ETAR, e  $CBO_5$  no efluente tratado. A linha azul corresponde aos valores de  $CBO_5$  na água tratada calculados pelo modelo que se ajustam relativamente bem aos valores reais correspondentes (pontos azuis discretos) obtidos a partir dos valores medidos no efluente tratado.



**Figura 5 : Resultados do ajustamento do modelo aos valores reais correspondentes à  $CBO_5$  à entrada e à saída da ETAR de Lagos, Algarve, Portugal (Novembro de 2010).**

Na Figura 6 é apresentada uma outra corrida do modelo desenvolvido para a ETAR de Lagos, no mês de Abril de 2010, numa situação de entrada de água salina resultando numa concentração média de cloretos à entrada da ETAR superior a  $5000 \text{ mg CL}/\text{l}$ . Foi neste mês de Abril de 2010 que os rendimentos médios de remoção da carência bioquímica em oxigénio ( $CBO_5$ ) foram os mais baixos do ano, com valores de 64%, muito inferiores ao valor médio anual de 80%. Neste caso o modelo não se ajusta muito bem aos valores reais (ver linha azul e pontos azuis discretos) sendo necessário modificar o modelo matemático associado à simulação dinâmica, incorporando as equações que traduzam o efeito inibidor dos cloretos no tratamento biológico.



**Figura 6: Resultados do ajustamento do modelo aos valores reais e da CBO<sub>5</sub> na ETAR de Lagos, Algarve, Portugal (Abril de 2010) numa situação de entrada de água salina.**

## CONCLUSÕES

Com base no trabalho realizado, concluiu-se que a aplicação de instrumentos de modelação dinâmica em sistemas de tratamento de águas residuais pode vir a contribuir para ajudar a compreender como é que o funcionamento das ETAR pode ser afetado pelas alterações climáticas.

A modelação integrada no GPS-X apresenta potencialidades como instrumento de apoio à gestão das ETAR em particular para as tomadas de decisão que melhorem o respectivo desempenho, face a alterações da temperatura, de aflúências decorrentes de novos padrões de pluviosidade e de entrada de água salina devido a subida do nível do mar.

Verificou-se que, nos casos de estudo, a utilização de modelos de simulação dinâmica, podem constituir uma boa ferramenta de trabalho, no sentido da avaliação dos possíveis impactos das alterações climáticas no respetivo desempenho.

Verificou-se que o sistema de tratamento da ETAR do Freixo encaixa variações de qualidade e quantidade significativas, sem prejudicar as eficiências de remoção de sólidos suspensos totais e de matéria orgânica, mas é bastante sensível a variações de caudal e de carga orgânica afluentes, em termos da remoção de azoto.

Na ETAR de Lagos quando ocorrem fenómenos de precipitação muito intensa, com grandes variações do caudal médio afluente, é também afetada significativamente a eficiência do tratamento, quer no que respeita à remoção dos sólidos suspensos totais, quer no que respeita à remoção da carência bioquímica de oxigénio.

A presença de elevadas concentrações de cloretos no afluente à ETAR de Lagos prejudica o funcionamento da ETAR.

De futuro, será importante poder incorporar conhecimentos fornecidos por resultados de simulação, para apoiar a definição de estratégias de adaptação destes sistemas às alterações climáticas

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GUJER, W., HENZE, M. (1991). Activated Sludge Modelling and Simulation, *Water Science and Technology*, Vol. 23, No 4-6, pp. 1011-1023.
2. FERREIRA, F. (2006). *Modelação e Gestão Integrada de Sistemas de Águas Residuais*, Tese de Doutoramento em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico. Lisboa.
3. HENZE M., GUJER, W., MINO, T., VAN LOOSSDRECHT, M. (2002). *Activated Sludge Models ASM1, ASM2, ASM2d and ASM3*. IAW Scientific and Technical Report No 9, IAW, London.
4. HYDROMANTIS (2010). *GPS-X Technical Reference*. Hydromantis, Inc. Canada.