

## **SIMULAÇÃO DE UM CASO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES VINÍCOLAS**

**Brito, A.G., Melo, L.F.**

Univ. Minho, Dept. Engenharia Biológica, 4719 Braga Codex

### **1. INTRODUÇÃO**

Esta apresentação incide sobre o processo de instalação de uma unidade de tratamento de efluentes líquidos numa empresa vitivinícola. Para esse efeito e por forma a analisar alguns pontos essenciais nesse processo, configurou-se um caso de estudo de uma unidade industrial que é confrontada com a necessidade de fazer face à problemática do tratamento de efluentes.

### **2. INTRODUÇÃO E ENQUADRAMENTO GERAL DO PROBLEMA**

A base inicial de trabalho é constituída pelo seguinte caso:

A EMPRESA "HAJA SEDE", POSSUI UM CENTRO DE Prensagem para produção de vinho e/ou um centro de destilação. O espaço disponível no centro para a implantação de uma ETAR é limitado a 60-100 m<sup>2</sup>. As terras agrícolas envolventes são potencialmente inundáveis.

A "HAJA SEDE" encontra-se situada junto à ribeira Truta e a 1 km da aglomeração urbana de Vila Pipa, onde se encontra uma ETAR em funcionamento. A ETAR é do tipo lamas activadas média carga. O crescimento populacional na zona aconselha uma expansão da capacidade da ETAR.

A "HAJA SEDE" pretende ampliar a sua capacidade de produção e, nesse sentido, pretende candidatar-se no próximo ano a um fundo comunitário de apoio.

A instrução do processo requer pareceres positivos por parte da Câmara Municipal, do Ministério do Ambiente e do Ministério da Indústria.

A conclusão inicial foi simples: o projecto de expansão só poderá ser aprovado se a "HAJA SEDE" possuir um cadastro ambiental mínimo de acordo com o Dec. Lei 74/90. Presentemente, os efluentes da empresa são descarregados por um canal em superfície livre para a ribeira Truta.

**OBJECTIVO ESTRATÉGICO DA EMPRESA:**

**DEMONSTRAR QUE A EMPRESA CUMPRE AS NORMAS DE QUALIDADE  
LEGALMENTE PRECEITUADAS PARA A DESCARGA DE EFLUENTES**

**3. HIPÓTESES DISPONÍVEIS PARA A “HAJA SEDE”**

**CENÁRIO A - CONTINUAR A LANÇAR OS EFLUENTES NO RIO TRUTA?**

**ALGUNS ASPECTOS A PONDERAR**

DEC. LEI 74/90

CAUDAL DE ESTIAGEM vs CAUDAL DE INVERNO ----EIA DA DESCARGA

**CENÁRIO B - DESCARREGAR NO SISTEMA MUNICIPAL DE VILA PIPA?**

**ALGUNS ASPECTOS A PONDERAR:**

CUSTO DE TRANSPORTE (REDE DE DENAGEM, VEICULO CISTERNA)

NORMAS DE DESCARGA (DL 74/90, SDA, CM, MSB)

CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA MUNICIPAL E DO AFLUENTE

TAXA DE UTILIZAÇÃO

LAMAS MUNICIPAIS

**CENÁRIO C - CONSTRUIR UMA ETAR?**

**ALGUNS ASPECTOS A PONDERAR:**

OS DADOS BASE SÃO SUFICIENTES PARA A ELABORAÇÃO DO  
PROJECTO (CARACTERIZAÇÃO DE EFLUENTES, CADASTRO DA REDE,  
SEGREGAÇÃO)

HÁ RESTRIÇÕES ENDÓGENAS (PRAZOS, ESPAÇO DISPONÍVEL,  
FINANCIAMENTO - CUSTOS DE INVESTIMENTO, CUSTOS DE OPERAÇÃO -)?

HÁ RESTRIÇÕES EXÓGENAS (ZONA RESIDENCIAL, NORMAS DE  
DESCARGA)?

DEFINIÇÃO E PONDERAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE ADJUDICAÇÃO

EFICIÊNCIA

CUSTOS DE INVESTIMENTO

CUSTOS DE OPERAÇÃO

ASSISTENCIA TÉCNICA (LOCAL...)

ROBUSTEZ

SAZONALIDADE - arranque secundário/primário

OUTROS?  
CONTRATAR UM CONSULTOR (APPC)  
CONSTRUIR UMA ETAR COM OUTRAS EMPRESAS?

#### **4. FASES (NORMAIS) DE RESOLUÇÃO DO PROBLEMA**

##### **FASE I - AUDITORIA AMBIENTAL E ESTUDO BASE DO PROJECTO**

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL E DEFINIÇÃO DE OBJECTIVOS  
ESTUDO BASE DO SISTEMA  
ELABORAÇÃO DO CADERNO DE ENCARGOS  
Inclui, por exemplo  
DESCRIÇÃO DA UNIDADE FABRIL,  
CARACTERISTICAS DO EFLUENTE E OBJECTIVOS DE QUALIDADE  
FINAL  
NORMAS DE ELABORAÇÃO DAS PROPOSTAS  
CRITÉRIOS DE APRECIAÇÃO DE PROPOSTAS  
DEFINIÇÃO DO PROCESSO DE ADJUDICAÇÃO  
TERMOS DO CONTRATO

##### **FASE II - PROJECTO DE EXECUÇÃO**

CONCEPÇÃO  
EXECUÇÃO  
FORNECIMENTO DE EQUIPAMENTO  
(SERIE DE PREÇOS vs CHAVE NA MÃO)  
  
QUEM EFECTUA A FISCALIZAÇÃO  
RESPONSABILIDADE PELO ARRANQUE?

##### **FASE III - OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO**

RESPONSABILIDADE (EMPRESA OU CONSULTOR)  
MONITORIZAÇÃO  
ASSISTÊNCIA TÉCNICA

## 5. ELEMENTOS DE UMA AUDITORIA AMBIENTAL

### 1. RECOLHA DE DADOS E INFORMAÇÕES

REDE DE ÁGUAS E ESGOTOS  
INVENTÁRIO DOS PROCESSOS  
CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS EFLUENTES  
CARACTERIZAÇÃO DOS MEIOS RECEPTORES  
DISPOSIÇÕES LEGAIS APLICÁVEIS

### 2. ANÁLISE DE DADOS

### 3. MEDIDAS INTERNAS

### 4. RECOMENDAÇÕES

MEDIDAS PRELIMINARES  
INFORMAÇÃO SOBRE A EVENTUAL NECESSIDADE DE ETAR  
DESCRIÇÃO DE TIPOS DE ETAR APLICÁVEIS  
ESTIMATIVAS DE CUSTOS DE INVESTIMENTO E OPERAÇÃO

## 6. ALGUNS RESULTADOS DA AUDITORIA AMBIENTAL DA HAJA SEDE

No sentido de especificar alguns aspectos relacionados com o projecto da ETAR apresenta-se para discussão e análise dois exemplos reais.

### 6.1. Exemplo 1 - Caracterização de Efluentes

#### 1. EFLUENTE DE SETEMBRO A DEZEMBRO

PARÂMETRO	UNIDADES	VALOR
CAUDAL	m <sup>3</sup> /dia	100
CQO médio	kg/m <sup>3</sup>	16.7
extremo		14.7 -18.6
N-Total médio	kg/m <sup>3</sup>	204
extremo		86-321
P-Total médio	kg/m <sup>3</sup>	22
extremo		17-27
pH médio	-	2.8
extremo		2.7-2.9
SST médio	kg/m <sup>3</sup>	3.7
extremo		3.45-3.95

Temperatura?

COD filtrado ou não? BOD?

**2. EFLUENTE DE JANEIRO A JULHO**

**DESTILAÇÃO DO VINHO**

PARÂMETRO	UNIDADES	VALOR
CAUDAL	m <sup>3</sup> /s	100
CQO médio	kg/m <sup>3</sup>	18.3
extremo		13.6-27.5
N-Total médio	kg/m <sup>3</sup>	422
extremo		170-725
P-Total médio	kg/m <sup>3</sup>	53
extremo		21-92
pH médio	-	2.8
extremo		2.7-2.9
SS médio	kg/m <sup>3</sup>	0.6
extremo		0.5-0.7

**6.2. CARACTERIZAÇÃO SUMÁRIA DA RIBEIRA TRUTA**

Caudal - valor médio (l/s)	200
Caudal - valor de estiagem (l/s)	80
COD (mg/l)	20

Na vala de descarga perde-se por infiltração e/ou evaporação 0.1 l/s

**6.3. CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE MUNICIPAL DE VILA PIPA**

PARÂMETRO	UNIDADES	VALOR
CAUDAL	m <sup>3</sup> /dia	8000
CQO médio	kg/m <sup>3</sup>	0.600
N-Total médio	kg/m <sup>3</sup>	40.7
P-Total médio	kg/m <sup>3</sup>	10
pH médio	-	7.2
SS médio	kg/m <sup>3</sup>	0.12
COD:N:P		300:34:8

#### 6.4. Exemplo 2 - Caracterização de Efluentes

PARÂMETRO	UNIDADES	VALOR
CAUDAL		80l/hl mosto processado
CQO médio	kg/m <sup>3</sup>	5
N-Total médio	kg/m <sup>3</sup>	3
P-Total médio	kg/m <sup>3</sup>	21
pH médio	-	5.2

SS?

Nota: 3200 hl de mosto

Neste caso, o ribeiro Truta e o efluente municipal de Vila Pipa mantêm as suas características, conforme Quadro anterior.

#### 6.4. DEFINIÇÃO GERAL DO SISTEMA

- RESPOSTA ÀS SEGUINTEs QUESTÕES:

PODE-SE DESCARREGAR PARA O RIO TRUTA?

PODE-SE DESCARREGAR PARA O SISTEMA MUNICIPAL V. PIPA?

QUAL O GRAU DE EFICIÊNCIA NECESSÁRIA PARA A ETAR?

### 7. ASPECTOS GERAIS LIGADOS À CONCEPÇÃO GERAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

#### 7.1. PROCESSOS UNITÁRIOS

##### A. PRÉ-TRATAMENTO

REMOÇÃO DE SÓLIDOS

EQUALIZAÇÃO

NEUTRALIZAÇÃO

NUTRIENTES - COD:N:P

TEMPERATURA

##### B. SISTEMA

SISTEMA AERÓBIO

SISTEMA ANAERÓBIO

**C. PÓS-TRATAMENTO**

DECANTAÇÃO SECUNDÁRIA  
DESCARGA EM SISTEMA AERÓBIO

**D. LAMAS**

ARMAZENAMENTO  
ESPESSAMENTO, DESIDRATAÇÃO  
FERTILIZANTE  
DESCARGA FINAL

**7.2. ECONOMIA DA OBRA**

**i) CUSTOS DE INVESTIMENTO**

(CUSTOS EQUIVALENTES ANUAIS)

CONSTRUÇÃO CIVIL - 20 ANOS  
EQUIPAMENTO ELECTROMECHANICO - 10 ANOS

CUSTO DO REACTOR

CUSTO DO TRATAMENTO PRIMÁRIO E TERCIÁRIO

OUTROS CUSTOS

AQUISIÇÃO DO TERRENO, MOVIMENTO DE TERRAS, FUNDAÇÕES,  
EDIFÍCIO DE CONTROLO, LABORATÓRIO

**ii) CUSTOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO**

(ADICIONADOS NUMA BASE ANUAL AOS CUSTOS DE INVESTIMENTO)

CUSTOS/BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS (N. P.V)

GERAÇÃO DE VAPOR/ELECTRICIDADE POR UTILIZAÇÃO DE  
METANO CONSUMO DE ENERGIA PARA AREJAMENTO (AERÓBIO)

MANUTENÇÃO E RENOVAÇÃO

2% DOS CUSTOS DE CAPITAL

TRABALHO, SUPERVISÃO, CONSUMÍVEIS DE OPERAÇÃO E ANÁLISES

JUROS E DEPRECIÇÃO

15% DOS CUSTOS DE CAPITAL

PRODUÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL DE LAMAS

## 8. ANÁLISE SUMÁRIA DOS CASOS APRESENTADOS

### 8.1. EXEMPLO 1

#### SOLUÇÃO PROPOSTA - UASB

##### Considerações gerais:

- a descarga directa para o ribeiro Truta é inviável;
- a execução da ETAR na unidade industrial é desaconselhada face à eficiência necessária (admitindo que existiria espaço para a implantação, ver Nota 1). Poder-se-ia fazer um pós tratamento no sistema municipal, mas existem os problemas do elevado COD e da deficiência de nutrientes;

- o aumento da carga no processo de tratamento municipal não é aconselhado;
- a execução de um outro sistema de lamas activadas não é viável em termos económicos (ver NOTA 1 - valor de COD ou caudal - arejamento e lamas);

Em consequência, atendendo aos teores de COD, nutrientes e caudal, sugere-se a execução do colector de ligação entre a unidade industrial e a ETAR municipal, com construção de um sistema UASB, efectuando-se a diluição com o efluente doméstico. A afinação do efluente será efectuada no sistema de lamas activadas existente. Este sistema poderá permitir operar o sistema municipal de lamas activadas a baixa carga, com as consequentes vantagens.

O espaço ocupado por um sistema UASB é reduzido. Uma eventual sazonalidade de operação não é problema.

##### Estudo base

- COD elevado (mas o COD<sub>f</sub> não é conhecido) e um caudal médio-baixo.
- Custos de energia e deposição de lamas
- Forte deficiência de nutrientes (COD:NP: anaeróbio (o mais modesto) 300:6:1 - 1000:7:1 - 1000:11:2) ou análise de rendimento celular
- Eficiência para descarga directa no Ribeiro Truta = 99%

##### Diluição com efluente municipal:

Factor de diluição 1:6, devido ao grau de eficiência previsto (desejado) e ao balanço nutricional

COD<sub>in</sub>=3.1 kg/m<sup>3</sup>

Q=600 m<sup>3</sup>/dia

(alternativa? diluir menos(difícil...), adicionar solução de nutrientes comercial

T=30°C (balanço energético a confirmar)

pós tratamento no sistema aeróbio:

eficiência para COD out=0.6 kg/m<sup>3</sup>, eficiência de 80%, ok

Bv para efluentes não acidificados 8-12 (adopta-se o menor valor como factor de segurança)

reactor UASB V = 250 m<sup>3</sup>,

obra de entrada, gradagem de sólidos,

tanque de equalização e neutralização,

armazenamento de gás

decantador primário (presumindo sólidos)

i) Estimativa geral dos custos de investimento

movimento de terras, fornecimento, assentamento da tubagem de ligação entre a unidade industrial e a zona da ETAR Municipal

execução de reactor UASB 250 m<sup>3</sup>, incluindo construção civil, edifício de controlo, laboratório

obra de entrada - medição do caudal, gradagem automática, (decantador?) equalização /neutralização e acessórios

armazenamento de gás, secagem, queimador, válvula corta-chama e acessórios

Total: 200 000 000\$00 - 250 000 000\$00

ii) Estimativa geral dos custos de operação

A. Custos / benefícios energéticos:

Produção bruta de gás - Perdas no efluente - Consumo de COD pela biomassa  
Total líquido: 332 m<sup>3</sup>/dia (PTN)

Admitir rendimento kWh por m<sup>3</sup>CH<sub>4</sub> (PTN)

não despesa ou lucro - 15\$00 (...) /kWh

Investimento para aquisição e montagem de gerador, permutador e restante -

aquecimento do efluente e reactor

temperaturas do ar e da água, optimização necessidades/ disponibilidades

B. Outros custos:

manutenção

operação, reagentes e custos do trabalho

taxa inflação e taxa de juro - NPV para avaliação da rendibilidade do projecto

NOTA 1: A instalação de um sistema aeróbio tipo lamas activadas com  $B_v = 1.5$  e  $h = 2m$  ocuparia uma área de 600 m<sup>2</sup>. Os custos de energia para arejamento e mistura podem ser estimados em cerca 8 000 000\$00 (15\$00/kWh, operação de 8 meses/ano). A produção e tratamento de lamas seria uma outra questão....

NOTA 2: Cuidado na aceitação dos pressupostos...

## **8.2 EXEMPLO 2**

### **SOLUÇÃO PROPOSTA - Ae.S.B.R. (RAeBS)**

#### **Considerações gerais:**

- O valor de COD é médio,
- o caudal a tratar é reduzido e a sua produção faz-se apenas durante dois meses.
- o espaço disponível para a implantação da ETAR não é muito, mas poderá haver possibilidade de construção a cota inferior à do solo.
- os terrenos agrícolas inundáveis desaconselham o espalhamento no solo.

#### **Estudo base**

Q a tratar =  $3200 \cdot 80 \cdot 0.001 = 280 \text{ m}^3$  por campanha -  $V = 280 \text{ m}^3$   
(Nota: A diminuição do consumo de água por hl de mosto é favorável...)

Execução de cuba enterrada, betão armado com revestimento com resina epoxy  
(16\*5.8\*6)  
(Nota: uma só cuba, mas poderiam ser duas...ou três)

Gradagem manual  
Correcção de pH  
2 bombas de transfega  $Q=30\text{m}^3/\text{h}$  (uma de reserva)

O ciclo de arejamento e decantação deve ser previamente estimado admitindo uma cinética adequada e um fluxo pistão, mas pode ser (deve ser) afinada in situ - 20 h/dia no início.  
Arejamento por hidrojéctor (2-3kg/h)

temperatura - 30°C

eficiência de 95% - a ver as implicações

produção de espumas  
efeito tóxico de nitritos  
arranque preferencial com sementeira

#### **i) Estimativa geral dos custos de investimento**

Projecto, construção civil e equipamento electromecânico pronto a funcionar  
Total: 30 000 000\$00 - 50 000 000\$00

#### **ii) Custos de operação**

Total: 300 000\$00