

III SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
(SILUBESA)

TEMA 2

SISTEMAS DE COLECTA, TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL DOS ESGOTOS

ECONOMIA DE ENERGIA NA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESI-
DUAIS DE PARADA E O PROGRAMA VALOREN

Lepoldo Poole da Costa
Engenheiro na PROCESL - Engenharia Hidráulica e Ambiental, Lda.

David Pereira
Engenheiro na PROCESL - Engenharia Hidráulica e Ambiental, Lda.

R E S U M O

A presente comunicação expõe em que enquadramento legislativo e em que moldes técnicos foi elaborado o estudo visando o aproveitamento do biogás a produzir na Estação de Tratamento de Águas Residuais de Parada, no Concelho da Maia. Expõe-se igualmente em que âmbito foi apresentada a candidatura à contribuição do programa das Comunidades Europeias, conhecido como Programa VALOREN. São apresentadas as conclusões finais do estudo de viabilidade económica, acompanhadas de quadros de custos/benefícios relativos às diversas alternativas técnicas estudadas.

1 - INTRODUÇÃO

Visando o usufruto da contribuição prevista no artº 4º do Regulamento (CEE) nº 3301/86 do Conselho, de 27 de Outubro de 1986, que instituiu o programa comunitário, conhecido como Programa VALOREN, a autarquia da Maia, decidiu encomendar um estudo de viabilidade económica relativo à economia de energia na Estação de Tratamento de Águas Residuais de Parada.

A contribuição do programa comunitário citado situa-se, no caso presente, a dois níveis:

- estudo da viabilidade da economia energética.
- investimento relativo à produção e à transformação de energia, incluindo as ligações à rede de distribuição, tais como a "instalação de aparelhagem que permita recuperar a energia contida na biomassa".

Elaborado esse estudo foi apresentada a candidatura ao VALOREN.

Em face das conclusões do mesmo foi essa candidatura aceite, pelo que se passou à elaboração do Projecto de Execução.

Na elaboração do estudo de viabilidade foi tida em conta a legislação em vigor respeitante à qualidade do "auto-produtor". Essa legislação mantém-se no essencial neste momento. Alterações que venham eventualmente a efectuar-se a este estatuto, poderão comprometer, parcial ou totalmente, não só o estudo de viabilidade, como, eventualmente, as próprias conclusões. É importante frisar este aspecto pois que a qualidade do auto-produtor esteve na base da opção tomada relativa às alternativas técnicas possíveis. Julgamos no entanto que a legislação a sair não restringirá esse estatuto, mas tenderá sim a ampliá-lo e a defini-lo melhor.

O Decreto-Lei nº 20/81, de 28 de Janeiro, do Ministério da Indústria e Energia, estabelece medidas de incentivo à auto-produção de energia eléctrica, definindo as condições técnicas a observar na ligação dos geradores do auto-produtor à rede de distribuição.

Para o estudo de viabilidade técnico-económica foram fundamentais os artigos constantes do CAPÍTULO I (Aquisição e perda da qualidade do auto-produtor), do CAPÍTULO II (Direito do auto-produtor) e do CAPÍTULO III (Condições de Venda de Energia). Segundo este Decreto-Lei, o reconhecimento da qualidade do auto-produtor depende do requerimento do interessado, apresentado com o respectivo estudo técnico-económico. O reconhecimento da qualidade do auto-produtor é da competência da Direcção-Geral de Energia, sob parecer da Electricidade de Por

tugal (EDP). Não pode ser considerado auto-produtor, para os efeitos previstos no referido Decreto-Lei, quem pretenda utilizar recursos energéticos, resíduos ou subprodutos de qualquer origem, industrial, florestal, agrícola, urbana ou outra, que sejam susceptíveis de utilização mais racional, quer para o processo principal de fabrico, quer para outro fim.

É reconhecido ao auto-produtor o direito de produzir energia eléctrica para consumo próprio e o direito de ligar os seus geradores eléctricos à rede nacional ou regional, transferindo, por venda, para a rede, energia eléctrica auto-produzida, sempre que tecnicamente seja possível a sua absorção. Finalmente a entidade exploradora da rede a que os geradores do auto-produtor se encontram ligados não pode deixar de receber energia do auto-produtor, salvo acordo deste ou razões justificáveis de ordem técnica.

Como legislação adicional, a Lei nº 21/82, de 28 de Julho fixa as condições gerais a observar para a produção e distribuição independente de energia eléctrica, nomeadamente quanto às fontes de energia a utilizar e à rede de distribuição. Entretanto, já depois de efectuado o estudo de viabilidade técnico-económico a Assembleia da República concede poderes ao Governo para legislar sobre esta questão através da Lei nº 34/88 de 2 de Abril.

2 - DESCRIÇÃO GERAL DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO

A Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) de Parada, localiza-se na margem esquerda do rio Leça, encontrando-se em fase de construção e servindo a seguinte população equivalente:

1990	139 000 hab.
1995	159 520 hab.
2015	234 610 hab.

Os caudais característicos da instalação são os constantes do Quadro I.

QUADRO I
Caudais característicos da instalação

	1990	1995	2015
Caudal médio diário total (doméstico + industrial) (m ³ /d)	16 470	18 433	32 480
Caudal de ponta total (L/s)	457	512	924

O sistema de tratamento é um sistema biológico por lamas activadas convencionais. De uma forma genérica o tratamento da fase líquida consiste em três fases fundamentais:

- tratamento preliminar (gradagem e desarenação)
- tratamento primário (decantação)
- tratamento secundário (lamas activadas).

Relativamente à fase de lamas, as etapas de tratamento são as seguintes:

- espessamento prévio
- estabilização anaeróbia
- desidratação.

Reportando-nos essencialmente à economia de energia nesta Estação de Tratamento, assume particular importância, de entre todas as fases do tratamento, a estabilização das lamas (fase "sólida"). Nos decantadores primários são reunidas as lamas em excesso, provenientes do decantador secundário do tratamento biológico, às lamas primárias, com origem na separação sólido-líquido que tem lugar nos próprios órgãos. Estas lamas mistas, constituídas por sólidos orgânicos e minerais e uma grande percentagem de água, necessita de ser tratada com vista não só à redução da sua putrescibilidade como também a uma redução do seu volume, por forma a que possam ser mais facilmente acondicionados e colocados no seu destino final. Daqui a necessidade das três fases de tratamento das lamas já citadas.

Com o espessamento prévio, consegue-se uma primeira redução da percentagem de água, o que origina uma redução no seu volume e no seu peso total. A estabilização das lamas, com a conseqüente redução do teor de sólidos voláteis, consegue-se através da chamada digestão, efectuada em digestores aquecidos. Numa primeira fase existirão três digestores, sendo o seu número aumentado para quatro numa segunda fase.

O objectivo da digestão das lamas é mineralizar a biomassa e substrato remanescente, promovendo a sua degradação. Não vamos aqui explicar os fenómenos presentes nesta degradação, por sair fora do âmbito da presente comunicação, mas é importante frisar que este processo de degradação é mais rápido se as lamas a degradar forem aquecidas a uma temperatura que se situe à volta dos 30 - 35°C. No caso da ETAR de Parada admitiu-se uma temperatura média de funcionamento dentro dos digestores de 32,5°C, o que é conseguido através de permuta de calor por água aquecida.

Um dos produtos finais da digestão é o denominado biogás, de grande valor energético.

A economia de energia na ETAR de Parada visa exactamente o aproveitamento deste gás para a geração de calor e de energia eléctrica. O biogás é composto essencialmente por gás metano (65 - 70%) e por anidrido carbónico (35 - 30%).

As lamas digeridas ficam com uma percentagem de sólidos reduzida, já que os sólidos são parcialmente removidos. Há pois que proceder à sua consolidação, incrementando um pouco o processo de estabilização. Assim faz-se passar o efluente proveniente dos digestores aquecidos por dois digestores não aquecidos (digestores secundários).

A etapa final do tratamento das lamas é constituída pela sua desidratação efectuada através de filtros de banda. Desta forma consegue aumentar-se até valores entre os 30 e os 40% o teor dos sólidos das lamas.

3 - OBJECTIVOS A ATINGIR

A economização de energia no caso da ETAR de Parada tem como objectivo geral diminuir ou anular a "importação" de energia, seja ela de que tipo fôr.

Como consumidores de energia na ETAR teremos:

- motores eléctricos
- iluminação interior, exterior e tomadas
- aquecimento das lamas no processo de digestão aquecida, já referida.

Como fonte de energia na ETAR temos o biogás produzido na digestão aquecida.

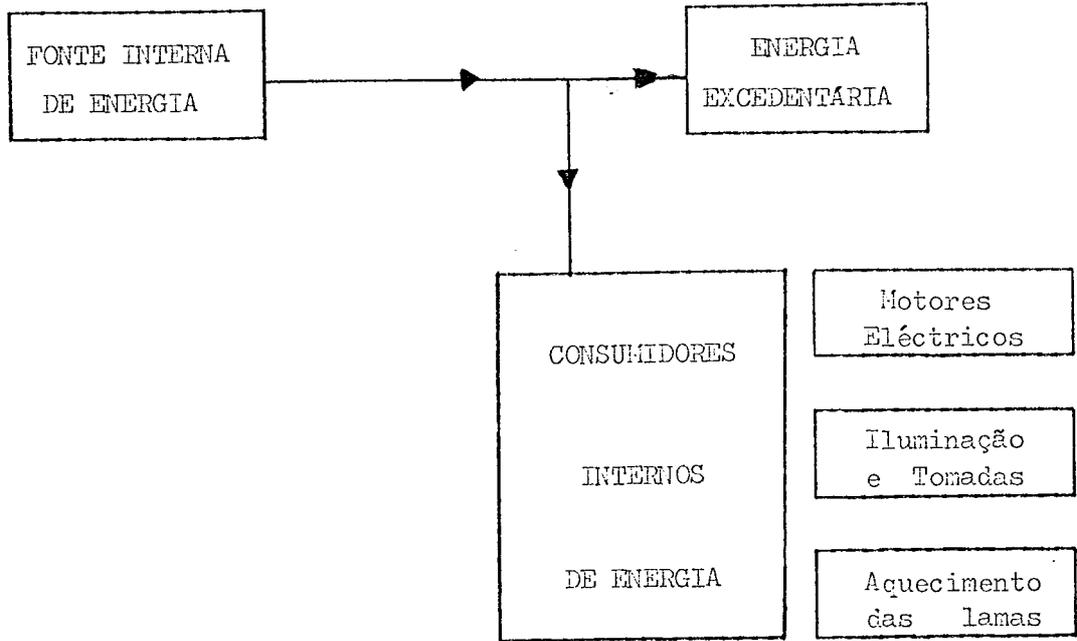
Finalmente, a fonte de energia exterior é constituída pela rede eléctrica da EDP.

Basicamente, duas situações podem acontecer:

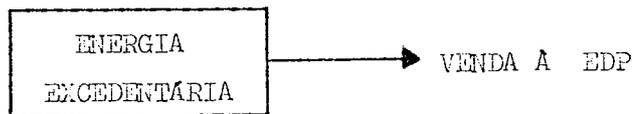
- 1) a energia produzida na ETAR é suficiente para satisfazer todos os consumidores internos e então a ETAR é auto-suficiente em energia, sem produção de energia excedentária
- 2) a energia produzida na ETAR é insuficiente para satisfazer todos os consumidores e então a ETAR tem de "importar" energia da EDP.

As duas situações são representadas em diagramas seguintes:

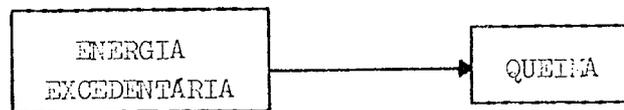
1.



1. a)



1. b)



2.

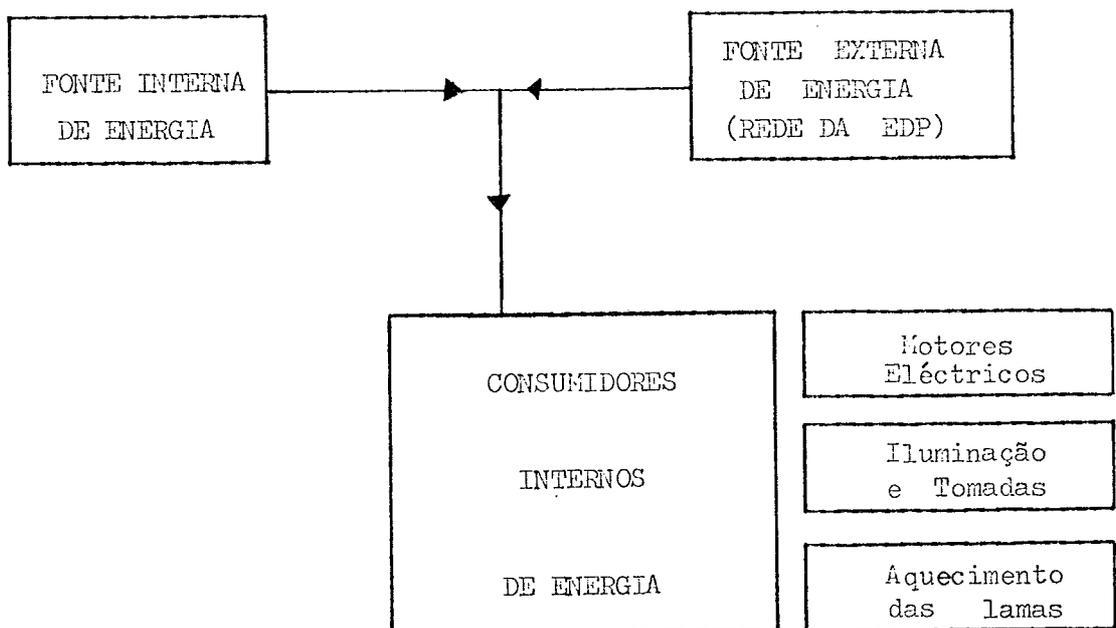


FIGURA 1

Balço energético entre as energias produzida e consumida - diagrama de blocos

No primeiro caso a energia excedentária poderá ser vendida, sob a forma de energia eléctrica à EDP, ou poderá ser queimada, sob a forma de biogás.

Assim,houve que estudar, em primeiro lugar, em qual das duas situações base cai a ETAR de Parada. Será ela autosuficiente em termos energéticos? Obtida a resposta a esta questão houve que avaliar, em termos económicos:

- 1º da viabilidade do aproveitamento da energia do biogás para aplicação no consumo interno
- 2º da viabilidade da venda da energia excedentária, à EDP. Caso esse aproveitamento e/ou sua venda não apareçam como rentável, haverá que queimar o biogás excedentário, para que possa ser lançado na atmosfera.

4 - BALANÇO ENERGÉTICO QUANTITATIVO

Tendo em mente o exposto no capítulo anterior, far-se-á um balanço energético.

4.1 - FONTE INTERNA DE ENERGIA (BIOGÁS)

O gás produzido na digestão das lamas traduz-se nas seguintes quantidades (m³/dia):

1990	3 354
1995	3 903
2015	5 746

Daqui resulta uma energia calorífica disponível, a partir do biogás, apresentada no Quadro II.

QUADRO II

Energia calorífica disponível a partir do biogás

	10 ³ × MJ/d	MWh/d
1990	75,1	21
1995	87,5	24,3
2015	128,8	35,8

4.2 - CONSUMIDORES INTERNOS DE ENERGIA

Como se disse, os consumidores internos de energia são os seguintes:

- Aquecimento das lamas para digestão
- Motores Eléctricos
- Iluminação e Tomadas

Analisemos cada um deles sob o ponto de vista energético:

4.2.1 - Aquecimento das lamas para digestão

As energias caloríficas totais necessárias para o aquecimento das lamas são as que se apresentam no Quadro III.

QUADRO III

Energias caloríficas totais necessárias para o aquecimento das lamas

	INVERNO		VERÃO	
	$\times 10^3$ MJ/d	MWh/d	$\times 10^3$ MJ/d	MWh/d
1990	7,7	2,1	5,3	1,5
1995	8,7	2,4	6,0	1,77
2015	12,3	3,4	8,5	2,36

Para a elaboração do Quadro III considerou-se uma produção de gás de $0,625 \text{ m}^3$ de gás/kg de lama, uma energia de gás de $22\,500 \text{ kJ/m}^3$ de gás produzido, e um calor específico das lamas de $4\,200 \text{ kJ/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$.

4.2.2 - Motores, iluminação e tomadas

As potências eléctricas na ETAR de Parada são aproximadamente as constantes do Quadro IV.

QUADRO IV

Potências eléctricas na ETAR (kW)

	FORÇA ELECTROMOTRIZ	ILUMINAÇÃO E TOMADAS	TOTAIS
1995	540	27	567
2015	675	27	702

Face às potências constantes do Quadro IV e ao número de horas de funcionamento diário dos motores e da iluminação e tomadas, teremos as exigências energéticas diárias constantes do Quadro V, expressas em MWh.

QUADRO V

Exigências energéticas diárias devidas a
motores, iluminação e tomadas (MWh)

	1995	2015
Motores	8	10,05
Iluminação e tomadas	0,162	0,162
Totais	8,162	10,212

4.3.3 - Balanço energético

Atendendo aos valores constantes do Quadro V e adoptando um rendimento da transformação de energia calorífica em energia eléctrica de 32%, teremos as energias caloríficas mencionadas no Quadro VI necessárias à produção das energias eléctricas constantes do Quadro V.

QUADRO VI

Energias caloríficas adstritas à produção das energias eléctricas consumidas na ETAR

ANOS	MWh/dia	MWh/ano
1990	25,50	9307,5
1995	25,50	9307,5
2015	31,91	11647,15

Face aos valores constantes deste Quadro e do Quadro III (Energias necessárias ao aquecimento das lamas), e no caso de não haver produção de calor em regime de co-geração, os consumos energéticos totais na ETAR de Parada são os constantes do Quadro VII.

QUADRO VII

Consumos energéticos totais (MWh/dia)

ANOS	INVERNO	VERÃO
1990	27,6	27
1995	27,9	27,27
2015	35,31	34,27

Face aos valores constantes dos Quadros VII e II, constata-se que na pior das hipóteses, as disponibilidades energéticas obtidas a partir do biogás a produzir na ETAR de Parada são as constantes do Quadro VIII.

QUADRO VIII

Disponibilidade energética diária (MWh)

(sem co-geração de calor)

	VERÃO	INVERNO
1990	- 6,00	- 6,60
1995	- 2,97	- 3,60
2015	+ 1,53	+ 0,49

Temos pois a resposta à primeira questão: a ETAR de Parada produzirá energia suficiente para entre 1995 e 2015 fazer face às necessidades energéticas internas. Tem pois possibilidade de ser autosuficiente. Avaliou-se então a partir daqui a rentabilidade do aproveitamento da energia produzida para se tornar a ETAR autosuficiente e da rentabilidade da eventual venda da energia excedentária à EDP.

5 - ALTERNATIVAS TÉCNICAS

Na consideração das alternativas técnicas conducentes ao aproveitamento total ou parcial da energia do biogás produzido na ETAR de Parada teve-se em conta a possibilidade que as novas tecnologias nos oferecem de se poder aproveitar a produção de energia eléctrica para a produção simultânea de energia calorífica. Este fenómeno, conhecido como co-geração, pode dispensar-nos de gastarmos biogás na produção exclusiva de energia calorífica para o aquecimento das lamas, se houver produção de energia eléctrica a partir do biogás produzido na ETAR.

Assim sendo, a produção de energia eléctrica será mais rentável, já que, em simultâneo, há geração de energia calorífica que pode eventualmente cobrir as necessidades energéticas do aquecimento de lamas.

Face ao que atrás se deixa dito, e aos valores energéticos encontrados, cinco alternativas técnicas foram estudadas:

- a) Aproveitamento do biogás em regime de co-geração, apenas com o objectivo principal do aproveitamento do calor assim gerado para o aquecimento das lamas, fazendo-se o aproveitamento da energia eléctrica resultante no accionamento de motores eléctricos na Estação de Tratamento. O gás excedente seria queimado. Esta solução implica a aquisição de três grupos geradores de 50 KW, necessitando-se de dois até ao ano de 1995.
- b) Aproveitamento do gás necessário para a obtenção da energia eléctrica que permitisse a alimentação de toda a Estação de Tratamento, decorrendo o aquecimento das lamas do regime de co-geração. O excedente de gás seria queimado.
- c) Aproveitamento de todo o gás produzido na Estação de Tratamento, para produção de energia eléctrica, sendo uma parte desta aplicada na alimentação da Estação de Tratamento e a outra vendida à Electricidade de Portugal. O aquecimento das lamas seria obtido por co-geração.

Esta solução implica a aquisição de 3 grupos geradores de 175 KW, necessitando-se apenas de dois, praticamente até ao horizonte da obra.

- d) Aproveitamento de todo o gás produzido na Estação de Tratamento, assim dividido:
- uma parte para alimentação dos queimadores das caldeiras de aquecimento das lamas;
 - a parte restante na produção de energia eléctrica, da qual o excedente em relação às necessidades energéticas da Estação de Tratamento de Parada seria vendido à Electricidade de Portugal.

Esta solução implica a aquisição de três grupos de 150 KW, dos quais dois serão suficientes até ao ano de 1995.

- e) Aproveitamento do gás conforme a solução anterior, porém com produção de energia eléctrica adequada às necessidades energéticas da Estação de Tratamento. O gás excedente seria queimado.

Esta solução exige os mesmos grupos geradores da alternativa d), uma vez que não existe praticamente gás sobranete.

Como se vê as alternativas a), b) e c) passam pela adopção de co-geração. As alternativas a), b) e e) requerem a queima do gás excedente. A alternativa c) é a mais completa, mas, obviamente, requer maiores investimentos. A alternativa d) constitui uma aproximação da solução representada pela alternativa c), requerendo menores investimentos, mas desperdiçando o calor produzido nos motores dos grupos geradores.

Do ponto de vista técnico a alternativa b) não foi considerada pelo facto de as necessidades energéticas para o aquecimento das lamas serem praticamente constantes ao longo das 24 horas do dia, enquanto as necessidades energéticas para accionamento dos motores o não são. Assim, ocorreriam situações, nomeadamente durante as horas da noite, em que não existiria produção do calor de co-geração, por não haver produção de energia eléctrica.

Desta forma apenas quatro alternativas foram comparadas. É um facto importante a ter em conta que a Electricidade de Portugal é obrigada à compra da energia produzida pelos denominados auto-produtores, desde que estes o pretendam. Assim, na análise das alternativas, é facto assente que a EDP não poderá nunca inviabilizar qualquer solução que passe pela venda da energia eléctrica eventualmente produzida na Estação de Tratamento de Águas Residuais de Parada àquela empresa pública. Contudo, todos os encargos de estabelecimento dessa produção correrão por conta do auto-produtor.

6 - COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS TÉCNICAS

Os benefícios energéticos anuais respeitantes a cada uma das alternativas técnicas mencionadas em 5, são os constantes dos Quadros IX, X, XI e XII.

QUADRO IX

Benefícios energéticos anuais respeitantes à alternativa a)

	ENERGIA PARA AQUECIMENTO DAS LAMAS	ENERGIA ELÉCTRICA DISPONÍVEL PARA UTILIZAÇÃO NA ETAR
1990	766 500 kWh	252 288 kWh
1995	876 000 kWh	280 320 kWh
2015	1 241 000 kWh	420 480 kWh

QUADRO X

Benefícios energéticos anuais respeitantes à alternativa c)

	ENERGIA PARA AQUECIMENTO DAS LAMAS	ENERGIA ELÉCTRICA PRODUZIDA PARA UTILIZAÇÃO NA ETAR	IMPORTAÇÃO/EXPORTAÇÃO DE ENERGIA ELÉCTRICA
1990	766 500 kWh	2 452 800 kWh	- 526 330 kWh
1995	876 000 kWh	2 838 240 kWh	- 140 890 kWh
2015	1 241 000 kWh	4 181 440 kWh	+ 454 060 kWh

QUADRO XI

Balanço importação/exportação de energia eléctrica respeitante à alternativa d)
(MWh/d)

	INVERNO	VERÃO	ANO
	MWh/d	MWh/d	kWh/ano
1990	- 2,11	- 1,92	- 719 700
1995	- 1,15	- 0,95	- 372 000
2015	+ 0,16	+ 0,48	+ 124 800

Nota: Para efeito do cálculo do balanço anual anterior consideraram-se 6 meses de Inverno e 7 de Verão.

QUADRO XII

Energia excedentária, a ser queimada, respeitante à alternativa e)
(MWh/d)

	INVERNO	VERÃO
1990	-	-
1995	-	-
2015	0,5	1,5

7 - INVESTIMENTO A REALIZAR

Os investimentos a realizar dizem respeito a:

- a) equipamento de transformação da energia calorífica do biogás em energia eléctrica (grupos geradores com motor a gás).
- b) equipamento de co-geração, quando fôr caso disso (alternativas a) e c)).
- c) instalações eléctricas.
- d) tubagens e acessórios.
- e) edifício para alojamento dos grupos geradores e do equipamento de co-geração.

O escalonamento previsto para as aquisições dos equipamentos citados ao longo do período de vida útil da instalação é o que se apresenta no Quadro XIII.

QUADRO XIII

Escalonamento das aquisições e investimentos

Anos	GRUPOS GERADORES		EQUIPAMENTO DE CO-GERAÇÃO		TUBAGENS E ACESSÓRIOS		EDIFÍCIO		INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS	
	Quantidades (unidades)	Anos	Quantidades (unidades)	Anos	Anos	Quantidades (conjunto)	Anos	Quantidades	Anos	Quantidades (conjunto)
1990	2	1990	2	1990	1990	1	1990	1	1990	1
1995	1	1995	1	1995	1995	-	1995	-	1995	-
1998	2	1998	-	1998	1998	-	1998	-	1998	-
2003	-		3	2003	2003	1	2003	-	2003	1/2
2007	3		-	2007	2007	-	2007	-	2007	-

O escalonamento apresentado obedece a considerandos de ordem técnica que não cabe aqui detalhar.

Os consequentes investimentos a efectuar durante o período de vida útil da instalação serão então aproximadamente os constantes do Quadro XIV.

8 - ENCARGOS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Consideraram-se encargos de operação relativos a:

- lubrificantes
- filtros

A manutenção mecânica foi estimada na base da fórmula:

$$Mh = \frac{KVo}{1000}$$

sendo: Mh - custo horário da manutenção

Vo - valor inicial do motor

K - factor situado entre 0,06 e 0,08

Deste modo, face às alternativas estudadas, teremos os encargos de operação e manutenção constantes do Quadro XIV.

QUADRO XIV

Investimentos a efectuar (em 1 000 Esc.)

ALTERNATIVAS	GRUPOS GERADORES	REQUISITO DE CO-FINANÇAMENTO	TUTAGENS E ACESSÓRIOS	EDIFICIO	I. P.	TOTAIS
a)	28 000	1 320	1 000	2 000	990	33 310
c)	129 600	7 200	1 000	2 500	800	141 100
d)	124 000	-	1 000	2 500	735	128 235
e)	124 000	-	1 000	2 500	600	128 100

QUADRO XV

Encargos de operação e manutenção
(1000 Esc.)

ALTERNATIVAS	PERÍODO DE 1990 A 1998		PERÍODO DE 1998 A 2015		TOTAL 1990-2015
	Annual	No período	Annual	No período	
Alternativa a)	8 323,7	66 589,6	12 485,6	212 255,2	278 844,8
Alternativa c)	8 339,5	66 716,0	12 509,3	212 658,1	279 374,1
Alternativa d)	8 337,8	66 702,4	12 506,7	212 613,9	279 316,3
Alternativa e)	8 334,3	66 674,4	12 500,1	212 501,7	279 176,1

9 - BENEFÍCIOS A AUFERIR

Os benefícios a auferir com o aproveitamento do biogás situam-se a dois níveis:

- energia calorífica do aquecimento das lamas;
- energia eléctrica.

Relativamente à energia calorífica de aquecimento ela será obtida, em qualquer dos casos, a partir do biogás. Deste modo para efeito de comparação das quatro alternativas técnicas, a obtenção da energia necessária ao aquecimento das lamas, a partir do biogás, não será considerada.

Os benefícios a comparar entre as alternativas técnicas reportam-se pois à energia eléctrica, havendo dois casos a considerar:

- energia eléctrica necessária aplicada no funcionamento dos motores eléctricos, iluminação e tomadas na ETAR, e que portanto deixa de ser comprada à Electricidade de Portugal;
- energia eléctrica excedentária em relação às necessidades da ETAR e que eventualmente ser vendida à Electricidade de Portugal.

Do estudo das diferentes alternativas mencionadas, podemos construir o Quadro XVI, referente ao balanço de energias co-geradas, compradas e vendidas.

Relativamente aos preços de compra e venda de energia eléctrica, partiu-se das seguintes bases:

1ª - Compra da energia eléctrica à EDP a um preço de cerca de 10\$00/ kWh, em baixa tensão.

2ª - Distribuição de energia eléctrica da ETAR de Parada para a rede da EDP em média tensão, pelo que as taxas do kWh a aplicar pela EDP na compra dessa energia são as referentes à alta tensão.

3ª - Taxas reais do kWh em alta tensão:

- horas cheias	8\$52/kWh
- horas vazias	
. Novembro a Abril	6\$47/kWh
. Maio a Outubro	7\$46/kWh

4ª - Estabelecimento de uma taxa intermédia de 6\$97 para o kWh em alta tensão,

QUADRO XVI

Balanco de energias co-geradas, compradas e vendidas

ALTERNATIVAS	ANOS	ENERGIA ELÉCTRICA A SER APLICADA NA ETAR (kWh/ano)	ENERGIA ELÉCTRICA A SER COMPRADA À EDP (kWh/ano)	ENERGIA ELÉCTRICA A SER VENDIDA À EDP (kWh/ano)
Alternativa a)	1990	252 288	2 726 842	-
	1995	280 320	2 698 810	-
	2015	420 480	3 306 900	-
Alternativa c)	1990	2 452 800	526 330	-
	1995	2 838 240	140 890	-
	2015	4 181 440	-	454 060
Alternativa d)	1990	2 979 130	719 700	-
	1995	2 979 130	372 000	-
	2015	3 727 380	-	124 800
Alternativa e)	1990	2 979 130	719 700	-
	1995	2 979 130	372 000	-
	2015	3 727 380	-	-

durante as horas vazias.

5ª - Dado que nas alternativas técnicas envolvendo a produção de energia eléctrica para venda à EDP ela se verifique essencialmente durante as horas de vazio, adoptou-se para estas alternativas uma taxa de energia mais próxima da das horas vazias: 7\$40.

6ª - Para efeitos de estudo económico comparativo não se consideraram as taxas de potência.

Face a estas taxas e aos valores energéticos em jogo, os benefícios anuais auferidos nas diversas alternativas, serão os constantes do Quadro XVII, a preços de 1987.

Note-se que os balanços finais serão mais favoráveis se a contagem da energia comprada à EDP for feita em média tensão, onde se verificam as seguintes taxas de energia:

- horas cheias	9\$52
- horas vazias	7\$78

pelo que em vez de 10\$00/kWh, se poderia considerar um preço para o kWh de cerca de 9\$09.

10 - AValiação Económica Das Alternativas

As alternativas técnicas identificadas nos capítulos anteriores como tecnicamente válidas, qua foram as designadas por a), c), d) e e), careceram de ser avaliadas e comparadas economicamente com vista à tomada da decisão final em relação à opção tomada para a recuperação da bio-energia produzida na ETAR de Parada.

Com vista a esta comparação foram calculados os valores, para cada uma das quatro alternativas em estudo, dos seguintes parâmetros da sua avaliação económica:

- custos de investimentos iniciais e de substituição e seu escalonamento no tempo;
- encargos de energia a adquirir à EDP e seu escalonamento no tempo;
- encargos de operação e manutenção dos equipamentos e instalações de recuperação de energia e seu escalonamento no tempo;

QUADRO XVII

Benefícios anuais auferidos
(1000 Esc.)

ALTERNATIVAS	ANOS	ECONOMIAS RESULTANTES DA APLICAÇÃO DA AUTO-GERAÇÃO NA ETAR	PROVENTOS ADVENIENTES DA VENDA DE ENERGIA À EDP	TOTAL DOS BENEFÍCIOS	GASTOS COM ENERGIA COMPRADA À EDP	BALANÇO FINAL
Alternativa a)	1990	2 522,9	-	2 522,9	27 268,4	- 27 745,5
	1995	2 803,2	-	2 803,2	26 988,1	- 24 184,9
	2015	4 204,8	-	4 204,8	33 306,9	- 29 102,1
Alternativa c)	1990	24 528,0	-	24 528,0	5 263,3	+ 19 264,7
	1995	28 382,4	-	28 382,4	1 408,9	+ 26 973,5
	2015	41 814,4	3 360,0	45 174,4	-	+ 45 174,4
Alternativa d)	1990	29 791,3	-	29 791,3	7 197,0	+ 22 594,3
	1995	29 791,3	-	29 791,3	3 720	+ 26 071,3
	2015	37 273,8	923,5	38 197,3	-	+ 38 197,3
Alternativa e)	1990	29 791,3	-	29 791,3	7 197,0	+ 22 594,3
	1995	29 791,3	-	29 791,3	3 720,0	+ 26 071,3
	2015	37 273,8	-	37 273,8	-	+ 37 273,8

- valor do benefício resultante da auto-geração de energia na ETAR e seu escalonamento no tempo;
- valor do benefício resultante da venda de energia à EDP e seu escalonamento no tempo;
- saldo custos/benefícios e seu escalonamento no tempo;
- valor actualizado para 1987 do saldo custos/benefícios calculando as taxas de actualização de 6 %, 8 % e 10 %.

Os parâmetros referidos foram calculados para o período de 1990 a 2015.

Os resultados finais globais apresentam-se no Quadro XIX.

Os saldos custo/benefício a preços actualizados para 1987 são os constantes do Quadro XVIII.

QUADRO XVIII

Saldos custo/benefício a preços actualizados para 1987,
durante o período de vida útil da obra (1 000 Esc.)

ALTERNATIVAS	T _a = 6 %	T _a = 8 %	T _a = 10 %
a)	- 434 506	- 345 375	- 280 314
c)	+ 149 644	+ 109 943	+ 82 277
d)	+ 140 072	+ 104 527	+ 79 517
e)	+ 144 781	+ 109 404	+ 84 335

Da análise dos Quadros XVIII e XIX resultam os seguintes comentários em termos de avaliação económica das alternativas:

- Alternativa a)

Esta alternativa caracteriza-se por lhe corresponderem valores de investimento reduzidos. No entanto, porque o saldo custo/benefício é negativo, esta alternativa não é economicamente válida.

QUADRO XIX

Saldos custo/benefício a preços de 1987 (1 000 Esc.)

ALTERNATIVAS	CUSTOS TOTAIS DURANTE O PERÍODO DE VIDA ÚTIL DA OBRA, A PREÇOS CONSTANTES DE 1987 (1 000 ESC.)		BENEFÍCIOS TOTAIS A PREÇOS CONSTANTES DE 1987, DURANTE O PERÍODO DE VIDA ÚTIL DA OBRA (1 000 ESC.)		SALDO CUSTO/BENEFÍCIO DURANTE O PERÍODO DE VIDA ÚTIL DA OBRA, A PREÇOS DE 1987 (1 000 ESC.)	
	Investimento	Energia	Operação e Manutenção	Auto-geração de energia na ETAR		Venda de energia à EDP
a)	33 310	768 879	287 178	86 757	-	- 1 002 610
c)	141 100	27 065	287 713	867 406	18 480	+ 430 008
d)	128 235	45 544	287 661	853 138	4 622	+ 396 320
e)	128 100	-	287 506	853 138	-	+ 437 532

- Alternativas c), d) e e)

Estas alternativas apresentam-se semelhantes em termos de caracterização económica. A qualquer delas correspondem investimentos iniciais elevados e da mesma ordem de grandeza, e investimentos de substituição escalonados em moldes semelhantes e também elevados. Todas apresentam um saldo positivo para o balanço custos/benefícios para os valores não actualizados e os valores actualizados às 3 taxas consideradas. São, portanto, três soluções alternativas economicamente válidas.

- Comparação económica

Do quadro atrás exposto, a opção entre as três soluções economicamente válidas recaiu sobre aquela que apresenta maior valia económica a preços actualizados. Esta solução é a que corresponde à alternativa c) para a taxa a 6%, e à alternativa e) para a taxa a 10%. Para a taxa de 8% as alternativas são praticamente iguais.

11 - CONCLUSÃO

Em face do exposto, decidiu-se optar pela alternativa c) uma vez que parece mais próxima da tendência actual a opção pela taxa de actualização de 6%, para a qual a alternativa c) é mais favorável. Por outro lado, ao contrário da e) a alternativa c) evita a queima do biogás.

O estudo de viabilidade económica apresentado para candidatura à contribuição do programa comunitário VALOREN, concluiu pela viabilidade do aproveitamento energético do biogás na ETAR de Parada, para produção de energia eléctrica sugerindo a adopção da solução técnica descrita em 5.c). Depois de avaliado, o estudo mereceu aprovação superior, pelo que se elaborou então o Projecto respectivo, baseado na alternativa técnica 5.c).

Apesar das boas perspectivas que se abrem com a inerente implementação da obra, não nos podemos esquecer que o êxito do empreendimento não depende apenas da concepção e da construção, mas também, e em grande medida, de uma eficiente operação e manutenção da instalação de economização. É certo que o empenhamento da autarquia da Maia é total, visando o êxito do empreendimento. Mas também não é menos certo de que a formação técnica a nível médio em Portugal, é, de um mo-

do geral, deficiente e ainda pouco vocacionada para as novas tecnologias. E uma Estação de Tratamento de Águas Residuais como a de Parada, não carece apenas de um engenheiro a conduzi-la. Ela terá de empregar também, para a sua condução, um ou mais técnicos especializados, de formação média adequada. Seja isto tido em conta e sejam os meios humanos encontrados, a economia de energia na ETAR de Parada constituirá, a nível autárquico, um exemplo em Portugal.