



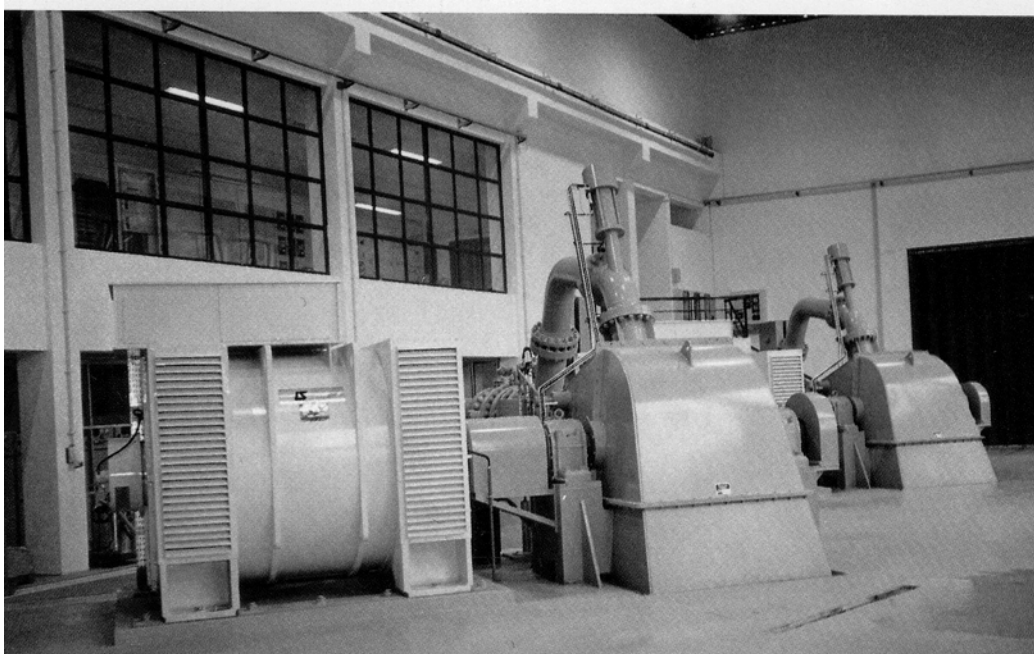
## Máquinas Eléctricas – Geradores

### *Aspectos Ambientais*

Manuel Vaz Guedes

**A** criação e a defesa de um ambiente sadio exige a participação de todos — estados, organizações e indivíduos — e obriga o engenheiro electrotécnico a ter um pleno conhecimento das implicações ambientais das suas decisões técnicas.

Para educar a sensibilidade de um electrotécnico aos problemas actuais do meio ambiente, podem-se analisar os aspectos ambientais, em particular os impactes ambientais, dos sistemas geradores de energia eléctrica e mais pormenorizadamente, como elementos desses sistemas, das máquinas eléctricas geradoras.



Foi durante o último século, essencialmente durante a segunda metade do século, que foi crescendo a preocupação com os problemas ambientais, e se foi desenvolvendo, também, a ideia que os problemas ambientais não eram apenas locais, mas eram globais, porque qualquer problema ambiental afecta todos os seres vivos: homens, animais e plantas.

Depois da explosão das primeiras bombas atómicas (1945), entre alguns estudiosos e em alguns países, começaram a surgir preocupações com os sistemas tecnológicos que eram susceptíveis de

criar condições de pôr em risco toda a humanidade e de comprometer o ambiente terrestre para as gerações futuras. Começa então a surgir uma consciência ecológica, numa perspectiva ampla, nem de ciência da poluição, nem de ciência do ambiente, mas de uma ciência do ser vivo (*ecologia* — interações de qualquer tipo entre os animais e os ambientes).



Mas a defesa ecológica do ser vivo necessita do conhecimento aprofundado dos meios de poluição e de todos os aspectos tecnológicos que influem, directa ou indirectamente, no meio ambiente. Há por isso uma necessidade de isolar e integrar no estudo das tecnologias aqueles assuntos que estão relacionados com a manutenção do ambiente.

No caso das máquinas eléctricas geradoras é importante analisar as implicações ambientais dos sistemas produtores de energia em que se encontram integradas, mas é necessário, também, estudar os aspectos construtivos, os problemas de fabrico, e os problemas de fim-de-vida (*problemas terminais*) que são susceptíveis de contribuir para um comportamento agressivo para com o ambiente, deixando para outras áreas científicas o estudo do contributo negativo de toda a restante aparelhagem, subsistemas ou sistemas.

É importante notar que os estudo das máquinas eléctricas — em particular a análise do funcionamento feita através do *método energético* — permite tomar contacto com conceitos e métodos que também têm grande utilidade no estudo da ecologia. Desde 1942 que R. Lindeman estabeleceu que para a ecologia “*o método de análise mais fecundo reside na redução aos termos energéticos de todos os acontecimentos biológicos em interacção*”. Encontra-se semelhança na aplicação do método energético — através da determinação do balanço energético — a um sistema electromecânico de conversão de energia mecânica em energia eléctrica, e na análise eco-energética de um campo de milho.

Campo de Milho		Gerador Eléctrico	
energia total		energia total	
fotossíntese		armazenada no campo	
transpiração		convertida	
energia útil		energia útil	
não utilizada pelas plantas		perdas	
$e_u = 46\%$	$e_p = 54\%$	$e_u = 87\%$	$e_p = 13\%$

Para além das considerações metodológicas acima apresentadas, o estudo do impacte ambiental dos sistemas geradores de energia eléctrica, em particular das máquinas eléctricas geradoras é necessário para uma participação activa, quer individual quer através da indústria ou dos serviços, na realização dos preceitos da Agenda 21, plano de acção global formulado durante a *Conferência das Nações Unidas para o Ambiente e o Desenvolvimento* (CNUAD) no Rio de Janeiro em Junho de 1992.

 “Para se alcançar um desenvolvimento sustentável a protecção do ambiente deve constituir parte integrante do processo de desenvolvimento ...” 

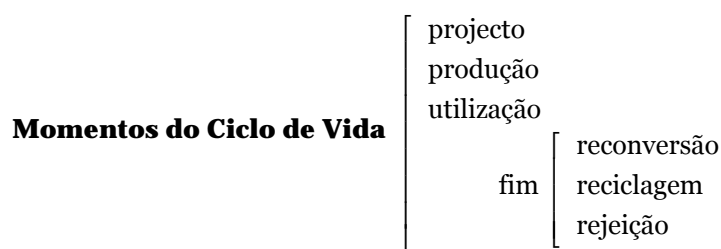
Declaração do Rio, 1992

Os preceitos dessa agenda para o século vinte e um e para a defesa do ambiente com a adesão a uma política de *desenvolvimento sustentável* — *desenvolvimento sustentável: progresso social que permite a satisfação das necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras solucionarem os seus problemas de desenvolvimento* — acabaram por concretizar-se nos anos seguintes numa filosofia de *ecologia industrial*, e tem aplicação na série de normas ISO 14000

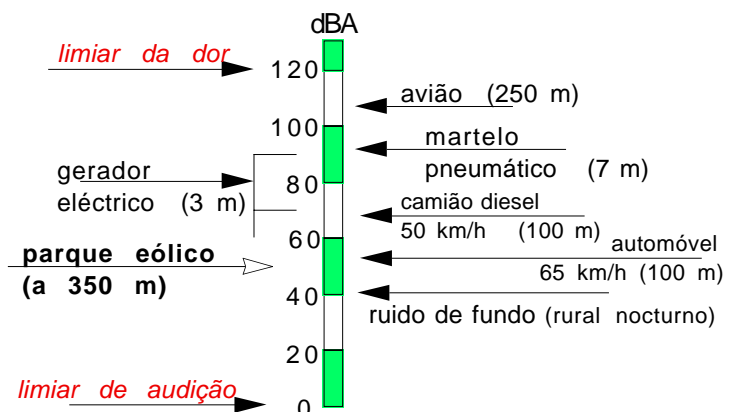
(Sistemas de Gestão Ambiental) [1].

Nos últimos anos foram realizados grandes progressos, a nível empresarial, na implementação das normas ISO 14000, e dos diferentes conceitos e métodos nelas instituídos. Em 1996 foi lançada a norma ISO 14001 (*Sistemas de Gestão Ambiental – especificações com guia de utilização*), que se dirige ao controlo e medida das características ambientais das actividades, dos produtos e dos serviços, o que aumentou a necessidade de atender aos aspectos ambientais no projecto, fabrico e utilização dos sistemas electromecânicos, entre outros, e dos seus elementos componentes. Esta necessidade tornou-se mais importante quando surgiu a tendência internacional para ligar a série de normas ambientais ISO 14000 com a série de normas de qualidade ISO 9000.

A norma ISO 14040 ao apresentar o conceito de Avaliação do Ciclo de Vida (*Life Cycle Assessment – LCA*), como técnica de avaliar os aspectos ambientais e os seus impactes potenciais dos produtos ou serviços, nos vários momentos do seu ciclo de vida, originou a necessidade do electrotécnico se interessar pelos problemas ambientais ligados à persecução da sua actividade.



A análise dos aspectos ambientais dos diferentes sistemas produtores de energia eléctrica, constitui uma forma de introdução aos problemas ambientais, globais e locais, relacionados com a utilização de máquinas eléctricas geradoras. A análise da contribuição isolada da máquina eléctrica geradora para os problemas ambientais será feita partindo da análise anteriormente feita e tendo em atenção os modernos métodos impostos pela normalização internacional, assim como as críticas e os apelos de organizações ambientalistas. Em todo este estudo estará presente a evidência de que não existe qualquer tecnologia para produção de energia eléctrica que seja totalmente benigna para o ambiente.



1 O desenvolvimento sustentável é um processo evolutivo que se traduz no crescimento da economia, na melhoria da qualidade do ambiente e da sociedade para benefício das gerações presente e futura.

## **Produção de Energia Eléctrica — a máquina primária**

As recentes preocupações sociais com o meio ambiente, abrangem todos os aspectos da energia eléctrica: a produção, o transporte e a utilização. No caso da produção de energia eléctrica há, por isso, que procurar um equilíbrio entre a procura de mais energia e a forma de minimizar o impacto ambiental daquela actividade.

### **Impacte Ambiental**

Qualquer mudança no ambiente (acção), tanto adversa como benéfica, total ou parcialmente resultante das actividades, produtos e serviços de uma organização. [2]

Os impactes ambientais na produção de energia eléctrica podem ter um nível global — como efeito estufa, poluição atmosférica e chuva ácida, produção e deposição de resíduos — ou podem ter um nível local — como poluição do ar, da água e do solo, produção de odores, ruídos e vibrações, ocupação dos terrenos agrícolas.

Para tornar possível a identificação dos elementos que contribuem para o impacte ambiental, isto é os aspectos ambientais, há que conhecer o sistema produtor de energia eléctrica e, então torna-se possível definir os principais objectivos a atingir na gestão do sistema ambiental.

### **Fontes de Energia Renovável**

Analisando o estado actual da produção de energia eléctrica, verifica-se que existem sistemas que se baseiam no aproveitamento de formas de energia fóssil, que integram as fontes de energia convencionais, enquanto que se vai manifestando algum interesse pelas formas de aproveitamento da energia renovável, cujo aproveitamento se procura aumentar [3]. Essencialmente esse interesse pelas formas de energia renovável resulta de:

- ◇ desde o começo da exploração pela humanidade dos meios produtores de energia baseados no aproveitamento de formas de energia fóssil se verificou que o acesso a esses meios pode ser condicionado ou impedido por razões de natureza política (durante o século vinte foi o caso das duas guerras mundiais e, depois, das crises petrolíferas dos anos setenta),
- ◇ quando acabar a exploração das formas de energia fóssil restará apenas ao homem, numa projecção do actual estado tecnológico, a fusão nuclear e algumas formas de energia renovável.

Os principais processos de aproveitamento de formas de energia renovável [4], que são explorados em Portugal, são utilizados em centrais produtoras de energia eléctrica que assumem a forma de: pequenos aproveitamentos hidroeléctricos, de centrais eólicas, de uma central piloto de aproveitamento da energia das ondas e de uma instalação de aproveitamento da biomassa. É ainda possível a exploração de centrais fotovoltaicas, células de combustível, ou de centrais de aproveitamento de lixos domésticos, mas este tipo de sistemas produtores, apesar de estudados, têm tido uma pequena importância.

Cada um dos processos de exploração de energias renováveis tem um impacte particular sobre as condições ambientais locais. Mas, também tem uma importância grande no desenvolvimento regional, essencialmente como fonte de recursos económicos, e como possibilidade de promover a

<sup>2</sup> Nalguns dicionários a palavra “*impacte*” é considerada um substantivo (acção ou efeito de colisão entre dois elementos), e a palavra “*impacto*” é considerada um adjetivo (metido à força; impelido ou chocado contra)

<sup>3</sup> Apresenta-se como objectivo a imposição comunitária de no ano 2010 39% do consumo bruto de electricidade resultar do aproveitamentos de energia renovável

<sup>4</sup> Manuel Vaz Guedes; “*Impacto Regional das Fontes de Energia Renovável*”, workshop O Homem e a sua Integração no Meio Ambiente (IFAC), Lisboa 1994



criação de uma numero (pequeno) de empregos permanentes. Estes benefícios sociais podem justificar a utilização de esquemas de investimento local e a criação de empresas regionais (intermunicipais) de produção de energia eléctrica.

Cada um dos sistemas produtores de energia eléctrica para aproveitamento das energias renováveis tem particularidades, sob o ponto de vista ambiental, que permitem individualizar a sua análise.

### A) — Pequenos Aproveitamentos Hidroeléctricos

Uma das formas economicamente mais interessantes de produzir electricidade é através de grandes aproveitamentos hidroeléctricos, envolvendo grandes barragens com grandes quedas ou com grandes caudais [5]. Mas os principais, e mais rentáveis, sítios de localização desse tipo de aproveitamentos foram já utilizados. Para além de uma possível reabilitação dos aproveitamentos mais antigos, apenas existe a possibilidade de explorar aproveitamentos de pequena potência, o que está definido, em Portugal, como aproveitamentos com uma potência eléctrica aparente instalada que não ultrapasse 10 MW (D.L. n.º 189/88, D. L. n.º 313/95, D.L. n.º 168/99, D.L. n.º 339-C/2001) [6].

Estes aproveitamentos hidroeléctricos de pequena potência, vulgo “mini-hídricas”, aproveitam pequenas quedas ou pequenos caudais, e apesar de uma considerável evolução no projecto e na construção destes sistemas (Álvares Ribeiro, 1991) [7], exigem um cuidadoso estudo económico confrontando o investimento no aproveitamento com o contributo da energia produzida para o consumo global. Este tipo de estudo económico é na actualidade (devido à euforia da *interligação*) desencorajador do desenvolvimento de novos projectos, mas no âmbito da economia e do desenvolvimento regional um pequeno aproveitamento hidroeléctrico pode tornar-se extremamente interessante (Ferreira Lemos, 1987) [8].

O impacte ambiental de um pequeno aproveitamento hidroeléctrico está ligado — tem as vantagens e os inconvenientes associados — à formação de um reservatório de água (albufeira), à modificação da paisagem ribeirinha por alteração das margens do rio, e ao desenvolvimento (volume e extensão) do canal de adução.



Labrujó – rio Mestre (1992)



Ribeira de Pena (1994)

A formação de um reservatório no percurso de um rio tem as vantagens de promover uma regularização do caudal com o amortecimento de cheias, tem a vantagem de servir de reserva de água para a rega ou para a luta contra os incêndios, e de permitir o incremento da piscicultura ou de algumas actividades de lazer. As desvantagens da formação do reservatório estão associadas à alteração do caudal do rio e ao obstáculo que as obras hidráulicas constituem para os sedimentos e

5  $P_b = 9,81 \cdot Q \cdot H_b$  [kW;  $m^3/s$ , m] e  $P_b$  – potência hidráulica bruta disponível; Q – caudal;  $H_b$  – queda bruta

6 D.L. n.º 189, 1988 – Decreto-Lei n.º 189/88 de 27 Maio; D.L. n.º 313/95 – Decreto-Lei n.º 313/95 de 24 de Novembro, D.L. n.º 168/99 – Decreto-Lei n.º 168/99 de 18 de Maio, D.L. n.º 339-C/2001–Decreto-Lei 339-C de 29 de Dezembro.

7 Álvares Ribeiro, Agostinho (1991). Aproveitamentos Hidráulicos – fins múltiplos (minihídrico). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

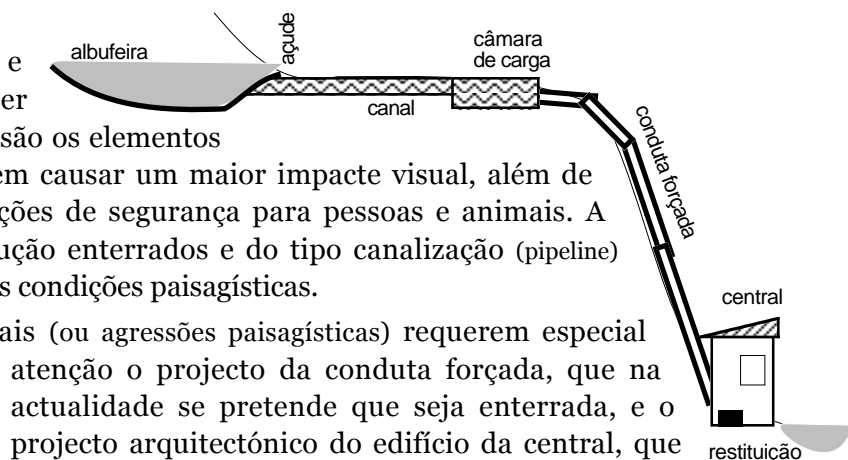
8 Ferreira Lemos, J. M. (1987). Projecto de Mini e Micro-Centraís Hidroeléctricas. Questões Fundamentais. DEC – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

vegetação transportados pelo rio, ao habitat e ao movimento dos peixes, e, também, ao assoreamento da albufeira, à alteração das características da água, e à alteração da paisagem.

Nos projectos apresentados em Portugal para apreciação, a exploração do caudal faz-se *a fio de água*, obtida através de um açude de pequena altura e que cria uma pequena albufeira, (Domingos Moura, 1991) [9].

O projecto das tomadas de água e do canal de adução têm de ser especialmente cuidados porque são os elementos do sistema hidráulico que podem causar um maior impacto visual, além de exigirem a instalação de condições de segurança para pessoas e animais. A utilização de sistemas de condução enterrados e do tipo canalização (pipeline) permite uma menor alteração das condições paisagísticas.

No âmbito das agressões visuais (ou agressões paisagísticas) requerem especial



atenção o projecto da conduta forçada, que na actualidade se pretende que seja enterrada, e o projecto arquitectónico do edifício da central, que deverá integrar os valores arquitectónicos próprios das casas da região e não se diferenciar pelo divulgado (e horroroso) aspecto de “armazém fabril no meio do campo”.

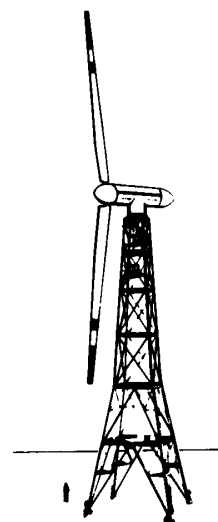
Um dos elementos perturbadores do ambiente é o ruído provocado pelo funcionamento do conjunto turbina-gerador, que pode ser ampliado por fenómenos de eco ou pelas características construtivas do edifício da central.

## B) — Aproveitamentos de Energia Eólica

No domínio do aproveitamento da energia eólica tem havido um progresso sensível que se traduziu pelo abandono do tipo de aproveitamento de pequena escala (familiar) e de pequena potência (1 MW) (Golding, 1976) [10] e pela adopção de esquemas de aproveitamento envolvendo grandes parques de aerogeradores de uma razoável potência (200 a 500 kW), como os que já se encontram em funcionamento no Marão e na Serra das Meadas, atingindo já a potência de 1,8 MW como a dos aerogeradores nos aproveitamentos das serras do Alvão e Montemuro...



Na adopção deste novo tipo de exploração da energia eólica surge logo uma desvantagem que é a de um uso disperso (apenas 1% da área fica ocupado) e exclusivo do solo, mas que permite a agricultura (parcialmente) e a pastorícia (totalmente), que poderia ser utilizado num outro tipo de empreendimento económico. Também a utilização de turbinas eólicas, colocadas em postes elevados (60 a 70 m) e formadas por hélices de considerável diâmetro (70 m), contribui para uma poluição visual do ambiente.



O movimento das pás das turbinas de um aproveitamento de energia dos ventos é acompanhado de um conjunto de fenómenos de natureza óptica — reflexos, variações bruscas de brilho, sombras — dependentes da posição do sol, que provocam desconforto

9 Domingos Moura (1991). *Aproveitamentos Hidroeléctricos de Pequena Potência. Início de uma Experiência e Algumas Dificuldades*, Instituto Superior Técnico

10 Golding, E. W., Harris R. I. (1976). *The Generation of Electricity by Wind Power*, Spon Ltd.

às pessoas na vizinhança do aproveitamento. Também a presença de um parque de turbinas eólicas pode provocar fenómenos de interferência electromagnética por difusão do sinal devido a reflexão directa ou inversa. Podem surgir, assim, interferências com as redes de telecomunicações em microondas, com a rede terrestre de televisão, com serviços de ajuda rádio.

Como sistema gerador de ruído, os aproveitamentos eólicos têm características especiais: o nível de ruído, que não é significativo, encontra-se entre o ruído residual nocturno e o ruído, a uma distância de 100 m, provocado pela circulação de um automóvel; trata-se de um ruído formado por uma componente devida ao trabalho mecânico do sistema turbina-gerador, e uma outra componente com carácter aerodinâmico.

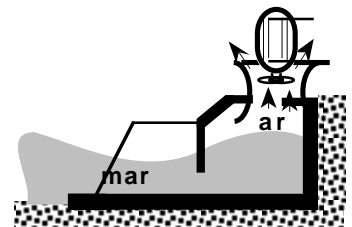
Existem ainda outros tipos de influência ambiental deste tipo de aproveitamento energético: problemas de segurança de pessoas e de aves criados pelo movimento das pás das turbinas; problemas poluição visual devido à necessidade de ampla exposição e à dificuldade de integração na paisagem das turbinas eólicas. No entanto existe uma ideia generalizada do benefício dos aproveitamentos da energia eólica nas condições ambientais.

### C) — Aproveitamento de Energia das Ondas

Devido à grande extensão de costa e à existência de arquipélagos, o território nacional oferece algumas boas possibilidades para instalação de aproveitamentos de energia das ondas marítimas. Foi estudado, e já se encontra em funcionamento, um tal sistema para instalação nos Açores (Porto Cachorro; ilha do Pico), num local que mostrava grande potencialidade para esse aproveitamento (Marques, 1988) [11].



Estes sistemas, do tipo “coluna de água oscilante”, (sistemas do tipo costeiro) que extraem energia de uma forma eficiente (Sørensen, 1979) [12], apresentam a vantagem de provocar uma diminuição da intensidade da ondulação. Mas, apresentam desvantagens como o seu tamanho, que é grande, e tipo de construção, que é feita em betão armado. Na caso de sistemas integrados no maciço rochoso da costa pode haver uma perturbação da



harmonia paisagística, enquanto que sistema de aproveitamento das ondas marítimas do tipo offshore (plataforma continental) são perturbadores da vida marinha e podem alterar o mecanismo de movimentação de areia na zona costeira.

Como aproveitamento na plataforma continental (offshore) — situado no fundo do mar (42 m) a três quilómetros da costa frente a Castelo do Neiva — está em desenvolvimento um aproveitamento da energia das ondas (sistema AWS) com êmbolo com um gerador eléctrico linear com 2 MW de potência.

É essencialmente na alteração da flora e da fauna da região costeira em que se encontram inseridos que reside o principal inconveniente ambiental dos sistemas de aproveitamento das ondas marítimas. Durante o funcionamento dos sistemas do tipo coluna oscilante surgem ruídos (e vibrações) devido à circulação alternativa do ar na zona da turbina; durante o funcionamento dos sistemas do tipo êmbolo o fundo do mar é ocupado por uma plataforma com um equipamento volumoso (48 x 48 x 25 m<sup>3</sup>).

### D) — Aproveitamento da Biomassa

Em Portugal existe uma pequena central de aproveitamento da energia da biomassa, que funciona a partir dos resíduos (do tipo lenhoso) florestais e da indústria transformadora de madeira para

11 Marques, Gil D. (1988). Estudo do Sistema de Recuperação de Energia de Escorregamento. *Dissertação de Doutoramento. DEEC — Instituto Superior Técnico*

12 Sørensen, B. (1979). *Renewable Energy. Academic Press*

produzir produtos combustíveis (gaseificação), que eventualmente poderão ser aplicados na produção térmica de electricidade [13].

É importante notar que o rendimento energético deste tipo de aproveitamento é da ordem dos 20%, sendo possível aumentá-lo (para 30% a 40%) com a utilização de tecnologias avançadas de combustão. Um número significativo é  $500 \text{ m}^3/\text{ton}$  de produção de gás por massa de matéria degradada.

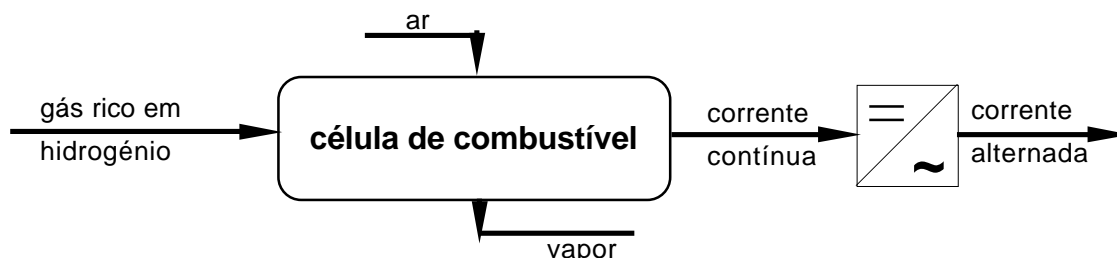
O impacto ambiental do aproveitamento da biomassa para produção de energia eléctrica é grande quanto à poluição atmosférica, ou quanto ao nível de poluição das águas residuais, mas existem tecnologias capazes de minimizar esse impacto, mas é importante notar, quanto ao aspecto ambiental global, que a queima do biogás leva à libertação de gases nocivos (metano) mas reduz a libertação dos gases sobre limitação legal [14] porque contribuem para o efeito estufa.

### **E) — Células de Combustível**

Apresentadas como um novo sistema produtor de energia eléctrica (25 kW a 500 kW), mas estudadas desde 1894, as *células de combustível* são células galvânicas nas quais se introduz um combustível sólido, líquido ou gasoso e que fornecem energia eléctrica devido a reacções electroquímicas. As células de combustível permitem converter directamente energia química em energia eléctrica, (sem ocorrer a transformação de energia química em energia térmica, como sucede num grupo diesel-eléctrico, ou numa central termoeléctrica). As células de combustível podem ser agrupadas formando uma *pilha de combustível*.

As células de combustível apresentam como vantagens o pequeno volume e reduzido peso por unidade de potência, a ausência de partes móveis, a limpeza, a forte capacidade de sobrecarga, o rendimento elevado, a longa duração e a reduzida manutenção.

Apresenta como vantagens ambientais terem uma tecnologia modular com poucos órgãos móveis (sem ruído e sem vibrações), de não ter problemas de emissão de óxidos de azoto ( $\text{NO}_x$ ), ou de esses problemas serem reduzidos; apresenta ainda a vantagem de ser um sistema de produção de energia eléctrica com um rendimento energético considerado bom — 35% a 44%.



### **F) — Outras Formas de Energia Renovável**

Existem outras formas de energia renovável como o aproveitamento da energia solar através de células fotovoltaicas e o aproveitamento da energia contida nos lixos sólidos domésticos.

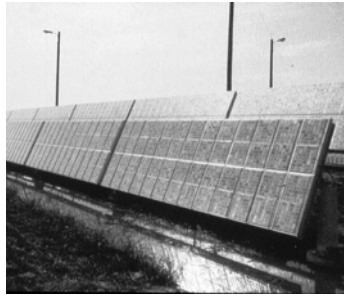
O aproveitamento da energia solar através de painéis de células fotovoltaicas, permite a obtenção de energia eléctrica de uma forma localmente não poluente; a poluição ambiental poderá apenas ocorrer na fase de fabrico e de armazenamento. No entanto, o preço actual desses painéis ainda não permite encarar de uma forma sistemática o aproveitamento dessa forma de energia renovável. Um aspecto importante a realçar nesta forma de produção de energia eléctrica é que o seu principal componente, a célula fotovoltaica, necessita de energia (obtida de combustíveis fósseis)

<sup>13</sup> Considera-se biomassa a fracção biodegradável de produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais) da floresta e das indústrias conexas, bem como a fracção biodegradável dos resíduos industriais e urbanos

<sup>14</sup> Existem directivas comunitárias, e nos Estados Unidos o Clean Air Act Amendments of 1990 (CAAA), para limitação da emissão para a atmosfera de: dióxido de carbono, óxidos de enxofre, e óxidos de azoto. Ver DL. 352/90 e Portarias n.º 1058/94 e n.º 399/97



para ser fabricada. Assim o fabrico destes materiais também contribui para os aspectos ambientais globais, como o efeito estufa e o aquecimento global do planeta. O funcionamento das células



fotovoltaicas é inteiramente benigno para o ambiente, mas durante a fase de fabrico e de armazenamento podem ocorrer acidentes ambientais (devidos à presença dos materiais semicondutores utilizados: silício, ligas de cobre, e cádmio).

O aproveitamento dos lixos domésticos na geração de energia eléctrica é uma solução proposta em diversos estudos (Resende, 1990) [15]. É uma solução iminentemente intermunicipal. O impacto ambiental desta

forma de energia renovável é grande quanto à poluição atmosférica (local ou regional), ou quanto ao nível de poluição das águas residuais, mas existem tecnologias capazes de minimizar esse impacto.

### F) — Síntese

As diferentes formas de exploração das energias renováveis apresentadas, ou as que poderão ter aplicação em Portugal, apresentam um impacto ambiental com vantagens e com desvantagens, porque:

~ não existe qualquer tecnologia para produção de energia eléctrica que seja totalmente benigna para o ambiente.

Apesar disso, existem aproveitamentos de formas de energia renovável, como os pequenos aproveitamentos hidroeléctricos ou os parques eólicos, que apresentam uma reduzida capacidade de agressão ambiental.



### Fontes de Energia Convencionais

A produção de energia eléctrica através dos meios convencionais, produção hidroeléctrica e termoeléctrica, apresenta alguns problemas ambientais:

- \* a produção hidroeléctrica de energia já esgotou os melhores sítios de localização dos aproveitamentos, pelo que pode não ser economicamente rentável desenvolver novos aproveitamentos;
- \* a produção de origem térmica é agressiva para o ambiente, a nível global e a nível local, devido à libertação de gases (dióxido de carbono, dióxido de enxofre) durante a combustão do carvão ou da preparação e da queima de outros combustíveis fósseis.

Em Portugal Continental a potência instalada destes dois tipos de aproveitamentos encontra-se seriada pelos seguintes valores referentes ao ano de 1997: 56 aproveitamentos hidroeléctricos com uma potência instalada de 3954 MW, e 8 aproveitamentos térmicos com uma potência instalada de 4170 MW, [16].

A análise do impacto ambiental destes sistemas de produção de energia é complexa, mas pode-se recorrer a uma análise baseada nas diferentes fases do ciclo de vida do aproveitamento: projecto; construção, exploração e reabilitação.

Na fase de projecto de um aproveitamento é a falta de realização de *Estudos de Impacte Ambiental* a situação que pode ter as mais graves consequências. Também é necessário que o projectista tenha uma sã consciência ecológica, um elevado sentido da responsabilidade que, como indivíduo,

15 Resende, Maria José (1990). Valorização Energética de Resíduos Sólidos Urbanos. *Dissertação de Mestrado. DEEC — Instituto Superior Técnico*

16 Entidade Reguladora do Sector Eléctrico (1999); Caracterização do Sector Eléctrico, ERSE

tem na preservação do ambiente, e um conhecimento do impacte ambiental das suas decisões técnicas.

Nas restantes fases do ciclo de vida de um aproveitamento, há já um carácter de especificidade do impacte ambiental com o tipo de aproveitamento.

### H) —Aproveitamentos Hidroeléctricos

A maioria dos aproveitamentos hidroeléctricos existentes em Portugal, com uma potência aparente instalada superior a 10 MVA, foram projectados e construídos numa época (1950 a 1970) em que ainda não se punham de uma forma premente os problemas ambientais. Por isso, as condicionantes da sua localização e do seu projecto foram essencialmente de ordem económica e técnica.

#### Miguel Torga

“Este tempos de barragens são uma verdadeira era nova do mundo. Qualquer dia, na escola, o mestre aponta o mapa e diz:

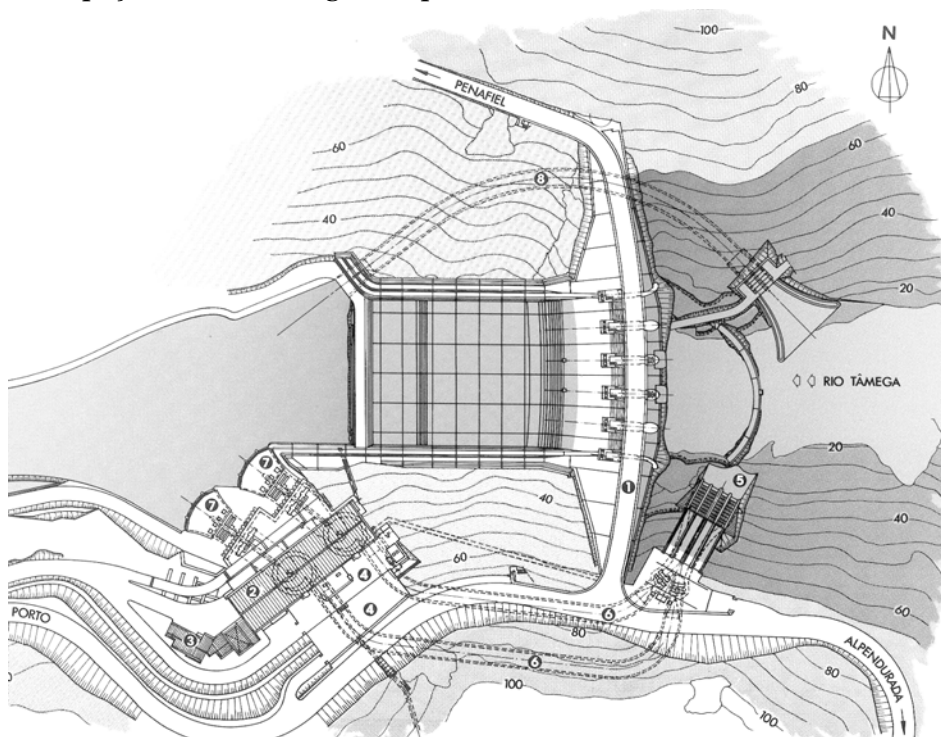
— Antes do período albufeirozóico, aqui era o Barroso.”

*Diário VIII; Paradela do Rio, 1 de Julho de 1956*

Considerando a fase de **construção** do aproveitamento hidroeléctrico, que se prolonga por vários anos, verifica-se que os principais impactes ambientais, que podem ter um carácter temporário ou um carácter permanente, são:

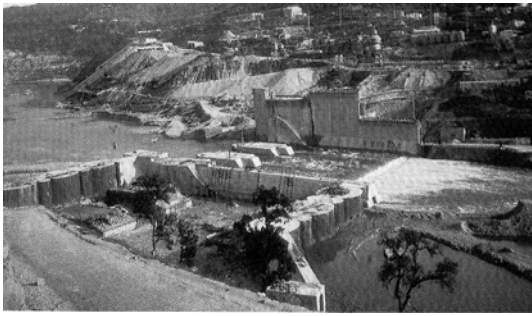
			1954	1955	1956	1957	1958	1959
PICOTE	BARRAGEM	DERIV. PROVISÓRIA						
		ESCAVAÇÕES						
		RELTAD						
	TOM DE ÁGUA COND. FORÇ.	ESCAVAÇÕES						
		REVESTIMENTO						
	CENTRAL	ESCAVAÇÕES						
		RELTAD						
		MONT. E ENSAIOS						
	GALERIA DE FUGA	ESCAVAÇÕES						
		REVESTIMENTO						

- ▮ movimentação de terras, com alteração da paisagem e criação de resíduos de construção com os produtos retirados durante a escavação de túneis e galerias, ocupação de uma área grande pelos estaleiros da obra;

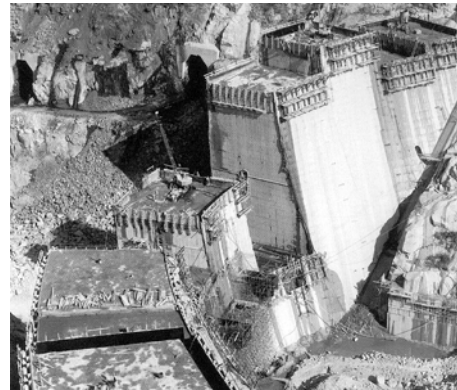


*Torrão (1988)*

- ▮ desvio do rio, por ensecadeira (contração lateral do leito do rio) ou por outro método (galeria), com graves implicações sobre o ecossistema local (fauna e flora);



Carrapateiro (1971)

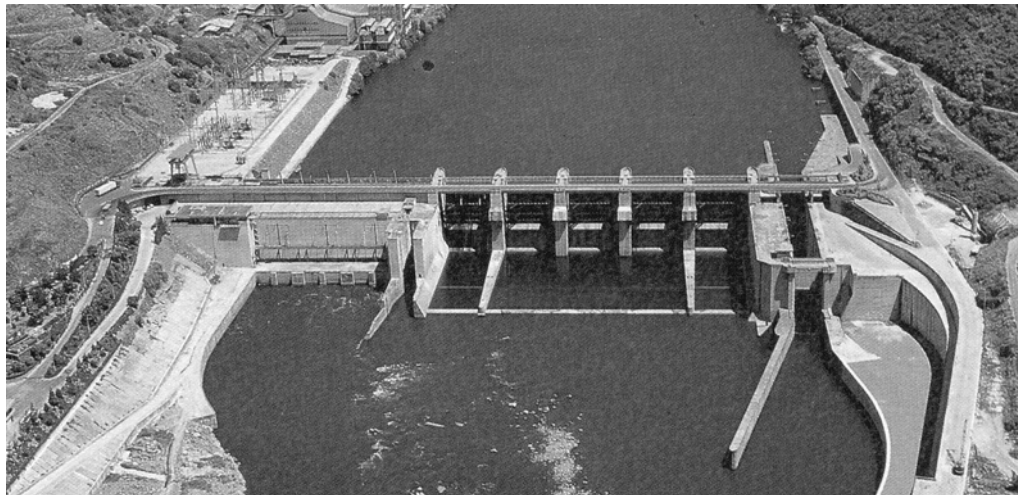


Alto Lindoso (1992)

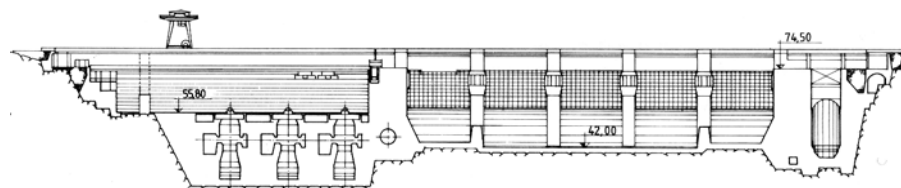
- ▮ poluição sonora devido à actuação das máquinas e das ferramentas durante a fase de construção;
- ▮ poluição da água com lamas e outros resíduos [17], que podem ser transportados pelo rio para outras regiões, e como resultado da aplicação descuidada de técnicas de construção especiais (por exemplo: a utilização de lamas bentónicas).

Durante a fase de *exploração* do aproveitamento hidroeléctrico, existem impactes ambientais essencialmente com carácter permanente, que podem ser:

- ▮ criação da albufeira e a sua influência sobre a alteração de diversos aspectos vida selvagem; existência da barragem e o seu efeito sobre as espécies migratórias;
- ▮ alteração da qualidade da água, o que obriga à monitorização dessa qualidade;
- ▮ dependência do ecossistema do caudal ecológico, cujo valor mínimo tem de ser respeitado;



Régua (1973)



- ▮ a presença física do aproveitamento — barragem, órgãos anexos, central, subestação, linhas de transporte de energia eléctrica — e a influência sobre os

17 Ferreira Lemos, J. M. (1996); Aspectos do Impacto da Realização de Obras Fluviais – alguns exemplos. DEC – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

aspectos estéticos — paisagem, construção local, arquitectura, (apesar de ser subjectiva e difícil de quantificar);

- ▮ o aumento da probabilidade de catástrofe (rotura da barragem), embora na gama da pequeníssima probabilidade;
- ▮ funcionamento do aproveitamento, com variação do caudal turbinado.

A aplicação das fases do ciclo de vida a um aproveitamento hidroeléctrico carece de atenção especiais porque o “*aproveitamento não morre*”, mas periodicamente é submetido a trabalhos de manutenção, ou de reabilitação.

EQUIPAMENTO	TEMPO DE VIDA MÉDIO (Anos)
conduta forçada	50
turbina	20 a 50
alternador	30 a 50
regulação e medida	5 a 15

Durante os trabalhos de reabilitação podem verificar-se, com menor amplitude, os mesmos impactes ambientais da fase de construção, mas existem outros impactes, como:

- ▮ o forte impacte ambiental criado pelo esvaziamento da albufeira [18];
- ▮ os órgãos substituídos (hidromecânicos; eléctricos), que poderão não ser recicláveis, mas que criarão sempre um depósito de resíduos (sucata);

Apesar de os aproveitamentos hidroeléctricos serem considerados uma forma limpa de sistema produtor de energia, os seus aspectos ambientais são importantes.



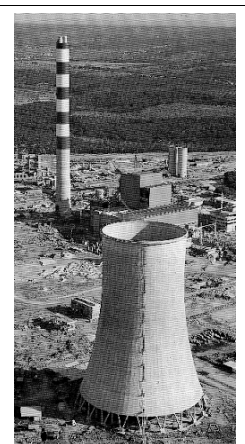
### **T) —Aproveitamentos Térmicos**

Os sistemas de produção térmica existentes em Portugal Continental são baseados na queima de: carvão (importado e nacional), fuelóleo, gasóleo e gás natural.

A utilização dos combustíveis fósseis na produção de electricidade tem como principal impacte ambiental a emissão de poluentes para a atmosfera. Estes poluentes gasosos têm um tempo de vida que vai desde alguns dias para o bióxido de enxofre até vários meses para o monóxido de carbono.

*Sines, 1985*

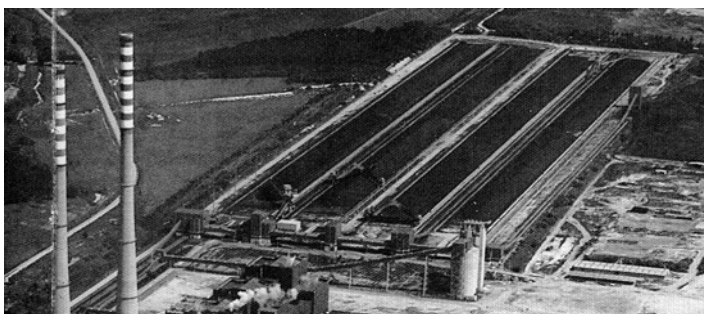
Poluente	Observações
SO <sub>2</sub> – dióxido de enxofre	são responsáveis pelo fenómeno da acidificação — chuva ácida; impacte ambiental local
NO <sub>x</sub> – óxidos de azoto	resulta da queima a altas temperaturas de combustíveis fósseis; impacte ambiental local
CO <sub>2</sub> – dióxido de carbono	contribui para o efeito estufa; a sua emissão está limitada pelo Protocolo de Quioto (1997); impacte ambiental global
partículas	a emissão de partículas pode ser diminuída com a utilização de precipitadores electrostáticos



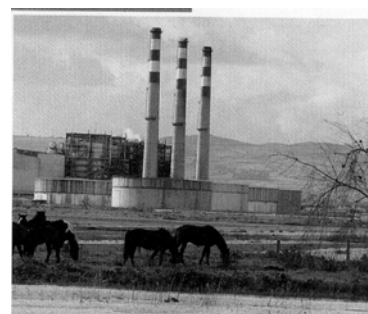
*18 O esvaziamento da albufeira, para manutenção da barragem, pode ser utilizado como um acontecimento susceptível de atrair uma multidão de visitantes às ruínas das antigas povoações submersas pela água da albufeira e de ser aproveitado como fenómeno turístico.*



Mas para além da emissão de poluentes para a atmosfera as centrais térmicas produzem resíduos da combustão (cinzas) que, actualmente, se procuram valorizar por reciclagem ou para aproveitamento energético. E produzem efluentes líquidos que para além de produtos dissolvidos apresentam normalmente uma temperatura superior à temperatura ambiente, provocando um impacto ambiental capaz de alterar o desenvolvimento da fauna e da flora aquática.



Sines, 1985



Carregado, 1968

Um outro impacto ambiental deste tipo de aproveitamento resulta da necessidade de uma parque (ocupação de terrenos) para armazenamento dos combustíveis.

Os combustíveis utilizados nas centrais térmicas têm durante a sua extracção impactes ambientais consideráveis. A extracção do petróleo, transporte e refinação afectam o ambiente. A extracção do carvão provoca grande quantidade de resíduos, alteração dos terrenos e altera o percurso das águas subterrâneas. Todos os combustíveis fósseis requerem o seu transporte (ferroviário ou rodoviário em território nacional) até ao local de queima, o que espalha um conjunto de impactes ambientais.



Carregado, 1968



Setúbal, 1979

Com um menor significado, quanto á capacidade de produção, são os recursos geotérmicos nacionais: algumas ilhas dos Açores, na região do Funchal na ilha da Madeira e na região de Chaves no Continente [19] [20]. No entanto no âmbito regional dos Açores o aproveitamento da energia geotérmica na produção de electricidade pode vir a ter algum significado. Nesta altura – 2002 – existem dois aproveitamentos geotérmicos de alta entalpia ( $\geq 100$  °C) localizados na ilha de S. Miguel, que representam cerca de 40% da energia eléctrica gerada em toda a ilha [21]:

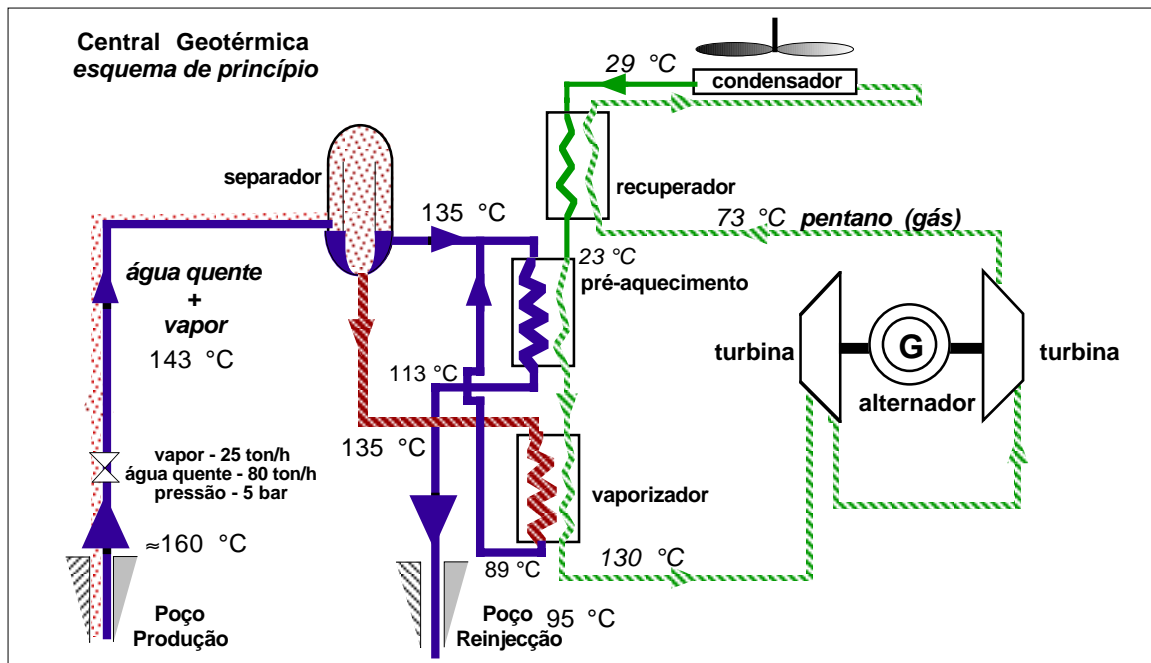
Central	Potência (MW)	Produção em 2000 (GWh)
Pico Vermelho (1980)	3	74,1
Ribeira Grande (1994; 1998)	2 x 2,5 + 2 x 4	6

19 Neste texto considera-se que os aproveitamentos de energia geotérmica não constituem aproveitamentos de energia renovável porque os poços têm um período médio de vida útil de 25 anos, findos os quais sob o ponto de vista ambiental existirão os mesmos impactes que no início da exploração de um novo sítio.

20 Em Itália no ano de 1998 a produção de electricidade a partir de energia geotérmica representou cerca de 9% da produção de electricidade a partir de energia renováveis

21 Ponte, Carlos Bicudo; "Projecto Geotérmico de S. Miguel", SOGEOSA, 2001

Tratando-se de uma central térmica muitos dos impactes ambientais que este sistema cria são comuns a todas as centrais térmicas; no entanto um impacte ambiental característico, e muito importante, dos aproveitamentos geotérmicos é a emissão ocasional de fluidos agressivos. Pode-se referir também, como impacte ambiental significativo, a emissão de ruído. Para que não exista um impacte ambiental considerável deste tipo de instalações de produção de energia eléctrica são mais elevados os custos com os sistemas de segurança.



Um outro tipo de aproveitamento termoeléctrico são as centrais nucleares.

### Resenha Histórica

Na segunda metade da década de setenta foi discutida a hipótese da compra de uma central nuclear para Portugal, a construir na zona de Peniche, com uma potência de 900 MWe, que sendo encomendada em 1977 entraria em funcionamento só depois de 1985.

Nessa época no estrangeiro discutia-se, com fortes argumentos, a alternativa entre o uso de combustíveis fósseis ou combustível nuclear, e havia uma posição do Clube de Roma que apostava no desenvolvimento da aplicação da energia nuclear, como forma de tornar possível a continuação do desenvolvimento mundial.

Em Portugal os estudos prospectivos mostravam que face à taxa de crescimento do consumo de energia eléctrica a central nuclear iria contribuir com 6% das necessidades energéticas do País, estimadas para 1985. No entanto, poder-se-ia aumentar a racionalização na utilização da energia eléctrica, aumentar a utilização da energia solar (ainda encarada como uma solução limpa, e que rapidamente, iria embaratecer) e a utilização da energia geotérmica (o que nunca se concretizou em Portugal Continental). No campo da energia térmica era uma hipótese admissível a utilização de combustíveis fósseis em soluções alternativas



à simples queima: fluidização do carvão e obtenção de óleos a partir de xistos e areias betuminosas, [22].

Embora nas discussões técnicas havidas em torno desta hipótese de satisfação das necessidades energéticas previsíveis os argumentos principais fossem o custo, a segurança e a incerteza do momento, o aspecto ambiental também esteve presente, pelo menos na oposição dos incipientes grupos de aderentes aos “ideais ecológicos”.

Mas a análise dos aspectos ambientais das centrais nucleares tem por base algumas posições que foi necessário tomar ao longo do desenvolvimento e exploração das primeiras indústrias nucleares, entre as quais a do fabrico e a de exploração das centrais nucleares. Os princípios básicos de análise destes problemas encontram-se no enunciado de uma *filosofia de risco aceite* (que finge ser uma *filosofia de risco calculado*) — *ALARA: As Low As Reasonably Achievable* —, como estão sintetizados nas recomendações de 1962 da Comissão Internacional de Protecção Radiológica (CIPR).

#### Elementos das Recomendações da Comissão Internacional de Protecção Radiológica (1962)

- A Comissão admite “*que uma exposição prolongada às radiações ionizantes, juntamente com a radiação natural, implique certos riscos*”. Mas, como “*o homem não pode abster-se inteiramente da utilização das radiações ionizantes*”, há que “*limitar a dose de radiação ionizante de modo que o risco seja aceitável pelo indivíduo e pela população*”.
- “*A Comissão está consciente do facto que não se pode ainda efectuar o balanço exacto dos riscos e das vantagens pois é preciso para isso uma apreciação quantitativa dos prejuízos biológicos eventuais e das vantagens prováveis que não pode ser feito actualmente.*”.
- A Comissão recomendou uma *dose genética máxima admissível* fundamentando-se no princípio que o encargo “*para a Sociedade seria aceitável e justificado se se considerassem os benefícios cada vez maiores que resultarão da extensão das aplicações práticas da energia atómica.*”.

Um elemento é considerado radioactivo quando uma transformação no seu núcleo implica a emissão de uma radiação. O elemento radioactivo pode ser natural ou artificial. Todas as radiações têm a característica comum de serem invisíveis, terem uma velocidade elevada, e poderem penetrar na matéria a profundidades variáveis com o tipo de radiação.



Os principais efeitos biológicos das radiações podem ser *somáticos* ou podem ser *genéticos*. Os efeitos somáticos manifestam-se sobre todos ou sobre parte dos organismo do ser vivo irradiado, e os efeitos genéticos manifestam-se nos organismos dos indivíduos irradiados. No entanto, os efeitos cancerígenos das radiações são uma certeza apesar de ser admissível um período de latência entre a exposição à radiação e a manifestação da doença.

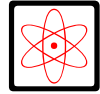
A partir desta súpula de factos, é agora possível analisar os aspectos ambientais das centrais nucleares de produção de energia eléctrica. Estes aspectos ambientais podem estar ligados à radioactividade ou podem estar ligados ao funcionamento de um sistema de produção térmica da energia eléctrica.

Um dos principais aspectos ambientais ligados às centrais nucleares e à radioactividade diz respeito ao combustível — *urânio (enriquecido)* — que tem de ser extraído, tratado e purificado, nalguns casos enriquecido e depois carregado no núcleo do reactor; isto é, há um aspecto ambiental ligado ao *ciclo do combustível*. Durante estes ciclo a manipulação dos produtos, os resíduos das diversas operações, o transporte e o armazenamento podem originar impactes ambientais por acção da radioactividade; mas também podem resultar impactes ambientais numa situação de avaria ou de acidente na fabrica de tratamento do urânio.

<sup>22</sup> Domingos Moura (1977); “Reflexões Sobre a Eventual Encomenda, em 1977, de uma Central Nuclear para Portugal”, 2º Encontro Nacional de Política Energética, Lisboa



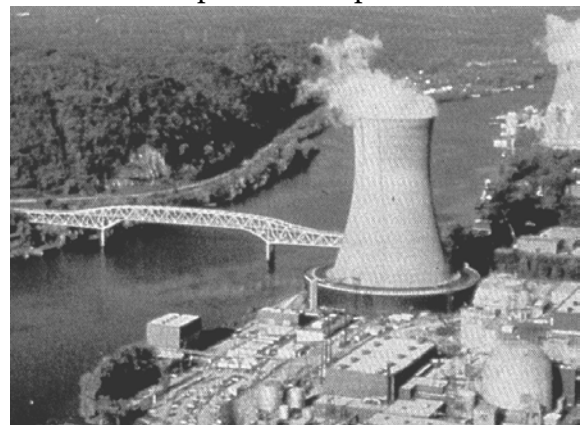
Como central produtora de energia eléctrica, uma central nuclear apresenta um elevado potencial de graves impactes ambientais numa situação de avaria ou de acidente. A experiência passada mostra que esses impactes ambientais podem ter uma carácter predominantemente local, confinado à região da central (exp.: TMI'79 — Three Mile Island unidade 2, 1979, [23]), ou podem ter uma impacte ambiental global envolvendo vários países (exp.: Chernobyl, 1986, [24]).



No caso de acidente o impacte ambiental local mais importante é a libertação de produtos radioactivos (gases nobres e iodina) para a atmosfera. O impacte ambiental global está ligado àquela libertação de produtos que podem ser transportados, dependendo a distância englobada da velocidade do vento, da sua direcção e da precipitação. Mas existem também impactes ambientais graves (libertação de produtos radioactivos, com vida longa), com grave risco para a saúde pública no caso da avaria provocar a fusão do núcleo do reactor, e prolongando esse impacte ambiental para além do acidente com a contaminação do solo.

Um aspecto ambiental grave das centrais nucleares resulta da falta de solução para o problema de recuperar, com economia e segurança, um reactor obsoleto retirado do serviço. Tem-se simplesmente bloqueado a entrada na central, e tem-se esperado pela possibilidade de, em segurança, desmantelar o reactor (impedindo o acesso ao reactor (durante 30 a 100 anos) até a radioactividade decair, ou envolvendo em betão o material radioactivo ou estrutural e aguardando que a radioactividade decaia) — sem recuperar o terreno utilizado pela central. Ainda não existe uma situação de desenvolvimento tecnológico tal que se pense na *reabilitação* de um reactor de uma central nuclear.

Como qualquer outra central termoeléctrica, uma central nuclear apresenta impactes ambientais relacionados com o ruído emitido pelos diferentes elementos da central, relacionados com o aumento da temperatura da água utilizada na condensação do vapor e retirada de um rio ou do mar, e relacionados com a utilização de refrigerantes atmosféricos que dissipam o calor, contido na água vinda da central, por vaporização (torre de arrefecimento hiperbólica).



## Máquinas Eléctricas — Geradores

As máquinas eléctricas utilizadas como gerador têm por função promover a conversão de energia mecânica em energia eléctrica.

Como sistemas electromecânicos de conversão de energia têm influência directa sobre o ambiente, mas também podem ser consideráveis os impactes ambientais de um gerador, quando analisado atendendo às diversas fases do seu ciclo de vida.

**projecto**

**fabricao**

**utilização**

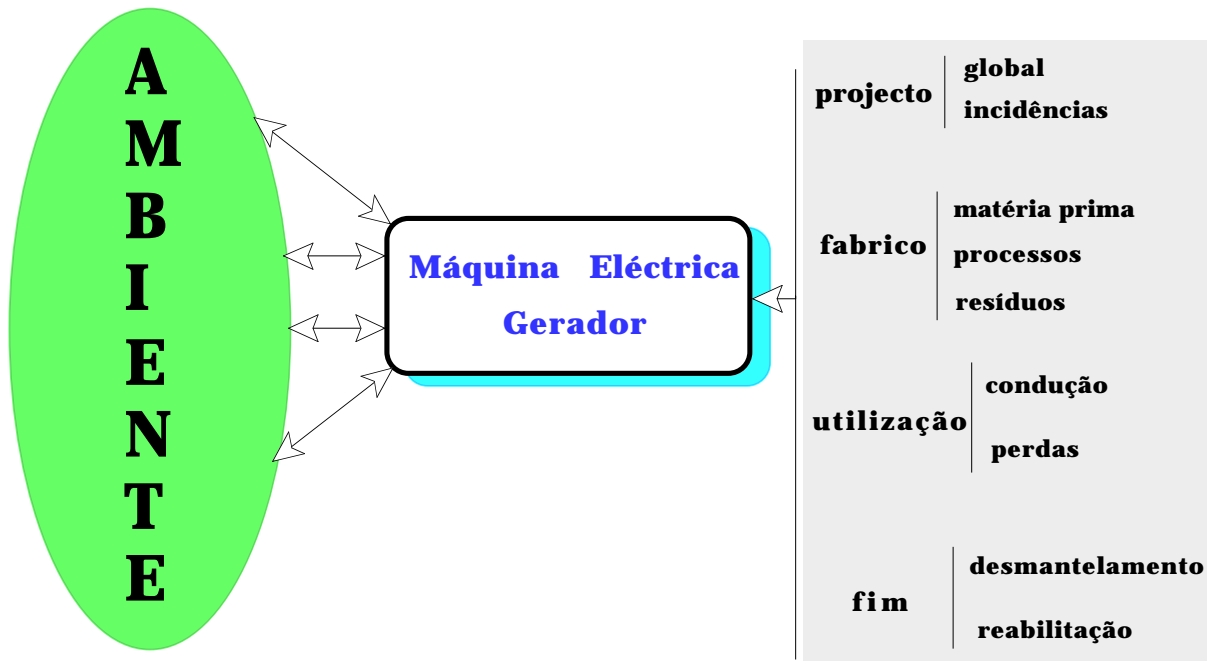
**fim**

<sup>23</sup> IEEE Spectrum, November 1979

<sup>24</sup> IEEE Spectrum, July 1986, pp. 34 – 41



Uma máquina eléctrica deve ser projectada e desenvolvida com o mesmo cuidado tanto no seu comportamento electromecânico como na sua interacção com o meio ambiente. Essa interacção com o meio ambiente traduz-se nos produtos e efeitos que são causados pela existência da máquina eléctrica nas diferentes fases do seu ciclo de vida e que são agressivos para o ambiente. Aí são incluídas as emissões de gases para a atmosfera (que podem contribuir para o efeito estufa, ou para a poluição atmosférica), os produtos libertados na água (que podem ter influência na poluição da água e na vida da fauna e da flora), a criação de resíduos nas diferentes fases de fabrico, e os efeitos directos resultantes do funcionamento da máquina, como o atravancamento, o ruído, as vibrações, (que contribuem para a poluição sonora, para a poluição visual, ou apenas para um sentimento social generalizado de mal-estar).



Analisando agora quanto ao aspecto ambiental, as diferentes fases da vida de uma máquina eléctrica funcionando como gerador, resultam os pontos adiante apresentados, que num estudo mais pormenorizado poderiam ser quantificados e permitirem assim estudos de impacte ambiental comparativos, ou suficientemente precisos para originarem orientações de projecto ou de aplicação destas máquinas eléctricas.

**Projecto** — São complexos os problemas relacionados com o projecto das máquinas eléctricas, mas da sua componente electromecânica só se salienta aqui o problema do rendimento energético, que deve ser o mais elevado possível para que seja menor o consumo de energia (que provoca sempre prejuízos ambientais durante a sua produção), o que é influenciado pelas perdas de energia existentes na máquina e que podem ser minimizadas na fase de projecto.

<i>Perdas de Energia</i>			
<i>Eléctricas</i>	<i>Magnéticas</i>	<i>Mecânicas</i>	<i>Adicionais</i>

Mas é na presença constante das preocupações ambientais que todo o projecto da máquina eléctrica deve decorrer. Desde as dimensões — *atravancamento* — que irá ter influência na ocupação de terreno, até á cor da carcaça, que terá um impacte visual, tudo tem de ser cuidadosamente estudado. Estas preocupações terão, durante a fase de projecto, um carácter globalizante que procure influenciar todos os aspectos construtivos que possam diminuir os impactes ambientais da

máquina eléctrica durante as outras fases do seu ciclo de vida.


**Fabrico** — Embora tudo se inicie na fase de projecto, costuma considerar-se que o ciclo de vida de um produto, como uma máquina eléctrica geradora, inicia-se com a extracção e preparação das matérias primas ou dos recursos necessários ao seu fabrico. Assim para se fazer uma avaliação do ciclo de vida (análise quantitativa) ter-se-ia de conhecer informação numérica, relativa ao impacte ambiental, da mineração, fundição e preparação do cobre e da fundição do aço, da preparação dos produtos plásticos dos materiais isolantes (as resinas epoxy libertam stireno), e ainda informação numérica sobre o impacte ambiental de certas operações de maquinagem necessárias ao fabrico da máquina eléctrica (torneamento – ruído, resíduos sólidos e líquidos; corte de chapa – ruído, resíduos sólidos; etc, etc,...).

O fabrico da chapa ferromagnética tem um *potencial de acidificação* (impacte ambiental que traduz o contributo das emanações de dióxido de enxofre e de óxido nítrico para a chuva ácida) que provoca que o fabrico do rotor de uma máquina eléctrica tenha um impacte ambiental mais acentuado do que o fabrico do estator. No entanto estes contributos serão muito menores que os resultantes da utilização da máquina eléctrica (perdas de energia).

Nesta fase do ciclo de vida há um consumo directo de energia e de materiais, que indirectamente têm impactes ambientais (essencialmente durante a sua produção) que podem ser diminuídos promovendo-se alterações (normalmente na fase de projecto) nos métodos de fabrico — *qualidade, quantidade*.

**Utilização** — durante esta fase do ciclo de vida o impacte ambiental da máquina eléctrica é, essencialmente, indirecto e é provocado pelas *perdas de energia*, que traduzidas em energia eléctrica, que não sendo fornecido pela máquina eléctrica geradora, terá de ser substituída pela energia em trânsito na rede eléctrica nacional. Por isso, terá uma parte de impacte ambiental devido à energia de produção hidroeléctrica e uma parte devida à energia de produção termoeléctrica, sendo muito pequena a restante parte relativa à produção a partir de outras formas de energia.

**N1** – considerou-se que os diferentes tipos de perdas de energia da máquina eléctrica geradora são reduzidas a energia eléctrica, e esse valor é fornecido, na mesma quantidade de energia eléctrica, pela rede eléctrica nacional. Assim aquelas perdas de energia eléctrica que se traduziriam somente por uma libertação de calor (aumento da temperatura ambiente !) passam a ter os impactes ambientais dos sistemas electroprodutores ligados à rede eléctrica nacional.

**N2** – na rede eléctrica nacional é admitida uma parte de energia resultante de importação de países dotados com centrais nucleares  (Espanha, França); poder-se-ia assim considerar que as perdas de energia de uma máquina eléctrica geradora têm correspondência (numa pequena percentagem) com

uma energia eléctrica cuja produção tem graves impactes ambientais !

Quando estes estudos têm um carácter quantitativo, como na *avaliação do ciclo de vida*, considera-se que a máquina eléctrica tem uma vida útil de trinta (30) anos, funcionando, em média, vinte e quatro (24) horas por dia (8760 h/ano).

Como uma máquina eléctrica geradora tem um determinado rendimento energético (elevado) dependente da situação de carga, e como o seu funcionamento tem impactes ambientais directos ou indirectos, é importante a *condução* da máquina. Conforme o regime de funcionamento, imposto pelo seu contributo para a necessidades momentâneas de energia eléctrica, assim pode variar o impacte ambiental total da máquina.

**Fim** — na fase terminal de uma máquina eléctrica geradora procura-se que: as partes metálicas sejam recicladas ♻️, que os materiais plásticos sejam incinerados (!) ☠️, libertando alguma energia térmica, e que o resto constitua um resíduo a depositar algures [🗑️]. Todas estas operações dão origem a impactes ambientais, cuja importância tem de ser graduada pela sociedade. Nesta fase terminal são importantes os resíduos líquidos, resultantes de óleos de isolamento e de materiais de lubrificação, porque constituem materiais cujo derrame é altamente poluente, quer do solo quer dos cursos de água.

No final desta simples análise do impacte ambiental das diferentes momentos do ciclo de vida de uma máquina eléctrica geradora, resta realçar o método a utilizar num estudo deste tipo:

### Metodologia

- formular os objectivos e o âmbito do estudo (descrever as unidades funcionais) do produto — *descrição dos objectivos*
- aquisição da informação e dos dados relativos ao comportamento ambiental do produto — *análise do inventário*
- classificar os factores e avaliar os impactes ambientais relacionados com cada um dos elementos inventariados — *análise dos impactes*
- interpretar os resultados face aos objectivos do estudo e à definição das acções a empreender para melhorar o ambiente — *análise de melhoramentos*


Convém, ainda, chamar a atenção para a valorização que é dada por uma sociedade aos aspectos ambientais.

Em muitas sociedades está definida a importância dada aos diferentes impactes ambientais sobre a forma de prioridades de *estratégia ambiental* ou quantificadas como *custos de prevenção* ou como *custos de substituição*.

Estratégias Ambientais	
objectivos	quantificação (unidades de carga ambiental — UCA)
diversidade biológica	custo da protecção das espécies em perigo
produção	preços no mercado para as matérias primas
saúde humana	custo de prevenção de doenças
recursos	custo de extracção e preparação
valores culturais	...

O tipo de estudo ambiental apresentado tem um grande interesse e actualidade, também como contributo para a comparação entre dois sistemas ou dois produtos. Os resultados podem ter grande importância não só para o departamento técnico, como para a administração e até para o departamento de vendas de uma empresa (propaganda).

### Auto-teste

- 4.A Caracterizar as diferentes impactes ambientais relevantes no aspecto ambiental de um sistema electroprodutor.
- 4.B Caracterizar o aspecto ambiental dos aproveitamentos de energia eólica.
- 4.C Apresentar, justificando, a sua opinião sobre o impacte ambiental de uma central nuclear .
- 4.D Caracterizar os impactes ambientais relacionados com o fabrico do rotor de um turboalternador.
- 4.E Criar, justificando, uma lista de prioridades de estratégia ambiental (objectivos e quantificação) a partir dos seguintes aspectos: utilização de matéria prima; emissões atmosféricas; utilização da água; consumo de energia eléctrica; lixo sólido e líquido; sucata; animais selvagens na zona; outros... (especificar).
- 4.F Aplicar a metodologia de estudo ambiental baseada no ciclo de vida da máquina a um gerador eléctrico de corrente contínua.
- 4.G – Aproveitar um dia (ou uma tarde) de passeio para nos arredores da cidade estudar um aproveitamento (hidroeléctrico, termoeléctrico, ou outro) visitando a região da sua localização [visita do local geográfico e não da central do aproveitamento].
  - Caracterizar os diferentes aspectos ambientais relevantes para o lugar e devidos ao tipo de aproveitamento.
  - Verificar a importância no ambiente local dos diferentes impactes ambientais conhecidos criados pelo aproveitamento.
  - Detectar o impacte do aproveitamento no património cultural; inventariar os valores afectados; registar as deficiências.



Capela de S. Lázaro (Marco de Canaveses)



Vale do rio Côa (Douro)

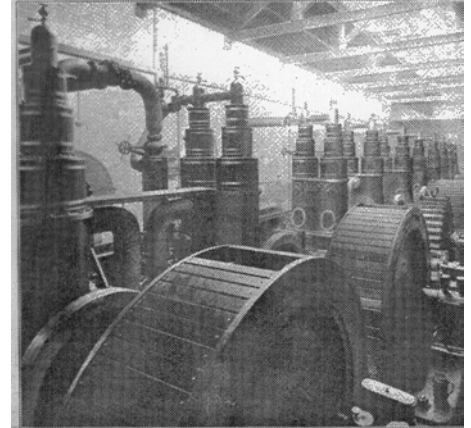
– **MVG** –



## Uma Querela Ambiental

Na década de noventa do século dezanove as estações centrais destinavam-se, simplesmente, à produção da energia eléctrica para uma entidade particular — unidade industrial ou serviço de iluminação pública ou privada.

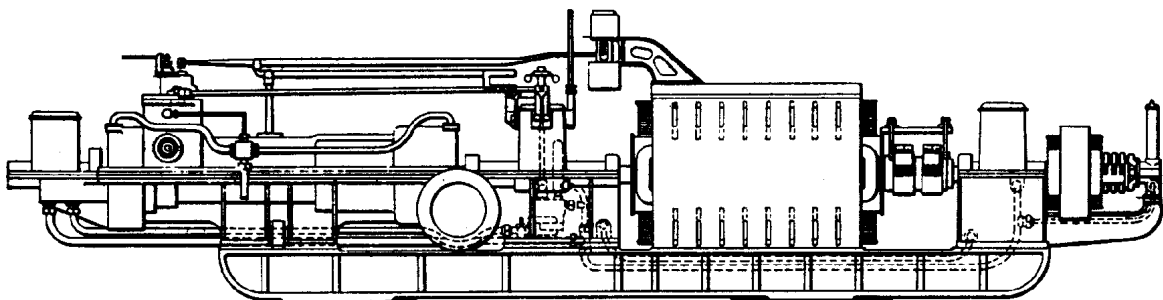
Durante toda essa década a potência dos alternadores e da máquina primária foi aumentando, mesmo quando a estação central servia apenas uma zona de uma cidade — estação central urbana. Era o que sucedia em Londres onde a Metropolitan Electric Supply Co. possuía desde 1890 a estação central de Manchester Square (10 x 120 kW, monofásica) para produção da energia eléctrica utilizada na iluminação pública e privada de uma zona habitacional — Marylebone.



As máquinas primárias – máquinas a vapor alternativas (10), Willians, 149 kW, 350 rot/min — utilizadas nesta central eram de cilindros verticais e o seu funcionamento era acompanhado de fortes ruídos e de vibrações, criando uma situação muito incómoda e desagradável para a vizinhança (paravam os relógios de parede; vibravam as janelas, etc...). A vizinhança apresentou o caso a tribunal, utilizando como prova uma gravação em fonógrafo do ruído. O juiz sentenciou a imposição de uma redução do ruído e das vibrações causadas pela central de Manchester Square no prazo de dezoito meses, sob ameaça de encerramento daquela central urbana.

Como a alteração das fundações das máquinas primárias não produziu efeito, a empresa produtora de energia eléctrica recorreu a Charles Parsons (1854–1931), que desde 1884 vinha desenvolvendo turbinas a vapor para grupos geradores eléctricos (CC–7,5 kW) e que em 1889 fundara a empresa C. A. Parsons Co. Ltd.. Assim, em 1894 entrou em funcionamento na central de Manchester Street um grupo turboalternador monofásico de 350 kW, 3000 rot/min (turbina sem condensação e com fluxo paralelo). Acoplado à turbina estava um alternador síncrono de quatro pólos estatóricos, para uma tensão de 1 kV e uma frequência de 100 Hz, que apresentava a novidade de ter uma ventoinha de arrefecimento acoplada ao veio.

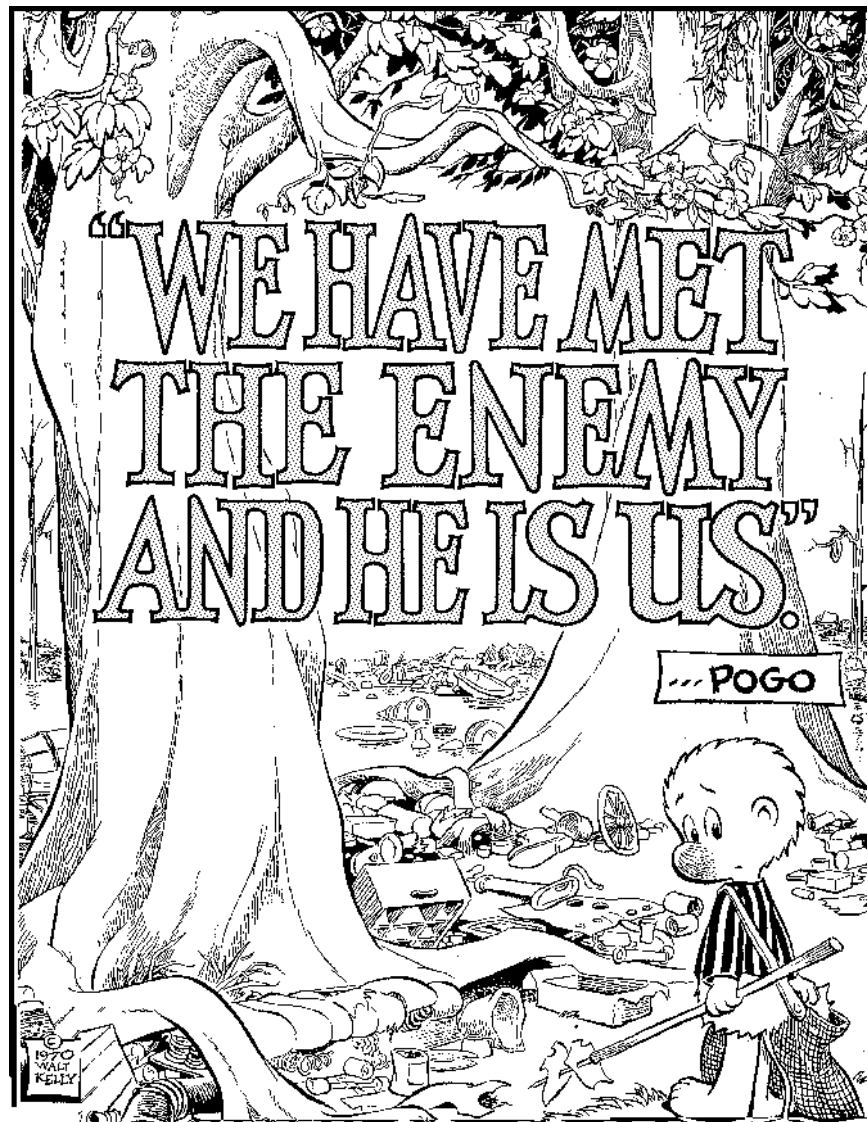
A melhoria das condições ambientais de funcionamento da central levou a empresa produtora de energia eléctrica a encomendar alguns meses depois à Parsons Ltd mais duas turbinas a vapor; transformando uma querela ambiental num factor de desenvolvimento técnico. ■





## Máquinas Eléctricas – Geradores

### *Aspectos Ambientais*



ME II

