



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa



Gestão dos produtos da queima do carvão em centrais térmicas

Fernando Manuel Caldas Vieira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Júri

Presidente: Prof. Doutor Paulo José da Costa Branco

Orientador: Prof.^a Doutora Maria José Ferreira dos Santos Lopes de Resende

Vogais: Prof. Doutor João José Esteves Santana

Prof. Doutor Elmano da Fonseca Margato

Outubro de 2012

Imagem da capa:

Central térmica de Sines (EDP Produção). Instalação FGD e SCR.

Foto do arquivo do autor, Dezembro de 2010

Dedicatória e agradecimentos

Um estudo sobre centrais a carvão assenta na realidade da sua exploração e nas dificuldades que os produtores têm de enfrentar para manter elevados níveis de disponibilidade mas com controlo de custos, que sempre se reflectem nos consumidores, e com elevada consciência ambiental, a minimizar os impactes da sua actividade.

Este trabalho é dedicado aos produtores de electricidade.

Não às empresas em si, mas aos seus técnicos que durante as 24 horas do dia se empenham na operação, e muitas vezes na manutenção, dos centros de produção.

São profissionais anónimos com grande competência para lidar com situações que exigem conhecimento aliado a poder de decisão.

O seu trabalho, no cumprimento dos programas, é o primeiro patamar na garantia do fornecimento e na qualidade de serviço que, em Portugal, felizmente, já constitui padrão para os consumidores.

Para a realização deste trabalho manifesto o meu agradecimento à Sr.^a Prof.^a Doutora Maria José Resende pela disponibilidade na sua orientação, pelos conselhos e pelo apoio decisivo para a sua realização.

Fernando Caldas Vieira, Outubro de 2012

Resumo

A produção de electricidade com origem térmica tem uma importância muito grande na segurança das redes eléctricas e também no controlo dos custos da energia.

Em Portugal, nos últimos 7 anos, as centrais a carvão satisfizeram, em média, 22,3% do consumo. Mas a queima do carvão levanta problemas ambientais, a nível de emissões atmosféricas, cuja minimização exige a introdução de tecnologias como o despoeiramento, a dessulfuração ou a desnitrificação. Do funcionamento destes equipamentos resultam resíduos industriais como as cinzas, volantes e de fundo, e o gesso.

A sua existência levaria, se nada fosse feito, à sua deposição em grandes aterros.

O objectivo do presente trabalho é demonstrar que, através duma gestão adequada, os produtos da combustão do carvão podem ter utilizações que os retira da sua classificação de resíduos.

Demonstra-se também que a sua valorização representa adicionalmente um interesse económico.

Palavras-chave: Produção de electricidade, centrais térmicas, carvão, ambiente, cinzas, gesso

Abstract

Thermal electricity generation has major importance in the security of electricity grids and also in energy costs control.

In Portugal, last 7 years, coal plants supplied an average of 22,3% of consumption.

But burning coal raises environmental problems, such as air emissions, which requires the introduction of specific technologies to minimize its effects.

This includes dust removal, desulphurisation and denitrification.

Products resulting of this equipments operation, fly ash, bottom ash and FGD gypsum, should be disposed in large landfills, if nothing was done.

The aim of this study is to show that, with the right management, coal combustion products can no longer be considered as industrial waste but, instead, they are raw materials, with commercial value.

Economic evaluation of its utilisation is also shown.

Keywords: Electricity generation, thermal power, coal, environment, fly ash, bottom ash, gypsum

Índice

Dedicatória e agradecimentos.....	i
Resumo	iii
Abstract	iv
Índice	v
Lista de Tabelas	vii
Lista de Figuras	ix
Lista de Abreviaturas.....	xi
Capítulo 1 – Introdução	1
Capítulo 2 – O carvão	3
2.1 – O carvão como recurso energético	3
2.1.1- Produção	4
2.1.2 - Consumo	6
2.1.3 - Preços	6
2.1.4 – O consumo de carvão na Europa	7
2.1.5 – O consumo de carvão em Portugal.....	8
2.2 – O carvão em Portugal	13
2.2.1 – Enquadramento histórico	13
2.2.2 – Enquadramento político	17
Capítulo 3 – A electricidade	19
3.1 – O sistema eléctrico Português	19
3.1.1 – A electricidade como um serviço.....	19
3.1.2 – A electricidade em mercado regulado.....	20
3.1.3 – A electricidade em mercado liberalizado	21
3.1.4 – Um mercado imperfeito	23
3.1.5 – Considerações	25
3.2 – O carvão limpo	27
3.2.1 – Os despoeiradores	28
3.2.2 – Os cinzeiros.....	29
3.2.3 – A dessulfuração.....	30
3.2.4 – A desnitrificação	31
3.2.5 – A gaseificação	33
3.2.6 – Captura e sequestração do CO ₂	33

3.2.7 – A eficiência	37
Capítulo 4 – As utilizações	39
4.1 – Enquadramento técnico e político	39
4.2 – Principais características físicas e químicas	40
4.2.1 – Cinzas	40
4.2.2 – Gesso	41
4.3 – Situação na Europa	42
4.4 – Situação em Portugal	44
4.5 – A deposição	45
4.6 – Principais aplicações	47
4.6.1 – Indústria cimenteira e de betões	47
4.6.2 – Geotecnia	48
4.6.3 – Gesso	51
4.7 – A gestão dos PCC	53
4.7.1 – A normalização	53
4.7.2 – O factor transporte	55
4.7.3 – Tecnologias de beneficiação	56
4.8 – Enquadramento ambiental	57
4.8.1 – O registo no REACH	59
4.8.2 – A classificação dos PCC	60
4.9 – O mercado	61
4.9.1 – A relação entre a oferta e a procura	61
4.9.2 – Características do mercado	62
4.10 – Avaliação económica da utilização dos PCC	62
Capítulo 5 – Conclusões	67
Referências bibliográficas	69
Sites consultados na internet	71
Anexos	73
Anexo 1 – Mapa da rede nacional de transporte de electricidade (REN)	75
Anexo 2 – Lista Europeia de Resíduos (LER) de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março	79
Anexo 3 – Produção e utilização de PCC em 2009, na Europa (ECOBA)	83
Anexo 4 – Texto complementar sobre os riscos envolvidos	87

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Consumo de energia primária	8
Tabela 2 – Caracterização da central térmica de Sines.....	10
Tabela 3 – Caracterização da central térmica do Pego	11
Tabela 4 – Centrais em 1927. Fonte: <i>Lisboa e a Electricidade</i>	13
Tabela 5 – Produção de carvão nacional (ktep).....	14
Tabela 6 – CCGT em Portugal. Fonte: REN.....	22
Tabela 7 – Consumo abastecido pelo mercado (Fonte:REN).....	24
Tabela 8 – Dependência energética (Fonte: DGEG).....	24
Tabela 9 – Satisfação dos consumos pelo carvão (Fonte: REN)	27
Tabela 10 – Limites de emissões, em Isogo.....	38
Tabela 11 – Análise química das cinzas	40
Tabela 12 – Características de comercialização das cinzas.....	41
Tabela 13 – Análise do teor em metais pesados	41
Tabela 14 – Produção de PCC em Portugal.....	44
Tabela 15 – Utilização de cinzas volantes	44
Tabela 16 – Características da instalação	63
Tabela 17 – Investimento e exploração	63
Tabela 18 – Fluxo de caixa para o cenário de base.....	65
Tabela 19 – Indicadores económicos.....	65

Lista de Figuras

Figura 1 – Consumo mundial de energia primária	3
Figura 2 – Reservas provadas de combustíveis em 2011	4
Figura 3 – Distribuição geográfica das reservas provadas de carvão em 2011	4
Figura 4 – Produção de carvão por região	5
Figura 5 – Mina a céu aberto na Austrália.....	5
Figura 6 – Consumo de carvão por região.....	6
Figura 7 – Preços do carvão vs Petróleo.....	7
Figura 8 – Consumo de combustíveis sólidos na UE (27 países)	7
Figura 9 – Consumo de energia primária	8
Figura 10 – Forno de arco voltaico, na SN Seixal.....	9
Figura 11 – Central de Sines.....	10
Figura 12 – Central do Pego.....	11
Figura 13 – Central do Freixo.....	14
Figura 14 – Central de Porto de Mós	15
Figura 15 – Detalhe da torre de refrigeração.....	15
Figura 16 – Entrada da mina da Bezerra.....	16
Figura 17 – Caldeiras da central da Tapada do Outeiro	16
Figura 18 – Organização do SEN.....	21
Figura 19 – Central de Irsching (Eon)	22
Figura 20 – Sistema Eléctrico Nacional	23
Figura 21 – Importação bruta de energia, 2004-2011	24
Figura 22 – Cobertura da ponta pela potência instalada	25
Figura 23 – Produção de electricidade	26
Figura 24 – Gerador de vapor de uma central a carvão	27
Figura 25 – Silo de cinzas volantes.....	28
Figura 26 – Sistema de extracção a seco	29
Figura 27 – Sistema pneumático de transporte das cinzas de fundo	30
Figura 28 – Gesso à saída do sistema de absorção	31

Figura 29 – Conduitas BOFA.....	32
Figura 30 – Instalação SCR e FGD	32
Figura 31 – Unidade de gaseificação, Puetollano.....	33
Figura 32 – O processo de captura e armazenamento	34
Figura 33 – O processo de pós-combustão	34
Figura 34 – Captura de CO ₂ em Frederico II (Enel).....	35
Figura 35 – O processo de pré-combustão	35
Figura 36 – O processo de oxi-combustão.....	36
Figura 37 – Potencial de redução de CO ₂	37
Figura 38 – Central de Isogo, em Yokohama	38
Figura 39 – Especificações do gesso.....	42
Figura 40 – Produção e utilização dos PCC	42
Figura 41 – Utilização dos PCC	43
Figura 42 – Produção de gesso, EU15, 1993-2009.....	44
Figura 43 – Cinzas depositadas em Sines	46
Figura 44 – Parque de cinzas da Tapada do Outeiro.....	46
Figura 45 – Obras com utilização de cinzas	47
Figura 46 – Cinzas aplicadas em camada de base	49
Figura 47 – Frente de obra na Polónia	50
Figura 48 – Frente de Infra-estruturas rodoviárias nos EUA.....	50
Figura 49 – Colocação do material em obra	51
Figura 50 – Construção do aterro de gesso em Sines	52
Figura 51 – Silos referenciados com a certificação	54
Figura 52 – Silos de gesso e cinzas para transporte ferroviário.....	55
Figura 53 – Separação electrostática, perspectiva geral	57
Figura 54 – Critérios de classificação	60

Lista de Abreviaturas

ACAA	American Coal Ash Association
BAT	Melhores técnicas disponíveis
BP	British Petroleum
CCGI	Ciclo Combinado de Gaseificação Integrada
CCGT	Ciclo Combinado de Gás Natural
CCP	Coal Combustion Products
CCS	Carbon Capture and Storage
CMEC	Custos de Manutenção do Equilíbrio Contratual
DGEG	Direcção Geral de Energia e Geologia
ECOBA	European Coal Combustion Products Association
EDP	Energias de Portugal
EOTA	European Organization for Technical Approvals
ETA	European Technical Approval
EU	União Europeia
EUA	Estados Unidos da América
FGD	Flue gas desulfurization
GHG	Green House Gas
GIC	Grandes instalações de combustão
GN	Gás Natural
MIBEL	Mercado Ibérico de Electricidade
O&M	Operação e Manutenção
OMEL	Operador do Mercado Ibérico de Energía
OMIP	Bolsa Ibérica de Derivados de Electricidade
PCC	Produtos da combustão do carvão
PPA	Power Purchasement Agreement
PRE	Produção em Regime Especial
PRO	Produção em Regime Ordinário
SCR	Selective Catalytic Reduction
SEI	Sistema Eléctrico Independente
SEN	Sistema Eléctrico Nacional
SENV	Sistema Eléctrico não Vinculado
SEP	Sistema Eléctrico Público
SN	Siderurgia Nacional

Capítulo 1 – Introdução

Na dissertação de um mestrado integrado de Electrotecnia e Computadores faz sentido abordar o tema da gestão dos produtos da queima do carvão?

A relação parece óbvia, mas vale a pena explicitar:

MOTIVAÇÃO

É uma dissertação na sua essência sobre a produção de electricidade, sobre centrais térmicas, a que o autor dedicou a maior parte da sua actividade profissional.

E também sobre ambiente, porque a engenharia é o suporte da sustentabilidade da produção eléctrica.

A dissertação torna-se assim multidisciplinar, aumentando porventura a o seu interesse.

É estimulante ver que em Portugal, trabalhando-se numa dimensão incomparavelmente mais pequena que a generalidade dos países europeus, a forma como se lida com os problemas, está perfeitamente alinhada com as políticas consagradas: é só uma questão de escala.

OBJECTIVOS

Na produção de electricidade as tecnologias associadas ao carvão desempenham um papel relevante na satisfação dos consumos.

O carvão é a 2ª fonte de abastecimento de energia primária a nível mundial, com o peso de 30,3% em 2011, só superado pelo petróleo com 33,1%.

Daí que, sendo reconhecido o impacto ambiental da utilização das energias fósseis, no caso do carvão é de extrema importância fazer a gestão dos produtos resultantes da sua queima.

E se nos gases essa gestão atravessa uma fase de inovação e investigação, no caso dos produtos sólidos a solução elementar é a sua deposição em aterro.

Este trabalho pretende demonstrar que existem outras soluções para o seu aproveitamento.

Referem-se as experiências existentes, as boas práticas e os desafios a enfrentar.

Demonstra-se ainda o interesse económico da actividade de utilização dos produtos da queima do carvão.

ESTRUTURAÇÃO

A metodologia proposta tem uma sequência que é a de partir dos cenários globais, a nível mundial ou europeu, para a realidade nacional.

No seu desenvolvimento segue-se a cadeia de produção:

- O carvão
- A electricidade
- A utilização dos resíduos, em contraponto com a sua deposição

É transversal a todos estes capítulos a regra dos **3R**, que geralmente se invoca para lidar com o problema dos resíduos:

Reduzir, mostrando-se as soluções correspondentes a um melhor desempenho;

Reutilizar, citando-se os exemplos de experiências como a recolha das cinzas de fundo e as tecnologias de beneficiação.

Reciclar, referindo-se os mais generalizados aproveitamentos dos produtos, que se tornam matérias-primas de outros processos de produção.

Por opção do autor, na redacção do texto, não foi adoptado o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa de 1990.

Capítulo 2 – O carvão

2.1 – O carvão como recurso energético

Os relatórios sobre energia publicados pela BP [1] constituem a base de consulta para a avaliação do carvão no sistema energético mundial.

Em 2011 o consumo global de energia primária aumentou 2,5% em relação ao ano anterior, alcançando 12274,6 Mtep [Fig. 1].

As taxas de crescimento abrandaram relativamente a 2010, em todas as regiões.

Entre as diferentes formas de energia, o carvão representa mais de 30%.

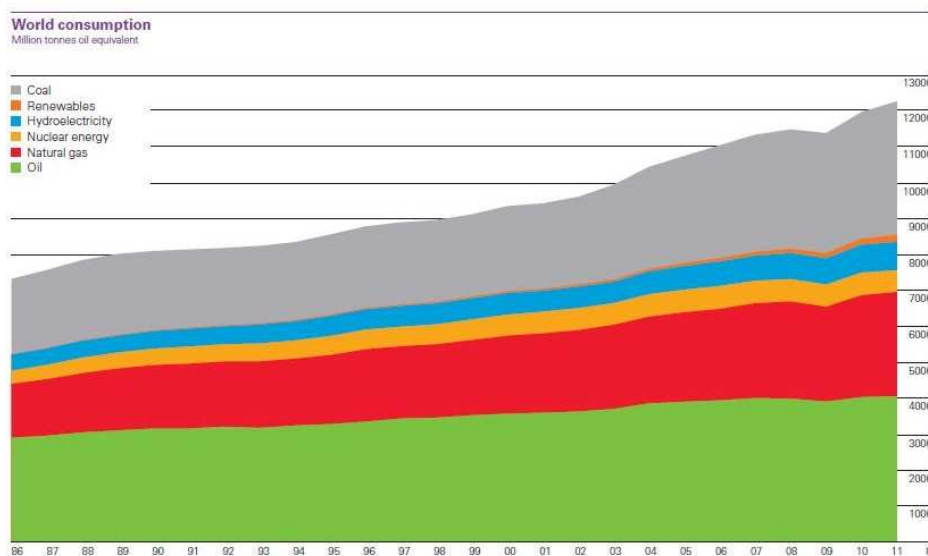


Figura 1 – Consumo mundial de energia primária
(Fonte: BP, "Statistical review of world energy 2012")

As reservas provadas de carvão em 2011 eram suficientes para a satisfação do consumo durante 112 anos [Fig. 2], sendo assim o combustível fóssil mais abundante, pelo rácio reserva/consumo. Este rácio é de 54,2 anos para o petróleo e 63,6 anos para o gás natural.

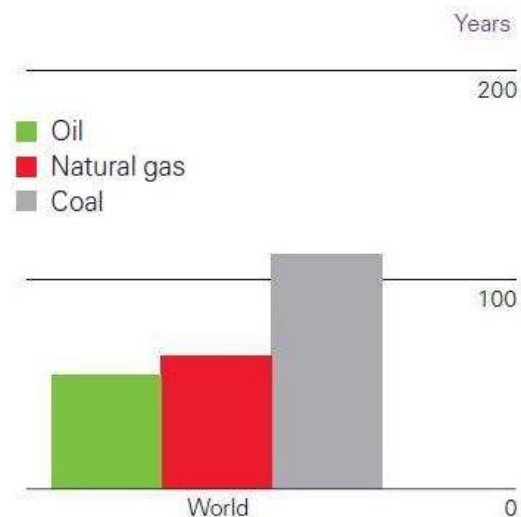
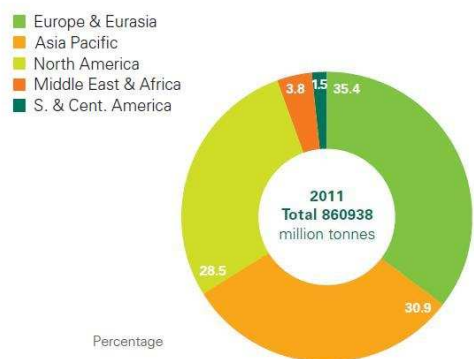


Figura 2 – Reservas provadas de combustíveis em 2011
(Fonte: BP, “Statistical review of world energy 2012”)

Geograficamente as reservas concentram-se e 3 grandes blocos:

A Europa, incluindo os países da antiga União Soviética, a região da Ásia e Pacífico e a América do Norte [Fig. 3].



Source: Survey of Energy Resources, World Energy Council.

Figura 3 – Distribuição geográfica das reservas provadas de carvão em 2011
(Fonte: BP, “Statistical review of world energy 2012”)

A antiga União Soviética apresenta o maior rácio reserva/consumo, com cerca de 408 anos. A União Europeia tem um rácio de 97 anos.

2.1 1- Produção

Em 2011 produziu-se 3955,5 Mtep de carvão, com a distribuição geográfica ilustrada na Fig. 4:

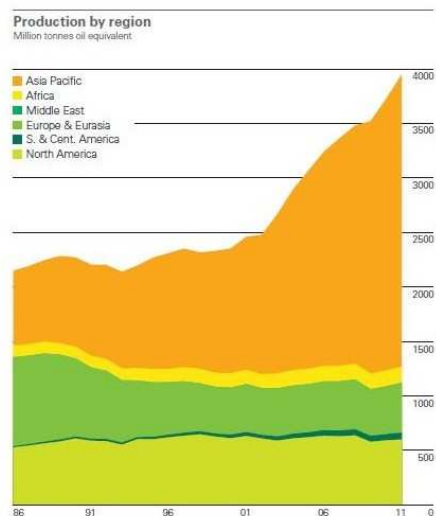


Figura 4 – Produção de carvão por região
(Fonte: BP, “Statistical review of world energy 2012”)

Por países, os maiores produtores são os E.U.A., Colômbia, na Europa e Eurásia, a Federação Russa, Polónia e Cazaquistão, a África do Sul, na Ásia Pacífico, a Austrália, China, Índia e Indonésia.

As condições de exploração são muito favoráveis nos casos em que predominam as minas a céu aberto, com menores custos de extracção [Fig. 5].



Figura 5 – Mina a céu aberto na Austrália
(Foto de Manuel de Oliveira)

Quase todos estes países são grandes consumidores mas a sua produção permite-lhes serem os principais exportadores mundiais. Ressalva-se o caso da Índia que não é auto-suficiente apesar de ser um dos grandes produtores.

O aumento de produção de 2011 em relação a 2010 foi de 6,1%, mantendo-se uma trajectória ascendente que tem ocorrido nos últimos anos.

2.1.2 - Consumo

O consumo total de carvão em 2011, a nível mundial, foi de 3724,3 Mtep, representando um aumento de 5,4% em relação ao ano anterior.

Por regiões, a distribuição foi a seguinte [Fig. 6]:

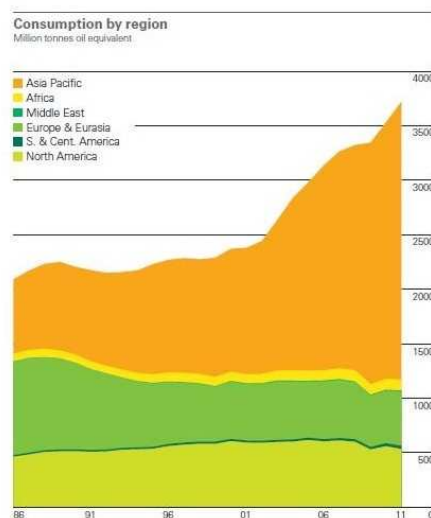


Figura 6 – Consumo de carvão por região
(Fonte: BP, “Statistical review of world energy 2012”)

O consumo na região da Ásia Pacífico cresceu 8,4%.

2.1.3 - Preços

Em relação aos preços verifica-se que tendencialmente estes seguem os do petróleo [Fig. 7], com a excepção do ano de 2008, em que existiram problemas de mercado entre a Austrália e a China e onde os consumos neste último país dispararam com a realização dos jogos olímpicos.

No aprovisionamento do carvão tem peso a componente dos fretes. Estes são influenciados principalmente por dois factores:

- A disponibilidade de navios graneleiros, que em alguns períodos se encontram fortemente alocados em transportes para a Ásia;
- O próprio preço do combustível, derivado do petróleo e portanto aumentando a correlação com o preço do crude.

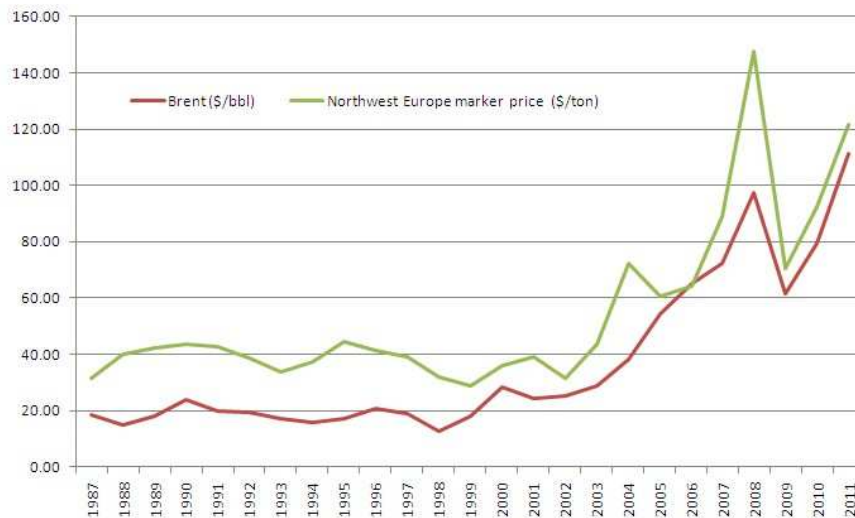


Figura 7 – Preços do carvão vs Petróleo
(Fonte: BP, “Statistical review of world energy 2012”)

2.1.4 – O consumo de carvão na Europa

Para o conjunto da UE tem-se vindo a verificar ao longo do tempo uma tendência de descida do consumo dos diversos tipos de carvão, como se podem ver pela consulta das bases de dados da Eurostat [Fig. 8].

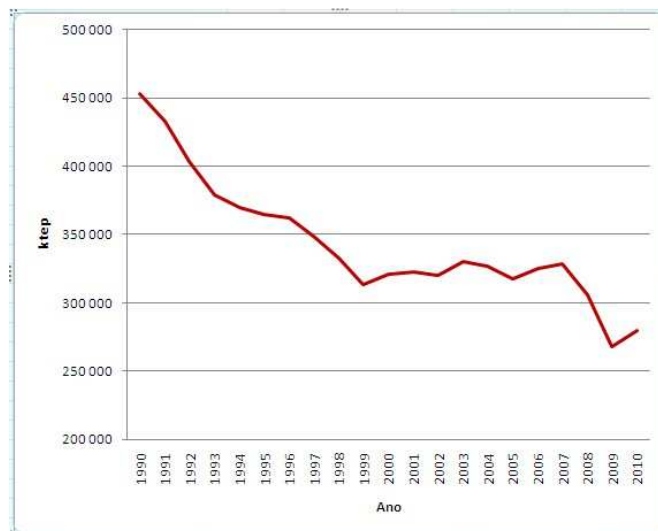


Figura 8 – Consumo de combustíveis sólidos na UE (27 países)
(Fonte: Eurostat)

Esta redução é contrariada nos 2 últimos anos, de 2010 e 2011, onde se verifica um acréscimo de consumo.

Tal facto é atribuído à competitividade de preços com os outros combustíveis e ao incremento do uso do carvão na produção de electricidade em países como a Alemanha e a Espanha.

2.1.5 – O consumo de carvão em Portugal

Vale a pena detalhar a evolução do sector carbonífero em Portugal, incluindo a produção e o seu significado para o próprio desenvolvimento do País. Mas para esse efeito está reservado o subcapítulo seguinte, dedicado ao assunto.

Na linha do estudo do recurso, neste ponto pretende-se ver o peso do carvão, no consumo de energia primária, de acordo com as estatísticas da Direcção Geral de Energia e Geologia [Tabela 1].

Tabela 1 – Consumo de energia primária

Ano	(ktep)											
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Carvão	3 813	3 201	3500	3 355	3 375	3 349	3 310	2 883	2 526	2 858	1 657	2 406
Petróleo	15 568	15 799	16417	15 257	15 411	15 877	14 305	13 567	12 612	11 765	11 245	10 381
Gás natural	2 064	2 267	2743	2 649	3 316	3 761	3 595	3 821	4 157	4 233	4 507	4 475
Importações Líquidas de Electricidade	80	21	163	240	557	587	468	644	811	411	226	242
Renováveis	3 728	3 956	3 511	4 236	3 780	3 496	4 267	4 436	4 333	4 833	5 280	5 353
Resíduos industriais						18	26	25	40	40	39	40
Consumo de Energia Primária (C.E.P.)	25 254	25 244	26 334	25 737	26 440	27 087	25 971	25 350	24 462	24 139	22 902	22 675

Ao longo dos últimos anos é visível o decréscimo do petróleo, cada vez menos usado na produção de electricidade e a ascensão das renováveis, impulsionadas pela energia eólica [Fig. 9]. O gás natural cresce principalmente no sector doméstico, remetendo-se assim o carvão para uma situação de apoio, o que lhe valeu a recuperação em 2011 (e em 2012), resultante de serem anos secos.

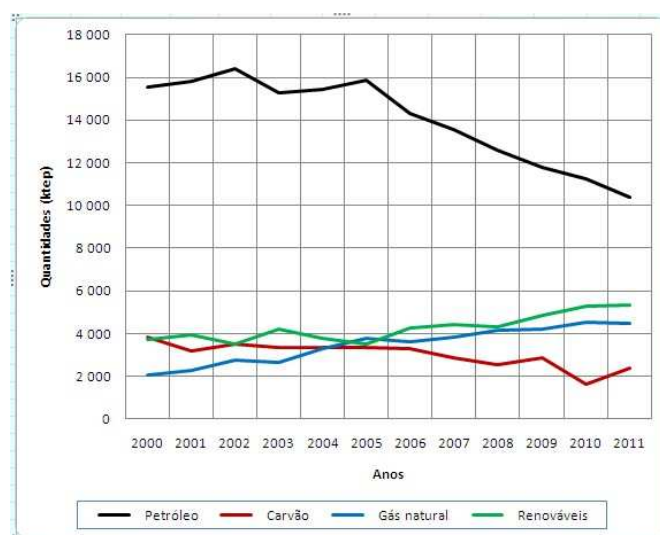


Figura 9 – Consumo de energia primária
(Fonte: DGEG, Balanços Energéticos)

No que diz respeito à utilização, existem 3 grandes sectores onde o carvão é o combustível preferencial:

- O siderúrgico e metalúrgico, que em Portugal foi perdendo peso como consumidor desta forma de energia, designadamente com a reconversão da Siderurgia Nacional em que o alto-forno foi substituído por um forno de arco voltaico [Fig. 10].



Figura 10 – Forno de arco voltaico, na SN Seixal
(Foto do autor)

- A indústria cimenteira, mas que face aos preços vantajosos do petcoke, passou a dar preferência a este combustível.

- A produção de electricidade, que representa assim a quase totalidade dos consumos nacionais. Face a este panorama, passa-se a descrever as principais características das centrais térmicas a carvão, actualmente em serviço em Portugal.

As centrais térmicas a carvão

O acesso dos dados seguintes foi obtido a partir de informação pública disponibilizada pelas empresas.

Sines



Figura 11 – Central de Sines
(Foto: EDP)

Tabela 2 – Caracterização da central térmica de Sines

Características gerais	
Empresa	EDP Gestão da Produção de Energia, SA
Concelho	Sines
Entrada em serviço	1985, 1º grupo; 1989, último grupo
Potência total instalada	1180 MW
Número de grupos	4

Geradores de vapor	
Fabricante	Mague/Foster Wheeler
Tipo	Circulação natural
Combustível	carvão pulverizado
Consumo de combustível (máx. carga)	106 t/h
Moinhos de carvão, número	4 por caldeira
Número de queimadores	20 por caldeira
Capacidade vaporização	950 t/h
Temperatura	535 °C
Pressão vapor:	
Sobreaquecido	167 x 10 ⁵ Pa
Reaquecido	47 x 10 ⁵ Pa
Rendimento Efficiency	87 %
Chaminé	225 m

Turbinas	
Fabricante	Mague/Asea Brown Boveri
Tipo	Fluxo axial
Velocidade Speed	3000 r.p.m.
Número de corpos	AP 1; MP 1; BP 2
Pressão de vapor	
AP	167×10^5 Pa
MP	47×10^5 Pa
Rendimento	45 %

Alternadores	
Fabricante	Mague
Potência aparente	360 MVA
Refrigeração	Hidrogénio
Refrigeração do estator	Água
Excitação	Estática
Tensão de geração	18 kV

Transformadores	
Potência aparente	340 MVA
Relação de transformação:	
Grupo 1	150/18 kV
Grupos 2, 3 e 4	400/18 kV

Pego



Figura 12 – Central do Pego
(Foto: Tejo Energia)

Tabela 3 – Caracterização da central térmica do Pego

Características gerais	
Empresa	Tejo Energia, SA
Concelho	Abrantes

Entrada em serviço industrial	1993, 1º grupo; 1995, 2º grupo
Potência total instalada	576 MW
Número de grupos	2

Geradores de vapor	
Fabricante	Mague/Foster Wheeler EC
Tipo	circulação natural
Combustível	carvão pulverizado
Consumo de combustível	108 t/h
Temperatura da água de alimentação	256 °C
Produção de vapor a M.C.R.	264 kg/s = 950 t/h
Temperatura de saída de vapor sobreaquecido	535 °C
Pressão de saída de vapor sobreaquecido	167 x 10 ⁵ Pa
Eficiência	87,8 %

Moinhos de carvão	
Fabricante	Mague/Foster Wheeler EC
Modelo	MBF 22 (3 mós)
Número	4 por caldeira
Capacidade	36 t/h

Queimadores de Carvão	
Fabricante	Mague/Foster Wheeler EC
Modelo	fluxo controlado/chama dividida (CF/SF), baixo índice de NOx
Número	16 por caldeira

Turbinas	
Fabricante	Mague/Asea Brown Boveri
Modelo	D4Y450 (4 cilindros, veio único, acção-reacção)
Velocidade nominal	3000 rpm
Temperatura do vapor à entrada do cilindro de AP	530 °C
Pressão do vapor à entrada do cilindro de AP	162 x 10 ⁵ Pa
Temperatura do vapor à entrada do cilindro de MP	530 °C
Pressão do vapor à entrada do cilindro de MP	43 x 10 ⁵ Pa

Alternadores	
Fabricante	Mague/Asea Brown Boveri
Modelo	WTF 22 Im
Potência	361882 kVA (cos f = 0,85)
Tensão nominal aos terminais	18 kV
Estator refrigerado por água	
Refrigeração directa por Hidrogénio no estado gasoso	
Excitação	sistema de excitação estática

Sistema Principal de Comando	
Fabricante	Hartmann & Braun
Modelo	Contronic E

2.2 – O carvão em Portugal

A nível nacional o recurso energético do carvão pode ser olhado numa perspectiva histórica mas também da forma como foi encarado à luz da política energética nacional.

2.2.1 – Enquadramento histórico

Desde muito cedo, finais do século XIX e início do século XX, que Portugal começou a recorrer à electricidade como factor de desenvolvimento e de modernidade do país.

Inicialmente para fins de iluminação pública, substituindo os candeeiros a gás e a petróleo, mas rapidamente numa perspectiva de utilização residencial e de força motriz, para transporte e para as unidades industriais.

Afigura-se assim uma situação inicial de produção descentralizada, junto dos consumos.

No caso de Lisboa, a central Tejo foi a referência durante muitos anos. Entrou em funcionamento em 1919 e só foi formalmente desclassificada em 1975. A sua configuração foi evoluindo ao longo dos anos, tendo desde 1951 ficado com 13 caldeiras e 5 geradores, num total de 64 MW. O combustível utilizado era o carvão, importado a partir de Inglaterra.

Em 1927 o sistema produtor estava repartido por inúmeras centrais de pequena potência, que asseguravam o abastecimento do país [Tabela 4]:

Tabela 4 – Centrais em 1927. Fonte: *Lisboa e a Electricidade*

	Serviço público		Serviço particular	
	Hidráulica	Térmica	Hidráulica	Térmica
Número	36	104	23	151
Potência global (MW)	27,8	66,9	5,5	33,9
Potência média (kW)	772	643	239	224

Para estas 314 centrais a potência global era de 134,1 MW e a média de 427 kW. No entanto, as centrais com potência inferior a 100 kW eram 34 hídricas e 155 térmicas, com a potência média respectiva de 42 kW e 50 kW.

As centrais de serviço público anteriormente denominadas de “comercio em espécie e tracção”, asseguravam a iluminação pública, consumos residenciais e de transportes. As segundas, de “uso próprio”, estavam essencialmente ligadas à indústria, nomeadamente têxtil, papel, cerâmica, cimenteira e siderúrgica.

É curioso ver a preocupação de utilização dos recursos hídricos que era acompanhada pela instalação de grupos térmicos, como complemento em períodos de menos água ou mesmo como alternativa em zonas do país sem hidroelectricidade.

Podem ser citados alguns exemplos bem conhecidos: no Porto, a central do Freixo [Fig. 13], em Setúbal a da Cachofarra.



Figura 13 – Central do Freixo
(Foto: lugaresesquecidos.com)

Na consulta das estatísticas da DGEG [Tabela 5] é possível ver o carvão como recurso energético endógeno, até ao ano de 1994:

Tabela 5 – Produção de carvão nacional (ktep)

Ano:	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Produção Doméstica						
Carvão	115	111	91	81	60	0

O facto de existirem reservas deste combustível fez com que ele desempenhasse uma função importante no abastecimento energético do país.

As minas de carvão das serras de Aires e dos Candeeiros abasteceram muitas pequenas centrais térmicas do centro do país.

Por exemplo, a fábrica de fiação de Alcobaça possuía uma central hídrica, que lhe garantia o abastecimento de electricidade. Mais tarde instalou também uma central térmica, a carvão, para apoio.

Perto, também é conhecida a central de Porto de Mós, no concelho do mesmo nome [Fig. 14].



Figura 14 – Central de Porto de Mós
(Foto do autor)

Apesar do estado de ruína das instalações, ainda é possível ver nos dias de hoje as soluções de construção que foram adoptadas.

O sistema de refrigeração merece ser preservado [Fig. 15].



Figura 15 – Detalhe da torre de refrigeração
(Foto do autor)

As minas da Bezerra, que alimentavam esta central foram encerradas mas durante a sua exploração fazia-se a distinção entre os carvões de melhor qualidade, usados na indústria cimenteira, fábrica de Pataias e os mais pobres que se destinavam à produção de electricidade. As imagens do acesso a estas minas [Fig. 16], são ilustrativas do seu potencial e rentabilidade, se comparadas com o exemplo anterior da Austrália [Fig. 5].



Figura 16 – Entrada da mina da Bezerra
(Foto do autor)

Há o registo de que as cinzas das caldeiras eram aplicadas na construção de caminhos rurais.

O desenvolvimento da rede eléctrica nacional e o aparecimento dos grandes aproveitamentos hidroeléctricos, a partir dos anos 40 e das grandes centrais termoeléctricas, nos anos 50 e seguintes, veio pôr fim à exploração de muitos destes centros produtores dispersos e de reduzida potência. Mas tinham sido fundamentais para a criação da rede de clientes a ser abastecida pelo sistema eléctrico e que esteve na base do seu desenvolvimento.

Refira-se ainda que a primeira grande central termoeléctrica, da Tapada do Outeiro, 1958-2004, 3x46,5 MW, [Fig. 17] foi construída também para aproveitar os recursos carboníferos nacionais, das minas de S. Pedro da Cova e do Pejão. Os valores da produção inscritos na tabela 5 dizem respeito a estas minas. O baixo poder calorífico e alto teor de cinzas, obrigava ao apoio à combustão feito com fuelóleo.



Figura 17 – Caldeiras da central da Tapada do Outeiro
(Foto do arquivo do autor)

Uma nota para a arquitectura dos edifícios industriais que possuíam um estilo próprio, caracterizaram as instalações e que na maior parte dos casos não foram preservados, nem como património histórico, nem como infra-estrutura cultural.

2.2.2 – Enquadramento político

O carvão como combustível para a produção de electricidade volta a ser considerado, anos mais tarde, como alternativa à introdução de novas centrais a fuelóleo.

Com efeito, construídas nos anos 60, 70 e 80, as centrais do Carregado, Barreiro e Setúbal vieram a enfrentar os efeitos dos choques petrolíferos.

O carvão, importado, assume assim uma garantia da segurança do abastecimento. Nos anos 80 foram construídas as Centrais de Sines e do Pego, atrás descritas.

A introdução do Gás Natural levou ao aparecimento das centrais de ciclo combinado, a partir dos anos 90 e no início do século XXI ocorreu uma aposta forte na energia eólica e noutras renováveis, que, curiosamente, constituem uma nova onda de pequena produção descentralizada.

Chega-se assim à actual configuração do sistema eléctrico nacional, em que o carvão é remetido para um papel de “backup” das energias renováveis.

Capítulo 3 – A electricidade

3.1 – O sistema eléctrico Português

A evolução do sistema eléctrico em Portugal foi o resultado de uma mudança de tratamento do sector, tal como se verificou a nível global, nos últimos anos.

3.1.1 – A electricidade como um serviço

Convencionalmente a forma de ver a electricidade reflectia muita prudência:

- Os investimentos eram considerados muito volumosos e portanto necessitavam do apoio do estado – directo, ou através de empresas públicas.
- Estava em causa a balança de pagamentos, uma vez que, quer os equipamentos, quer os combustíveis, eram quase todos importados.
- A dependência energética – no sentido de dependência de importações vindas de Espanha – era sinónima de independência nacional em risco.
- Os custos deviam ser minimizados, pois a electricidade como factor de produção punha em causa a capacidade de concorrência da economia do país.
- O sistema devia ser seguro pois as interrupções de serviço representam perdas de produção industrial e outras, com repercussões muito grandes.

Caracterizava o sector eléctrico:

- Após um período histórico de dispersão, o movimento foi de concentração da actividade, culminando com a empresa única, a EDP.
- A verticalização, com o operador a assegurar toda a cadeia de abastecimento – produção, transporte e distribuição.
- A ideia de que se estava perante um monopólio natural, pois não fazia sentido existirem linhas de alta tensão, estendidas no mesmo percurso, pertencentes a diferentes redes e muito menos, a duplicação de fios nas casa de consumidores de acordo com as diferentes distribuidoras.
- O conceito de que o abastecimento de electricidade era um serviço (público).
- Metodologicamente, o recurso aos instrumentos de planeamento para serem definidos os investimentos e os regimes de exploração das redes.

Foi exemplo desta realidade o tempo em que apareceram os planos energéticos nacionais de 1982 e 1984.

Por sua vez, os grupos das centrais entravam em serviço e assumiam carga às ordens do Despacho Nacional.

Demonstra-se que um sistema com as características do sistema eléctrico é optimizado no seu crescimento através da cobertura de consumos pela introdução de novas centrais, cada vez mais eficientes.

Estas centrais vão entrar na base do diagrama de cargas, atirando para uma menor utilização as centrais com pior rendimento, mas com a sua amortização quase integralmente efectuada. Consegue-se assim um custo médio de produção com os melhores valores.

A articulação entre os grupos térmicos e os grupos hídricos é feita através da entrada das unidades de fio de água para a base e a gestão das albufeiras, de acordo com a hidraulicidade anual, arbitrando o seu valor de produção, em função dos grupos térmicos que irão substituir.

O despacho é portanto feito a custo marginal, sendo o diagrama fechado pelas albufeiras ou pelas térmicas mais antigas. [2]

3.1.2 – A electricidade em mercado regulado

A forma de ver o sector eléctrico evoluiu a partir dos anos 90, coincidindo com a fase pós entrada de Portugal na CE, onde se iniciavam as políticas orientadas para a constituição do mercado europeu da energia, sob a alçada do comissário português, Cardoso e Cunha.

A incapacidade da EDP só por si fazer face à expansão do sistema levou à admissão de novos operadores na produção, que deixou de ter a característica de ser monopólio do estado.

Aliás, a abertura já tinha sido ensaiada para a pequena produção (até 10 MW) e para a cogeração. No novo regime, surgem a Tejo Energia e a Turbogás, concessionárias, respectivamente, das centrais do Pego (carvão) e Tapada do Outeiro (gás natural).

A produção estava contratualizada entre estas 3 principais empresas e a REN que assumia a função comercial do sistema.

Surge a supervisão da entidade reguladora, a ERSE, e a formação dos preços de venda é feita pela agregação dos custos reconhecidos dos diferentes operadores, podendo ser mesmo limitados, num sistema de “price cap”.

O despacho continuava a ser feito centralizadamente. [3]

A organização do Sistema Eléctrico Nacional está esquematicamente representada na figura 18.

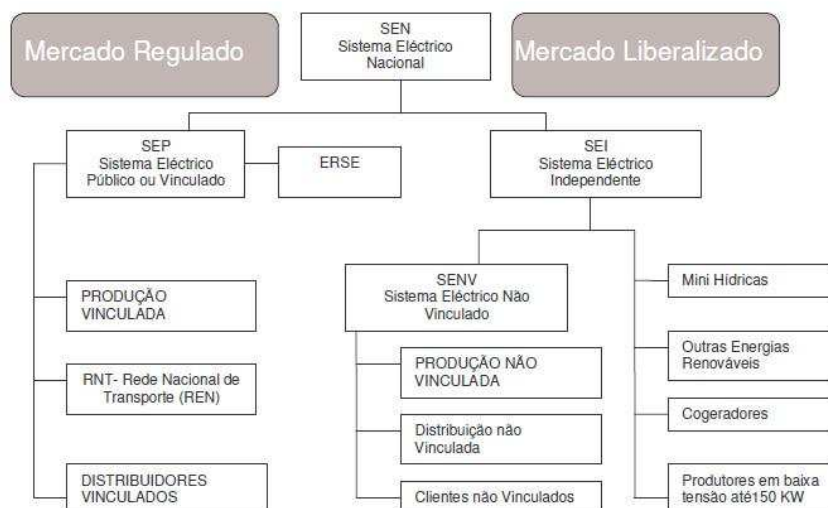


Figura 18 – Organização do SEN
(Fonte: ERSE)

3.1.3 – A electricidade em mercado liberalizado

Continuando a assimilar as Directivas Europeias, o sistema evoluiu no sentido da liberalização e da integração ibérica, com maior intensidade a partir de 2007, ano em que acabaram alguns dos contratos, substituídos por mecanismos de cobertura dos custos de manutenção do equilíbrio contratual (CMEC). A EDP, que aderiu a este regime, passou a vender a sua produção em mercado.

Principais características do sector:

- Sistema de transacções em mercado de âmbito ibérico (MIBEL), com ofertas em mercado diário (OMEL) e a prazo (OMIP).
- Em simultâneo existem outras figuras de mercado como os leilões e os contratos bilaterais.
- O peso crescente do Gás Natural (GN) como combustível para a produção de electricidade, em centrais de ciclo combinado (CCGT).

De este tipo de centrais inicialmente só estava prevista uma para viabilizar o projecto de GN em Portugal – este combustível era rotulado de demasiado nobre para ser utilizado no sector eléctrico. Estão actualmente ao serviço as seguintes CCGT, constantes na Tabela 6, num total de 3829 MW e cuja localização consta do mapa do Anexo 1.

Tabela 6 – CCGT em Portugal. Fonte: REN

Designação	Ano de entrada em serviço	N.º de Grupos	Potência unitária (MW)	Potência Total (MW)
Tapada do Outeiro TurboGas	1999	3	330	990
Ribatejo EDP	2004	3	392	1176
Lares EDP	2009	2	413	826
Pego ElecGas	2011	2	418,5	837

Actualmente, o carácter modular das centrais de ciclo combinado permite a sua construção em períodos muito curtos (cerca de 36 meses) e a tecnologia evoluiu para rendimentos térmicos que se aproximam dos 60%.

Ou seja, esta tecnologia permite reduzir os custos de investimento e também os encargos variáveis.

No entanto, o preço do gás natural e a reduzida utilização das centrais pode inverter a avaliação subjacente aos projectos.

Quanto aos rendimentos, a meta dos 60% já foi alcançada com equipamentos Siemens, em instalação na Alemanha [Fig. 19].



Figura 19 – Central de Irsching (Eon)
(Foto de Rita Vieira)

Neste regime, se a electricidade possui vendedores e compradores e pode ser transaccionada num mercado, o seu abastecimento deixa de ter características de serviço, passando a ser encarado como a transacção duma mercadoria – de “utility” passa a “commodity”.

O problema do monopólio natural foi ultrapassado pela introdução de uma nova figura: o comercializador [Fig. 20]. As infraestruturas das redes de transporte e de distribuição funcionam efectivamente como pertença de agentes únicos, mas o relacionamento com os clientes é feito pelos comercializadores, que compram e vendem a electricidade em competição entre si.



Figura 20 – Sistema Eléctrico Nacional
(Fonte: EDP)

No sistema concorrencial descrito existe um despacho centralizado que se limita a impor critérios técnicos para garantir a segurança da rede. Apesar disso, a alocação da energia eléctrica, em mercado livre, não é muito diferente da do despacho a custo marginal.

Com efeito, entrando em serviço os grupos que “casaram” a oferta e a procura, significa que entram primeiro os grupos mais baratos, sendo a ponta assegurada pelos mais caros, tal como no despacho económico a custo marginal.

3.1.4 – Um mercado imperfeito

Neste enquadramento apareceu um factor novo: o peso da produção em regime especial, incluindo as renováveis, com realce para a eólica.

Os produtores são remuneradas pela energia produzida, através de um tarifário estabelecido à partida, pago desde o momento de ligação à rede e designado por “feed in”. Este tarifário resulta de contratos de longo prazo e os grupos abrangidos vão ocupar a base do diagrama de cargas, remetendo os grupos mais baratos para as pontas e aumentando o preço médio de produção.

Esta distorção do mercado conduz inevitavelmente a sobrecustos para o Sistema que deixa de estar optimizado e que, em função da interruptibilidade e baixa produtividade dos sistemas eólicos e solares, necessita de grupos com função de suporte (backup).

Com este desenho, o peso do mercado, em Portugal, tem vindo a decrescer [Tabela 7]:

Tabela 7 – Consumo abastecido pelo mercado (Fonte:REN)

Ano	2007	2008	2009	2010	2011
Mercado (%)	80	77	71	66	66

Actualmente, a potência instalada corresponde a mais do dobro do valor máximo da potência de ponta do diagrama de consumos.

Remunerar todo este investimento, de modo a que os produtores não se sintam defraudados, leva a custos para os consumidores muito superiores aos que teriam nos modelos otimizados.

Veja-se o que aconteceu aos pressupostos que deviam reger um sistema bem dimensionado:

- Os investimentos feitos criteriosamente: Uma vez que a introdução de novas centrais constituem receitas para o Estado, através de concessões e de licenciamentos, o incentivo é o de licenciar instalações quase indiscriminadamente. Tal facto até nem seria negativo se o risco do investimento fosse integralmente assumido pelo promotor.

- A balança de pagamentos: O excesso de equipamentos importados e o aumento dos preços dos combustíveis têm desfavorecido o equilíbrio da balança comercial [Fig. 21].

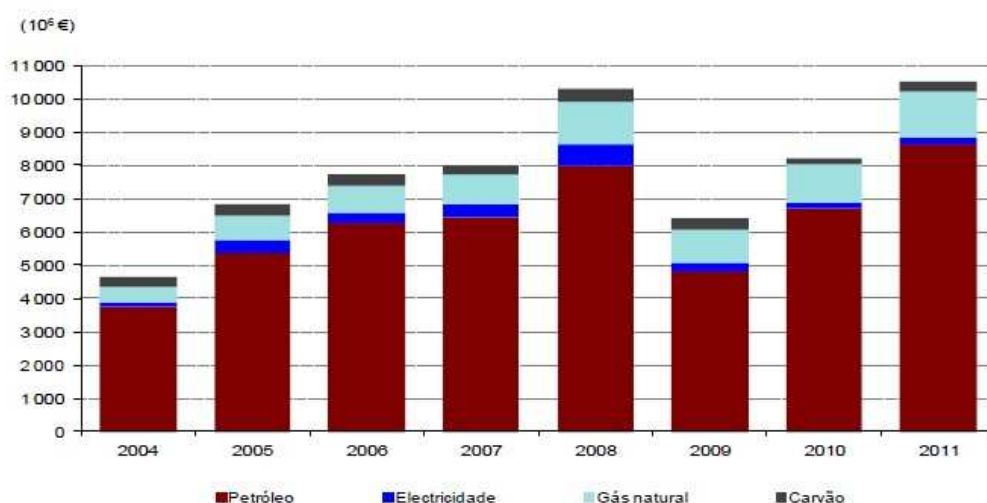


Figura 21 – Importação bruta de energia, 2004-2011

(Fonte: DGEG)

- A dependência energética [Tabela 8]:

Tabela 8 – Dependência energética (Fonte: DGEG)

2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
88,8%	83,9%	82,5%	83,3%	81,2%	76,7%	77,1%

Este indicador, calculado a partir da energia e não dos custos, tem mostrado evolução favorável, dependendo de factores como a hidraulicidade e, sem dúvida, do crescimento da electricidade de origem eólica.

Mas a redução pode também ser atribuída à diminuição dos combustíveis rodoviários, associada à menor actividade económica e aos preços de venda.

Em termos de pagamentos, o peso do petróleo aumentou substancialmente (Fig. 21).

- Os custos minimizados: Os preços dos combustíveis, negociados com contratos que têm atirado para inactividade as centrais de ciclo combinado, levam a considerar se os investimentos foram os mais correctos.

- A segurança: O excesso de capacidade é evidente [Fig. 22]. A segurança da rede pode ser assegurada por uma reserva de 15 a 20%, incluindo reserva girante.



Figura 22 – Cobertura da ponta pela potência instalada

(Fonte: REN)

Existe um factor que também é importante referir: o ambiente. O sistema concebido com base nas energias renováveis e por força do volume de importações verificado, apresenta níveis de emissões que são uma melhoria em relação ao passado. Mas, dado que o preço em mercado do CO₂ se tem mantido a níveis bastante baixos, não vai contribuir significativamente para a viabilização dos investimentos pela via económica.

Por outro lado, a dificuldade de cumprimento de compromissos internacionais, nomeadamente os estabelecidos na sequência do protocolo de Quioto, advém do sector dos transportes em que as reduções verificadas foram muito menores e conseguidas sobretudo à custa da redução da actividade económica.

3.1.5 – Considerações

Em consequência do descrito, o futuro da política energética passa pela procura de zonas em que seja possível cortar preços, quer nos contratos, quer nas tarifas de “feed in”.

Por sua vez as necessidades de expansão não pressionam a instalação de potência adicional – assumida a desclassificação dos grupos mais antigos e obsoletos, o tempo levará a um novo patamar de equilíbrio entre oferta e procura.

Das centrais de regime vinculado / regime ordinário, já foram colocadas fora de serviço, a Tapada do Outeiro (carvão, 139,5 MW), Alto de Mira (gasóleo, 132 MW), Tunes 1 e 2 (gasóleo, 32 MW), Carregado (fuelóleo e gás natural, 710,2 MW), seguindo-se Tunes 3 e 4 (gasóleo, 165 MW) e Setúbal (fuelóleo, 946,4MW).

A agravar o cenário actual está o facto de, como se vê na Figura 23, Portugal continuar a ser um importador líquido de electricidade. Isto deve-se às opções de política energética em Espanha, que levantam também questões de racionalidade. É o caso, por exemplo, da subsídição cruzada ao sector carbonífero.

Por tudo o que ficou exposto, as centrais que utilizam o carvão como combustível, Sines [4] e Pego, ocupavam o lugar de centrais de base, pelo baixo custo de produção e com uma importância muito grande na diversificação de fontes de energia primária [Fig. 23].

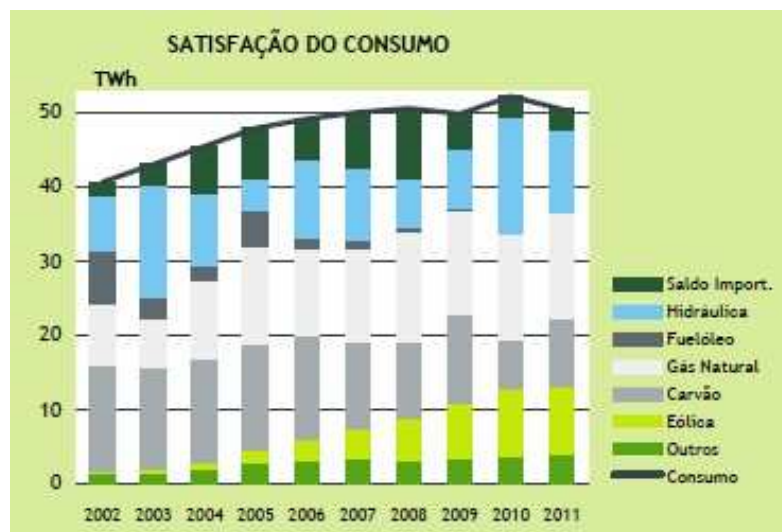


Figura 23 – Produção de electricidade
(Fonte: REN)

Com a penetração dos produtores em regime especial, sem actuarem no mercado e com a sobrecapacidade do sistema, foram remetidas para uma função de segurança, desempenhando tendencialmente o papel de fecho do diagrama de cargas: remetidas para as pontas, entram depois das PRE, fios de água, ciclo combinado (antes de consumidas as quantidades mínimas contratuais de gás natural, estabelecidas nas cláusulas de “take or pay”) e importação.

Claro que esta utilização tende a aumentar em anos secos, como 2008, 2009 ou já em 2012, mas com a hidraulicidade a aumentar o seu funcionamento diminui [Tabela 9].

Tabela 9 – Satisfação dos consumos pelo carvão (Fonte: REN)

Produção para abastecimento do consumo	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Sines (GWh)	9 590	9 694	8 048	6 926	8 869	4 889	6 879
Pego (GWh)	4 701	4 376	3 615	3 498	3 073	1 663	2 250
TOTAL (GWh)	14 291	14 070	11 663	10 423	11 942	6 553	9 128
Consumo total (GWh)	47 940	49 174	50 059	50 595	49 873	52 198	50 503
Peso do carvão (%)	29.8	28.6	23.3	20.6	23.9	12.6	18.1

No ano de 2008 a menor utilização das centrais a carvão resultou parcialmente da indisponibilidade associada à instalação dos equipamentos de dessulfuração,

No futuro, as centrais a carvão poderão ter um funcionamento mais estável, aumentando o peso das hidroeléctricas com bombagem ou, se a isso não corresponder uma desaceleração de energias como a eólica, podem definitivamente ficar remetidas para a inactividade.

Claro que aqui também entra o valor relativo dos custos de produção a gás natural e a carvão, mas tendencialmente este último combustível leva a vantagem.

3.2 – O carvão limpo

Em Portugal, quando por opção de política energética para a produção de electricidade, foram construídas as centrais térmicas a carvão de Sines e Pego, a minimização do impacte ambiental foi uma preocupação patente nos projectos e nas actualizações que sofreram posteriormente com a introdução das tecnologias de dessulfuração e de desnitrificação [Fig. 24].

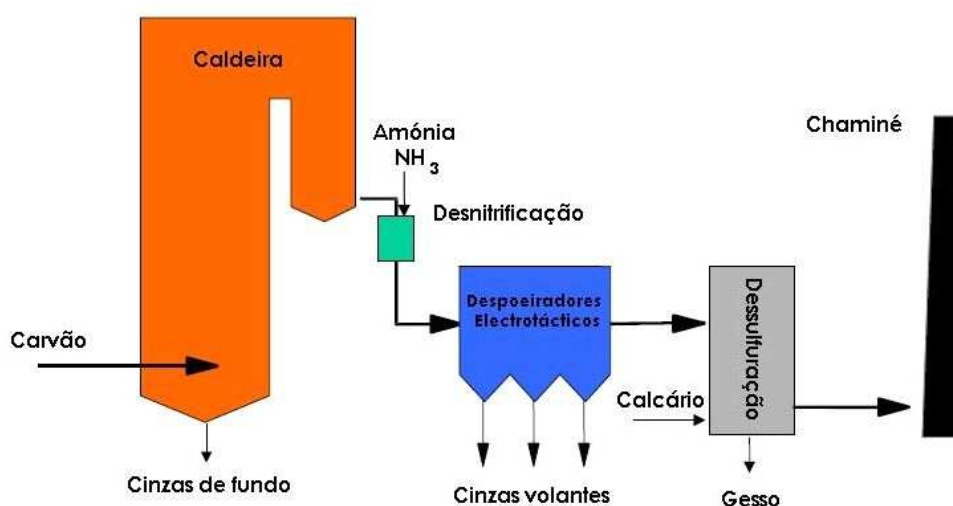


Figura 24 – Gerador de vapor de uma central a carvão

(Fonte: ECOBA, adaptado do inglês)

A tecnologia utilizada nestes Grupos Geradores de Vapor leva à produção de três produtos resultantes da combustão do carvão e do processo de dessulfuração:

- As cinzas volantes, recolhidas nos precipitadores electrostáticos;

- As cinzas de fundo obtidas por gravidade nos cinzeiros das caldeiras;
- O gesso resultante da captura do óxido de enxofre nos gases.

Foi prevista uma área de deposição junto às centrais para todos estes produtos. No entanto sempre existiu a preocupação de que a colocação em aterro fosse o último recurso, por motivos económicos e ambientais.

3.2.1 – Os despoeiradores

As partículas em suspensão nos gases de combustão sempre foram indesejáveis, quer pela imagem de fumo escuro à saída da chaminé, quer pelo seu efeito na deposição - devido à sua acidez são responsáveis pela “queima” dos locais onde caem. A dispersão conseguida pelo grande comprimento das chaminés (superiores a 200 m em Sines e no Pego) não é suficiente.

Veja-se o caso das centrais a fuelóleo do Carregado e Setúbal que, apesar de terem um horizonte de funcionamento limitado, ainda foram objecto da instalação de despoeiradores, reduzindo assim os impactos em plantações e nas zonas circundantes.

Para as centrais a carvão é vulgar que o teor de cinzas do carvão ultrapasse os 10%, o que significa, para uma utilização média, a produção de muitas centenas de milhar de toneladas anuais.

Tecnologicamente existem duas soluções mais utilizadas: os filtros de mangas e os despoeiradores electrostáticos.

Estes últimos estão mais divulgados nas centrais modernas pela sua elevada eficiência (superior a 99,5%) e como solução consagrada. Consistem na instalação de umas placas polarizadas no circuito dos fumos que atraem as partículas das cinzas ionizadas. Por um sistema de batimento periódico nas placas, as partículas vão cair numa zona de tremonhas de onde são encaminhadas pneumáticamente para silos de armazenamento [Fig. 25]. Como as cinzas antes de capturadas são levadas em suspensão pelos fumos da caldeira, designam-se de cinzas volantes.

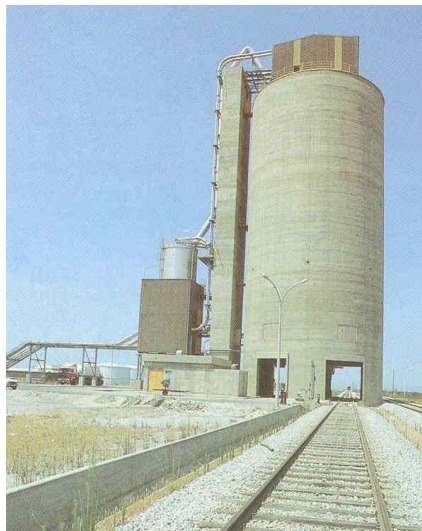


Figura 25 – Silo de cinzas volantes
(Fonte: EDP, Sines)

Ao abrigo da aplicação da Directiva 2001/80/CE que estabelece os limites de emissão para poluentes atmosféricos provenientes das grandes instalações de combustão (GIC), em 2007 foram efectuadas revitalizações nos precipitadores, de acordo com as melhores técnicas disponíveis (BAT). As emissões ficaram assim limitadas a 20 mg/Nm³

3.2.2 – Os cinzeiros

No corpo principal dos geradores de vapor, forma-se dois tipos de cinzas: um que fica agarrado às paredes da caldeira, conhecido por escória ou “slag” e o outro que adquire dimensões razoáveis e então por gravidade acaba por se precipitar no fundo da fornalha: designa-se de cinza de fundo ou “bottom ash”.

Sistemas de remoção de cinzas de fundo

Ao contrário do Pego, que dispunha de um sistema semi-seco de extracção de cinzas de fundo, quando Sines iniciou a sua operação, no ano de 1985, as caldeiras foram equipadas com um sistema de remoção húmido das cinzas de fundo. Neste sistema a cinza é recolhida numa zona cheia de água e é removida por meio de jactos de água de alta pressão. Seguidamente é encaminhada para uma bacia de decantação onde perde a humidade sendo depois transportada para a armazenagem. O funcionamento deste sistema revelou algumas desvantagens:

- O consumo de água
- Tratamento de efluentes
- Manipulação de cinzas e gestão deposição
- Consumo de energia

A substituição do cinzeiro húmido por um sistema de extracção a seco [Fig. 26] foi efectuada com recurso uma solução de tecnologia considerada inovadora [5].



Figura 26 – Sistema de extracção a seco
(Fonte: Magaldi)

O novo sistema é composto por um tapete de recolha e tem a possibilidade de triturar e moer a seco as cinzas retiradas do fundo da caldeira, misturando-as com a cinza do economizador e dos aquecedores de ar. As cinzas daqui resultantes podem ser introduzidas no circuito de cinzas volantes, depois dos precipitadores electrostáticos [Fig. 27].

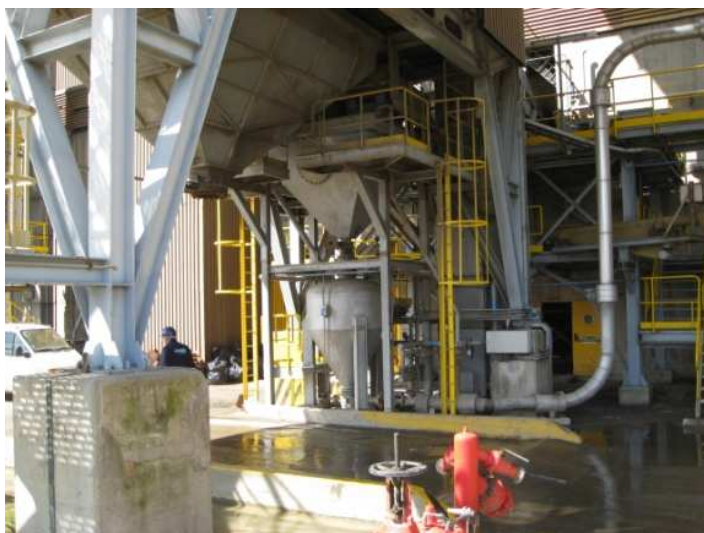


Figura 27 – Sistema pneumático de transporte das cinzas de fundo
(Fonte: EDP, Sines)

Estas cinzas de fundo possuem as mesmas propriedades químicas das cinzas volantes e a mistura está de acordo com os requisitos das normas EN 450, para os betões e EN 197, para o fabrico de cimento, designadamente quanto ao parâmetro da finura.

3.2.3 – A dessulfuração

O enxofre contido no carvão, durante a combustão reage com o oxigénio, dando origem ao dióxido de enxofre que, em contacto com a água, produz ácido sulfúrico, altamente corrosivo e responsável por danos, nomeadamente nas florestas da zona das centrais térmicas.



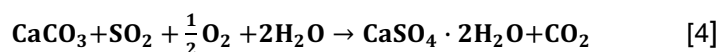
O sistema de dessulfuração, “flue-gas desulfurization” (FGD), que foi adoptado nas centrais em Portugal, utiliza o processo calcário/gesso, “wet limestone-gypsum” e visa manter as emissões de

SO₂ abaixo de 200 mg/Nm³, limite imposto nas directivas comunitárias que abrangem as grandes instalações de combustão (GIC) e a prevenção e controlo integrado da poluição.



Figura 28 – Gesso à saída do sistema de absorção
(Fonte: EDP, Sines)

Os gases da combustão, após os despoiradores, entram em contra corrente numa suspensão aquosa de calcário moído, permitindo a absorção do dióxido de enxofre [Fig. 28]. O absorvedor é a designação dada ao equipamento em que se dá a reacção de neutralização e oxidação:



O sulfato de cálcio (gesso) necessita assim de ser desidratado para ter valorização comercial, como se verá adiante.

No entanto as suas características são idênticas às do gesso natural. [6]

3.2.4 – A desnitrificação

Os óxidos de azoto (NO_x) além de estarem na base da produção de ácido azótico, também responsável pelas chuvas ácidas, só por si provocam danos na saúde humana, a nível do sistema respiratório.

Nas centrais nacionais, a redução de emissões foi conseguida inicialmente com o recurso a queimadores de “Low NO_x” complementados com um sistema de ventiladores de “Boosted Over Fire Air” (BOFA) [Fig. 29].



Figura 29 – Conduas BOFA
(Fonte: EDP, Sines)

Posteriormente, o aparecimento das novas directivas europeias, atrás citadas para o FGD e que impunham emissões abaixo das 200 mg/Nm^3 , levou à utilização de tecnologia de redução catalítica selectiva (SCR – Selective Catalytic Reduction).

Neste processo, a redução dos óxidos de azoto a azoto (N_2) e água (H_2O), é conseguida pela reacção do NO_x e amónia (NH_3) na forma aquosa, num leito catalisador.

Devido à situação óptima da temperatura dos gases, o catalisador fica instalado a montante do aquecedor de ar regenerativo (AAR) e do precipitador electrostático (ESP) [Fig. 30].



Figura 30 – Instalação SCR e FGD
(Fonte: EDP, Sines)

Uma preocupação de exploração é a que não haja contaminação das cinzas volantes com o amoníaco, prejudicial à sua posterior aplicação: Os operários que procedem à vibração do betão, principalmente em ambientes pouco arejados, podem ficar com as vias respiratórias afectadas.

3.2.5 – A gaseificação

Tirando partido das evoluções tecnológicas associadas às centrais de ciclo combinado e ao mesmo tempo do preço vantajoso do carvão, surge a ideia de uma instalação em que o combustível é o gás sintético, obtido a partir da gaseificação do carvão.

Foi construída uma central piloto, de demonstração, em Puertollano [Fig. 31], perto de Ciudad Real, Espanha, de tecnologia de ciclo combinado de gaseificação integrada (CCGI), sendo a EDP uma das empresas que participaram na fase inicial.

Esta central, com características de demonstração, entrou em serviço em 1996, consumindo gás de carvão e de petcoke, desde 1998. Tem a potência de 335 MW e consta de uma unidade de fraccionamento de ar, uma de gaseificação e um ciclo combinado.

A sua eficiência é de 42% e pode funcionar também a gás natural.



Figura 31 – Unidade de gaseificação, Puertollano
(Fonte: Elcogas, empresa proprietária)

Do ponto de vista ambiental, as emissões são muito inferiores às outras tecnologias do carvão, mas o custo do investimento, os problemas de exploração e o referido rendimento de 42%, muito menor que o dos ciclos combinados, que ronda 60%, levou a que a experiência não tivesse tido seguimentos em grande escala.

3.2.6 – Captura e sequestração do CO₂

Quando a redução das emissões dos gases com efeito de estufa, alegadamente responsáveis pelo aquecimento global do planeta, passou a ser um dos objectivos fundamentais das políticas ambientais, o CO₂ ficou no centro das atenções. [7]

A partir do protocolo de Quioto, as reduções de CO₂ passaram a ser um compromisso dos estados, o que levou a equacionar a utilização dos combustíveis fósseis.

Um dos alvos foi evidentemente o carvão. Entretanto, e dada a importância deste combustível,

abriu-se espaço para se investigarem e desenvolverem tecnologias e processos que fossem alternativas ao envio de CO₂ para a atmosfera: “carbon capture and storage” (CCS) [Fig. 32]. A um processo de separação pretende-se também associar o armazenamento do CO₂ obtido, o que já foi alcançado com sucesso, em diferentes instalações, apesar de as capacidades não terem ultrapassado 1 Mt/ano. Os aquíferos salinos são adequados para este fim.

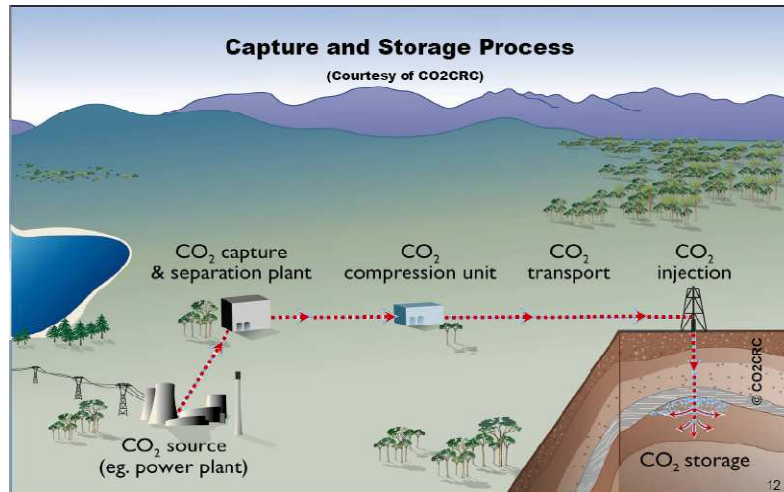


Figura 32 – O processo de captura e armazenamento
(Fonte: Cooperative Research Centre for Greenhouse Gas Technologies (CO2CRC))

Aparecem assim, nesta altura ainda em fase experimental, três tipos principais de tecnologias, para separar o CO₂ a partir do combustível ou do gás de combustão: pós, pré e oxi-combustão.

Pós-combustão

O processo mais comum é a absorção com base numa reacção química entre o CO₂ e um absorvente adequado, num sistema de lavagem [Fig. 33]. Para esta função, usam-se correntemente aminas e carbonatos.

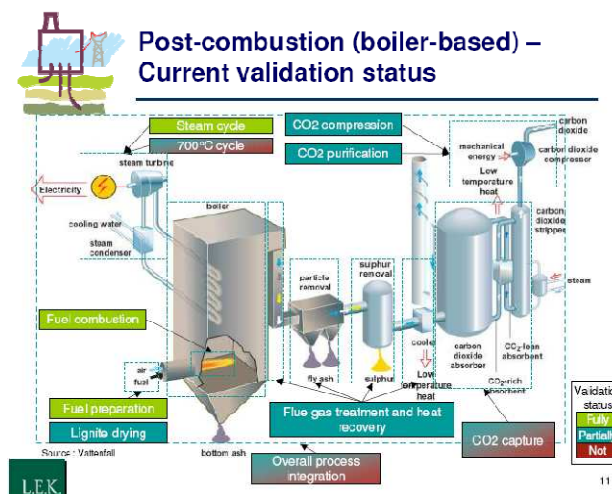


Figura 33 – O processo de pós-combustão
(Fonte: Vattenfall, empresa eléctrica do norte da Europa)

Após o processo de absorção, o absorvente e o CO₂ são separados numa coluna de regeneração. O resultado é, em seguida, um fluxo de CO₂ puro e uma segunda corrente de absorvente que pode ser reciclado. O CO₂ é então comprimido e enviado para utilização ou eliminação. O processo de pós-combustão é o mais adequado para a modernização com a tecnologia CCS em centrais existentes [Fig. 34].



Figura 34 – Captura de CO₂ em Frederico II (Enel)
(Foto do autor)

Na central de Sines foi ensaiado um processo em que a separação era conseguida através membranas permeáveis só ao CO₂.

Pré-combustão

O princípio deste processo é o de converter primeiro o combustível fóssil em CO₂ e hidrogénio gasoso (H₂). O H₂ e o CO₂ são separados de uma forma análoga à pós-combustão [Fig. 35].

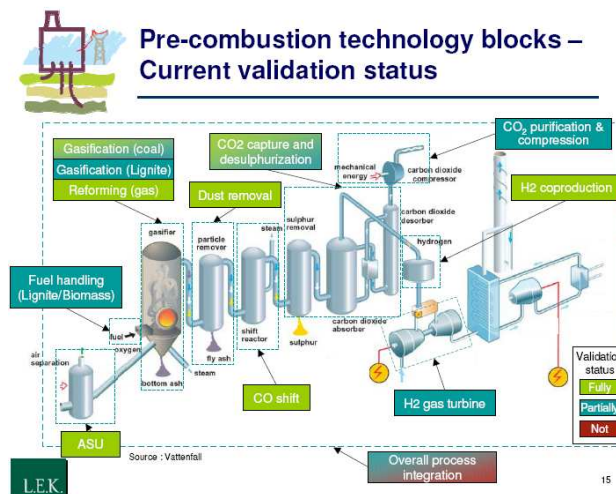


Figura 35 – O processo de pré-combustão
(Fonte: Vattenfall)

Como resultado passa-se a dispor de um gás rico em hidrogénio que pode ser utilizado para a produção de electricidade ou como combustível em veículos. Este sistema permite remover cerca de 90% por cento do CO₂.

Como a pré-combustão requer modificações significativas no esquema da central, ela só é viável para novas centrais, não para as instalações existentes. É uma opção para gaseificação de carvão nas centrais de CCGI.

Oxi-combustão

Neste caso, a combustão é realizada com oxigénio puro em vez de ar [Fig. 36].

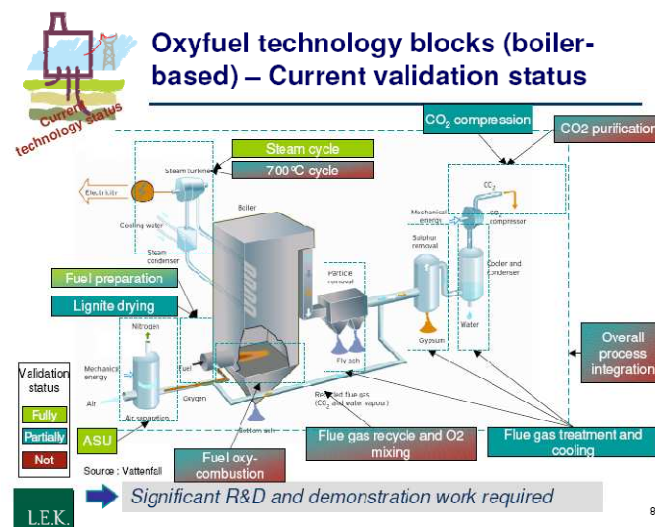


Figura 36 – O processo de oxi-combustão
(Fonte: Vattenfall)

Como resultado, o gás de combustão contém principalmente CO₂ e vapor de água, que pode ser facilmente separado.

Até 100 por cento de CO₂ pode ser capturado através deste processo, que pode levar ao aparecimento de temperaturas dos gases mais elevadas.

Impacto nos PCC

Em relação à possibilidade de, no futuro, estas tecnologias serem instaladas nas centrais de carvão, terão de ser analisados vários factores:

- A disponibilidade de jazigos adequados ao armazenamento do CO₂
- A existência de espaço disponível nas centrais antigas, já saturadas com a ocupação requerida para os novos FGD e SCR
- O custo do aumento de escala das novas instalações, embora o seu licenciamento preveja a situação “carbon capture ready”

- A perda de eficiência global, uma vez que os consumos eléctricos dos auxiliares são muito grandes, remetendo os rendimentos para valores abaixo dos 30%
- Os custos dos certificados de emissão para o CO₂, que têm tido em mercado um valor demasiado baixo para viabilizar as alternativas tecnológicas.

Levanta-se também o receio de como estes novos processos interferem com os existentes, nomeadamente no que diz respeito ao aproveitamento dos PCC.

Não havendo alterações no processo da combustão do carvão nem no processo de dessulfuração, as tecnologias de pós e pré -combustão não provocam alterações nos PCC.

Devido à maior temperatura de queima no processo de oxí-combustão pode haver um impacto na qualidade esperada dos PCC.

3.2.7 – A eficiência

Existe uma outra maneira de olhar para este assunto [8], ilustrada com o gráfico seguinte [Fig. 37]:

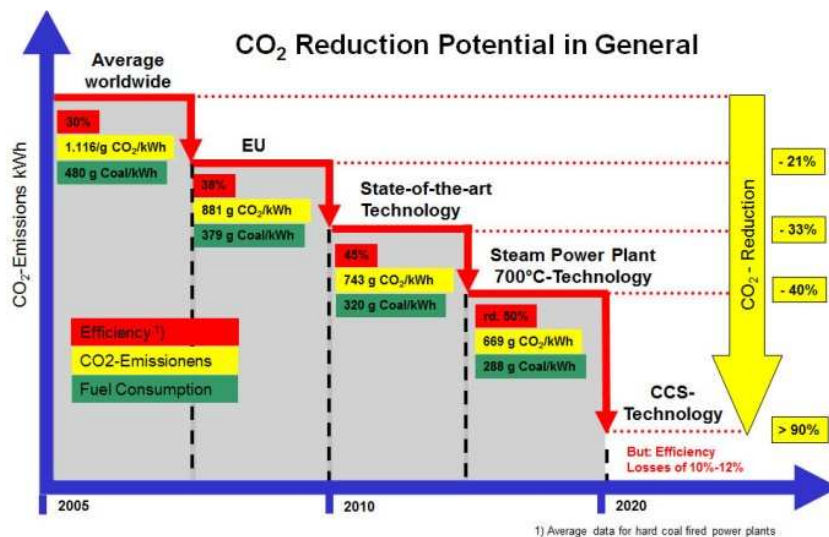


Figura 37 – Potencial de redução de CO₂

(Fonte: VGB, associação técnica Alemã)

O potencial de redução de CO₂ nas centrais europeias é posto em paralelo com a eficiência energética e com o consumo de combustível.

O problema não é de valores absolutos mas, acima de tudo, de valores específicos por unidade de energia [g/kwh].

Por cada kwh produzido, a utilização mais eficaz de carvão leva à redução da emissão de CO₂.

Na EU, o estado-da-arte indica um rendimento para estas centrais de 45% e poderá vir a ser aumentado para 50%, com a construção de novas instalações.

A exploração dos grupos abaixo dos seus valores nominais alteram este panorama, mas isso só pode acontecer se elas forem utilizadas para fins diferentes daqueles para que foram projectadas: em vez da base do diagrama de cargas diário, serem usadas para cobrir pontas.

Redução adicional com a captura e armazenamento de dióxido de carbono, vai dar maiores taxas de redução de CO₂, mas vai contrariar todos os esforços em matéria de eficiência por perdas de rendimento de 10 a 12%.

Esta tendência está a ser seguida também no Japão onde a Central de Isogo, em Yokohama [Fig. 38], pertencente à J-Power, é tida como um exemplo:



Figura 38 – Central de Isogo, em Yokohama
(Fonte: J-Power)

Construída na sequência do desmantelamento de uma Central com 30 anos 2x265 MW, a melhoria da eficiência foi alcançada através das características do vapor, trabalhando em zonas ultrasupercríticas: 600 / 610 °C à saída e no reaquecedor, 25 MPa, de pressão de vapor. A nível do grupo turbo-alternador, houve um aumento de escalão, para 2x600 MW.

As emissões de referência desta instalação, antes e depois da actualização, são os seguintes [Tabela 10]:

Tabela 10 – Limites de emissões, em Isogo

Emissões (mg/Nm³)	Central antiga	Central nova
Cinzas	50	5
SO ₂	60	10
NO _x	159	13

Capítulo 4 – As utilizações

Os produtos resultantes da combustão de carvão em centrais termoeléctricas exigem uma gestão que evite a sua deposição ocupando áreas significativas junto das instalações.

A cooperação entre produtores e indústria, cimenteira e de fabrico de betão, tem conduzido a soluções sustentadas e vantajosas para ambas as partes.

Os PCC resultam directamente da actividade de produção de electricidade em centrais a carvão. Como tal têm a sua gestão completamente ligada ao sector energético e às condicionantes a que está sujeito.

Inversamente, sendo a sua utilização feita quase exclusivamente no sector da construção civil, também do lado da procura, a conjuntura é determinante.

4.1 – Enquadramento técnico e político

Em 2009, cerca de 52 milhões de toneladas de PCC foram produzidos na Europa (UE15).

A produção em todos os estados membros da Comunidade Europeia (CE) é estimada em cerca de 100 milhões de toneladas.

PCC são utilizados principalmente como um substituto para materiais naturais na indústria de materiais de construção, na engenharia civil, na construção de estradas, para o trabalho de reacondicionamento das minas subterrâneas de carvão, bem como para fins de restauro e recultivo em minas a céu aberto.

A maioria dos PCC produzidos obedece a requisitos de normas ou outras especificações relacionadas com a sua utilização em diferentes áreas.

Ao longo dos últimos anos, a produção destes PCC teve uma tendência de aumento nos estados membros da CE devido a requisitos legais para a limpeza dos gases de combustão.

Paralelamente a este desenvolvimento em alguns países, os sistemas de subsidiação das minas de carvão foram reduzidos e em vias de serem extintos.

A quantidade de carvão necessária passará a ser importada a partir de diferentes origens espalhadas pelo mundo.

Existem também países que, para alcançar as metas de redução de CO₂, estão a utilizar mecanismos diversos desde o aumento dos rendimentos, a utilização de biomassa em co-combustão ou em centrais dedicadas e, naturalmente o incremento de energias renováveis, como a eólica, solar, hídrica e outras.

Se nalguns países também o uso de energia nuclear foi vista como uma solução para alcançar as metas de redução, após o acidente de Fukushima, por exemplo na Alemanha, decidiu-se eliminar a produção de electricidade por esta via.

Também para os produtores de materiais de construção, intensivos no consumo de energia, como cimento, cal, vidro, aço, os objectivos de redução de CO₂ têm que ser considerados. Para a indústria cimenteira a tecnologia para a produção de clínquer foi modificada e o recurso às cinzas volantes revela uma procura cada vez maior.

O aumento do uso de energia eólica, em condições de operação instável, tem um impacto nos esforços relacionados com a exploração das centrais e sobre a qualidade do PCC.

4.2 – Principais características físicas e químicas

O valor intrínseco dos PCC está relacionado com as suas características e especificações, determinadas pelo mercado. [9] [10] [11]

4.2.1 – Cinzas

De acordo com as normas de utilização, é comum serem feitas análises como a representada na Tabela 11, com resultados que atestam a conformidade com os limites impostos.

Tabela 11 – Análise química das cinzas

Parâmetro	Unidade	Resultado	Procedimento
SiO ₂	% massa	55.8	ISO/DIN 12677
Al ₂ O ₃	% massa	21.3	
Fe ₂ O ₃	% massa	7.4	
TiO ₂	% massa	1.13	
CaO	% massa	2.1	
MgO	% massa	1.5	
K ₂ O	% massa	1.77	
Na ₂ O	% massa	0.74	
MnO	% massa	0.05	
P ₂ O ₅	% massa	0.23	
SO ₃	% massa	0.37	EN 450; ISO DIN 15350
Cl	% massa	< 0.01	EN 450; EN 196-2
Perda ao fogo (LOI)	% massa	5.0	EN 450; EN 196-2
C (org)	% massa	4.5	ISO DIN 15350; ISO 10694
CaO livre	% massa	0.25	EN 451-1
pH		10.6	EN ISO 787-9 (principle 1:10 / 1h)

Entre as análises efectuadas, as que estão relacionadas com o comportamento do material em aplicação, nomeadamente através dos testes de compressão em provetes de betão, determinam as condições de comercialização e de substituição de materiais tradicionais [Tabela 12].

Tabela 12 – Características de comercialização das cinzas

	FINURA (%) d>45µm	ÍNDICE ACTIVIDADE 28 DIAS (%)	ÍNDICE ACTIVIDADE 90 DIAS (%)	MASSA VOLUMICA (g/cm3)
Limites	40.0	> 75	> 85	
Verificado	16.3	86.8	102.7	2.30

Os resultados da caracterização química das cinzas indicam que a sua utilização não induz riscos ambientais [Tabela 13].

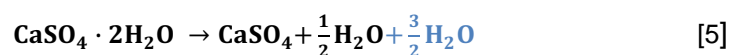
Tabela 13 – Análise do teor em metais pesados

Parâmetro	Unidade	Resultado	Procedimento
As – arsénico	mg/kg	51	EN ISO 17294
Cd – cádmio	mg/kg	< 2.5	
Cr total – crómio total	mg/kg	187	
Pb – chumbo	mg/kg	51	

4.2.2 – Gesso

Retomando a fórmula [4], da produção do gesso, é visível que, mesmo desidratado na instalação, necessita ser submetido a um processo de calcinação, para reduzir o seu teor de água. Deste tratamento vão ser obtidas matérias-primas de produtos usados na construção civil.

Produção de hemidrato (temperatura aprox. 120 °C):



Continuando a aquecer, obtém-se anidrita (CaSO_4):



Isto significa que o gesso das centrais não tem utilização imediata, sendo portanto canalizado para instalações onde é possível ser dado este tratamento prévio, em fornos, eléctricos ou a gás, adequados para o efeito.

Para estes materiais terem utilização, têm de obedecer às especificações da associação europeia da indústria gesseira, a Eurogypsum [Fig. 39], que constituem também as características do gesso exigidas nos concursos para o fornecimento dos equipamentos de dessulfuração. [12]

QUALITY PARAMETERS	EXPRESSED AS :	UNIT	QUALITY CRITERIA
Free moisture	H ₂ O	% by weight	< 10
Calcium sulphate dihydrate	CaSO ₄ x 2H ₂ O	% by weight	> 95 ⁽¹⁾
Magnesium salts, water soluble	MgO	% by weight	< 0,10
Sodium salts, water soluble	Na ₂ O	% by weight	< 0,06
Chloride	Cl	% by weight	< 0,01
Calcium sulphite hemihydrate	CaSO ₃ x 1/2 H ₂ O	% by weight	< 0,50
pH			5 – 9
Colour	Ry L*a*b*	%	white ⁽²⁾
Odour			neutral
Toxicity			non toxic

(1) The reduction of the calcium sulphate dihydrate content by inert constituents is not detrimental to the different areas of application.
 (2) Different colour values may apply depending on the use of the FGD gypsum and the final products.

Figura 39 – Especificações do gesso
 (Fonte: Eurogypsum)

4.3 – Situação na Europa

Os valores globais dos PCC na Europa dos 15, em 2009, encontram-se compilados no Anexo 3. Interessa analisar alguns aspectos e tendências mais relevantes [Fig. 40 e 41]:

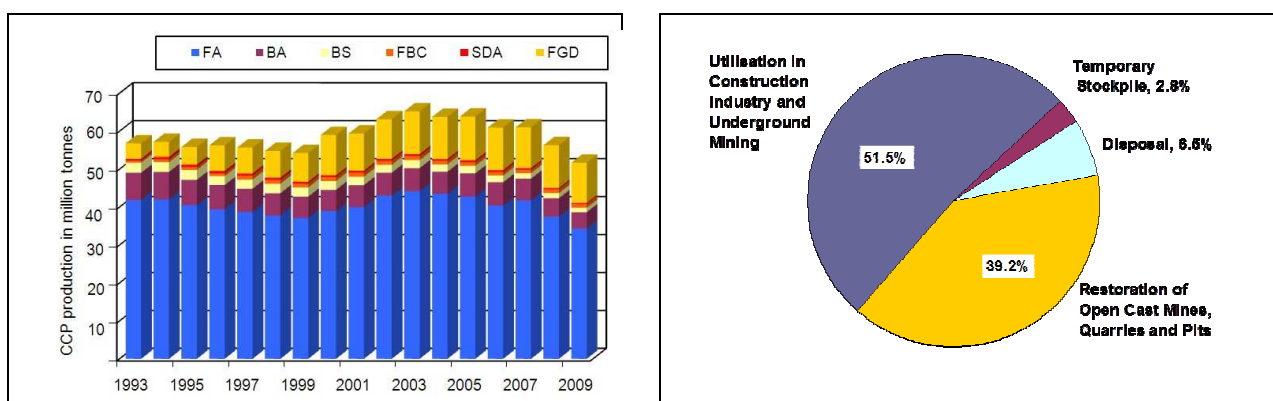
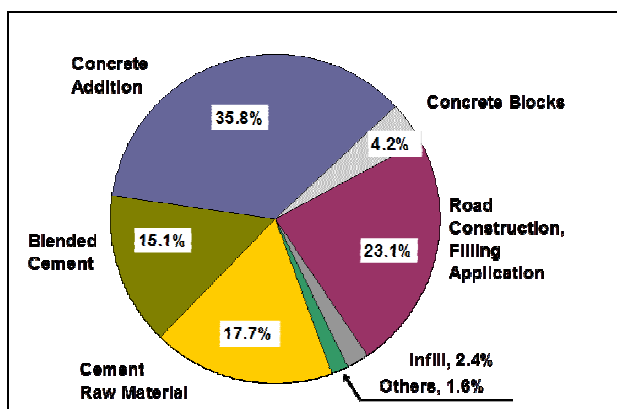


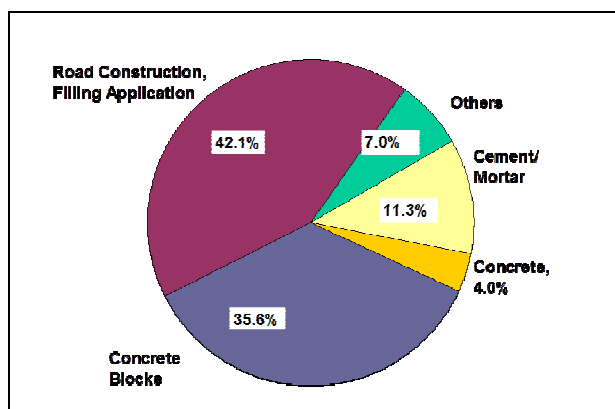
Figura 40 – Produção e utilização dos PCC
 (Fonte: ECOBA)

Desde 2003 a produção de PCC tem-se vindo a reduzir fruto da menor utilização das centrais a carvão por motivos de menor actividade económica (os consumos de electricidade têm-se reduzido), mas também pelas questões ambientais e da introdução de energias renováveis

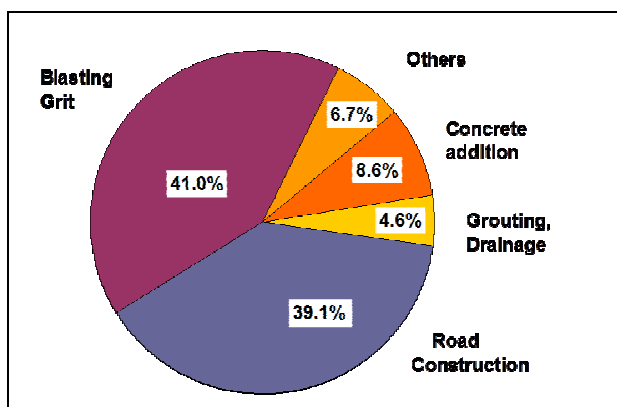
No capítulo da utilização verifica-se a existência de escoamentos estáveis sendo que o recurso à deposição representou só 6,5% do escoamento. São produtos que dificilmente encontrariam mercado por falta de enquadramento normativo.



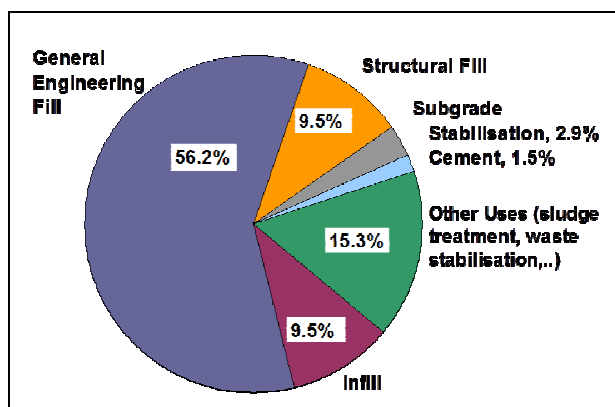
Utilização de cinzas volantes na indústria da construção e no acondicionamento de minas, na Europa (EU 15), em 2009.
Utilização total de 15,4 milhões de toneladas



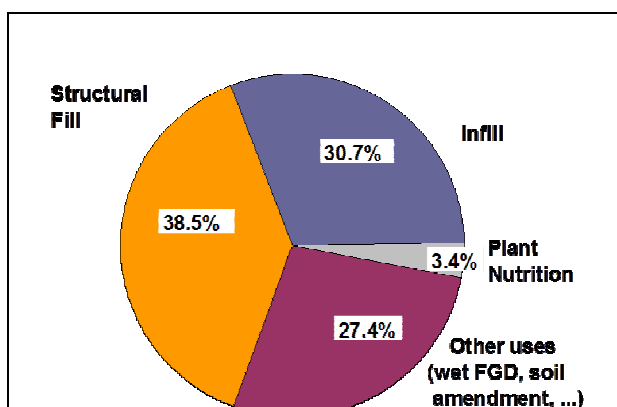
Utilização de cinzas de fundo na indústria da construção e no acondicionamento de minas, na Europa (EU 15), em 2009.
Utilização total de 2,0 milhões de toneladas



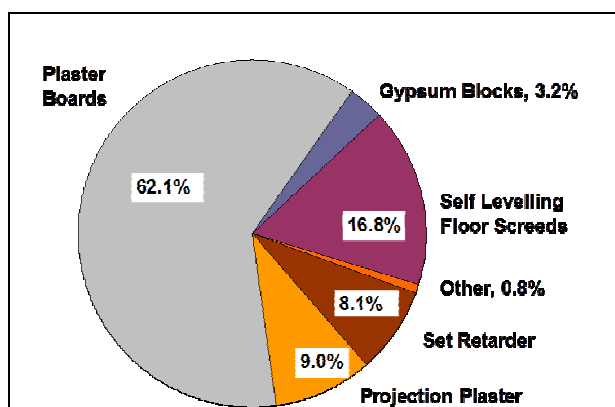
Utilização de escórias na indústria da construção e como elemento abrasivo, na Europa (EU 15), em 2009.
Utilização total de 1,2 milhões de toneladas



Utilização de cinzas de caldeiras de leito fluidizado na indústria da construção e no acondicionamento de minas, na Europa (EU 15), em 2009.
Utilização total de 0,14 milhões de toneladas



Utilização de produto da absorção seca na indústria da construção e no acondicionamento de minas, na Europa (EU 15), em 2009.
Utilização total de 0,18 milhões de toneladas



Utilização de gesso de dessulfuração na indústria da construção, na Europa (EU 15), em 2009.
Utilização total de 8,1 milhões de toneladas

Figura 41 – Utilização dos PCC

(Fonte: ECOBA)

As grandes utilizações são correspondentes às cinzas, cujos principais destinos são a indústria de construção e o acondicionamento de minas [13].

No que diz respeito ao gesso [Fig. 42] é evidente o resultado das tecnologias de dessulfuração, nos diferentes países da Europa, através de actualizações nas centrais já existentes ou no equipamento das novas instalações. A produção sobe de um modo muito significativo a partir do ano 2000. Quer para as centrais de carvão betuminoso, quer para as das lenhites.

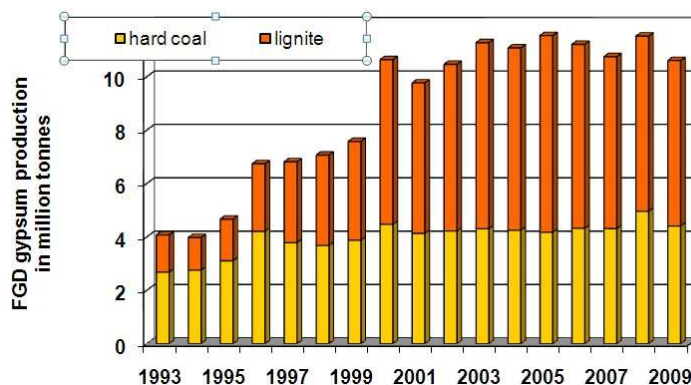


Figura 42 – Produção de gesso, EU15, 1993-2009

(Fonte: ECOBA)

4.4 – Situação em Portugal

A partir dos dados publicados e por estimativa dos restantes, consegue-se caracterizar a situação nacional dos PCC, sendo o último ano disponível, o de 2011 [Tabela 14].

Tabela 14 – Produção de PCC em Portugal

Ano:	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Cinzas volantes (t)	535 279	517 719	398 959	383 939	466 289	241 629	310 935
Cinzas de fundo (t)	56 329	39 333	49 707	46 657	49 416	33 772	35 035
Gesso (t)	0	0	7 536	147 345	241 156	135 221	170 132
TOTAL (t)	591 609	557 052	456 202	577 941	756 861	410 622	516 102

Quanto à utilização, relativamente às cinzas volantes, o escoamento é feito, em média, por [Tabela 15]:

Tabela 15 – Utilização de cinzas volantes

Média 2005-2011	%
Fabrico de cimento	22.9
Adição de betão	72.8
Aterro	4.2
TOTAL	100.0

As cinzas de fundo só esporadicamente têm escoamento, como adição de betão ou constituinte minoritário do cimento. A construção rodoviária, ainda não tem valor expressivo, como se verá adiante. Assim têm sido depositadas, ao longo dos anos.

O gesso tem vindo a adquirir mercado, principalmente no fabrico de placas. O facto de a produção ter vindo a encontrar esta utilização, quer no mercado nacional, quer para exportação, leva a que as quantidades depositadas o sejam como armazenagem temporária. Tendencialmente, os respectivos aterros vão ficando sem material depositado.

4.5 – A deposição

Existe no entanto um considerável volume de cinzas que não teve escoamento comercial e como tal se encontra depositado em aterros junto às centrais.

Os aterros não constituem nenhuma situação de gravidade ambiental, uma vez que cumprem todas exigências legais e portanto são a forma mais segura de armazenamento destes materiais.

Para além de se situarem em terrenos impermeabilizados, a deposição passa pela compactação do material, a sua cobertura por terra vegetal, a fixação de taludes onde previamente foi controlada a inclinação das vertentes e por fim a florestação, preferencialmente com espécies autóctones. Como é evidente é necessário um cuidado especial com a manutenção das linhas de água. Existem pontos de controlo de escorrências e de eventuais contaminações por lixiviados.

As principais razões para que as cinzas tenham sido depositadas são:

- Alto teor de inqueimados nas cinzas volantes, nomeadamente nas cinzas produzidas nos arranques e nas variações de carga. Valores de inqueimados acima dos 7% inviabilizam a utilização das cinzas de acordo com as normas dos cimentos e dos betões.
- Cinzas de fundo que têm uma textura arenosa e portanto não cumprem os requisitos de finura e em simultâneo não têm as características pozolânicas das cinzas volantes.
- Mais recentemente, cinzas que os habituais utilizadores se mostram incapazes de adquirir por redução da actividade económica.

Existem actualmente em Portugal três locais de deposição de cinzas de carvão, associados às centrais térmicas:

- 1) A central térmica de Sines da EDP Produção, tem um parque de cinzas onde existe uma área constituída principalmente por cinzas de fundo ainda não sujeita a acabamento arborizado [Fig. 43], o que permite dispor de quantidades de cinzas que podem ir até às 200 000 t.



Figura 43 – Cinzas depositadas em Sines
(Foto do autor)

2) A central térmica do Pego, da Tejo Energia, tem depositadas principalmente cinzas de fundo que podem ultrapassar as 100 000 t, com qualidade para eventual futura utilização.

3) A central térmica da Tapada do Outeiro da REN, em que o parque de cinzas acumulou uma quantidade estimada em cerca de 1 milhão de toneladas e após o encerramento da central em 2004, sofreu uma intervenção de acondicionamento e estabilização [Fig. 44].

O facto do traçado da auto-estrada do Douro Litoral interferir com o parque de cinzas levou à remoção de uma quantidade que ficou depositada em aterro de resíduos não perigosos.



Figura 44 – Parque de cinzas da Tapada do Outeiro
(Foto do arquivo do autor)

4.6 – Principais aplicações

4.6.1 – Indústria cimenteira e de betões

A solução encontrada em Portugal para as cinzas volantes seguiu a prática europeia e resultou da intervenção directa do Estado que permitiu conciliar técnica e comercialmente os interesses das indústrias de electricidade e do cimento. [14]

As cinzas volantes passaram assim a incorporar o processo de fabrico de cimento. No caso dos cimentos pozolânicos, esta incorporação pode chegar a 50% conferindo características especiais aos betões que os utilizam.

Este enquadramento deixa antever que as cinzas volantes se encontram ligadas a um conjunto de importantes obras públicas que constituem referências do sector em Portugal. Alguns exemplos são ilustrados na Figura 45:

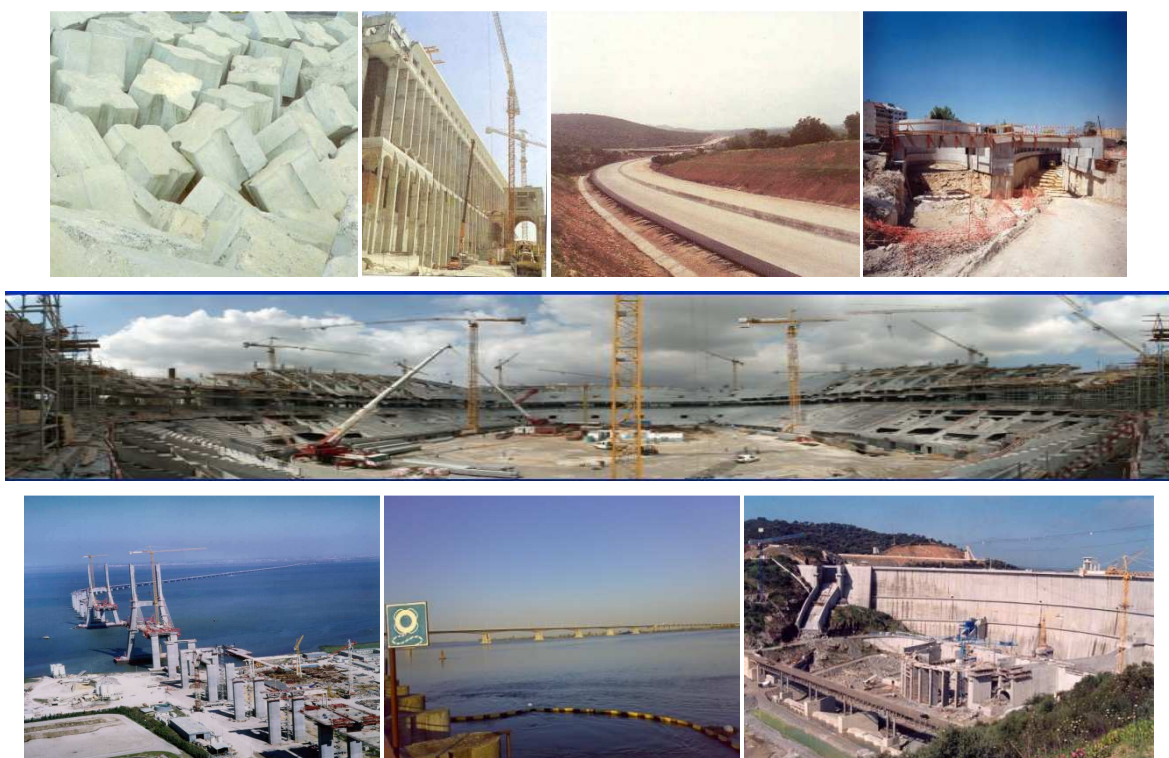


Figura 45 – Obras com utilização de cinzas
(Fotos do arquivo do autor)

- Blocos do molhe do porto de Sines, edifício sede da Caixa Geral de Depósitos, via do Infante, metro do Porto;
- Estádios do Campeonato Europeu de Futebol;
- Ponte Vasco da Gama, ponte da Lezíria, barragens dos novos aproveitamentos hidroeléctricos.

Além disso, também a indústria do betão pronto recorre às cinzas volantes, como aditivo.

O interesse comum a estas utilizações reside nas propriedades especiais que o betão apresenta e que são nomeadamente:

- Progressão do endurecimento durante um período longo;
- Bom comportamento em ambientes agressivos;
- Elevada compacidade e impermeabilidade;
- Ganhos na trabalhadade e nas condições de aplicação, seja na bombagem, seja na compactação;
- Menor necessidade de água na amassadura.

Os responsáveis pelos projectos que inicialmente apenas toleravam as cinzas volantes nos betões, passaram a incluí-las nas especificações para muitas finalidades.

4.6.2 – Geotecnia [15]

Quando em 4.5 se descreveram os aterros de cinzas ficou subentendido que, pelo menos uma parte do material depositado, podia vir a ser reutilizado. Para isso é necessária uma utilização que, podendo ser menos nobre na valorização do produto, o pode vir a consumir em grandes quantidades.

É o caso da geotecnia e mais concretamente na construção de estradas, onde as cinzas volantes e de fundo são particularmente adequadas como material de enchimento nas bases e sub-bases dos pavimentos. Da sua caracterização realça-se:

- Características hidráulicas [16]

A utilização de cinzas no sector rodoviário está consagrada em Portugal, no “Caderno de Encargos Tipo Obra”, da empresa Estradas de Portugal, S.A.

As normas europeias de misturas tratadas com ligantes hidráulicos abrangem estas aplicações: EN 14227-1, 3, 4 e 5.

- Características mecânicas [17]

O comportamento mecânico dos materiais ensaiados neste tipo de obras é adequado, quando comparado com o dos agregados naturais.

Embora não satisfaça alguns dos requisitos geralmente exigidos para camadas de base e de sub-base, a utilização das escórias na execução deste tipo de camadas assume-se como viável.

Além disso, a sua aplicação não requer um processo construtivo específico, podendo-se portanto utilizar os processos tradicionais.

O LNEC tem participado em estudos de troços experimentais que usaram cinzas da Tapada do Outeiro, numa estrada perto de Touvedo e cinzas de fundo de Sines numa zona da própria central.

[18]

Neste segundo caso, o comportamento, após entrada em serviço, revelou-se satisfatório, em particular no troço onde foi utilizada na camada de base uma mistura, em partes iguais, de cinza de fundo com agregado britado.

- Enquadramento técnico e ambiental

A percepção das vantagens para o ambiente da recuperação de materiais e da sua reutilização vem criar um clima favorável à aplicação de produtos resultantes da actividade industrial, como matéria-prima. [19]

Para além da valorização económica, a principal vantagem é a de permitir o adiamento do consumo de recursos naturais não renováveis, podendo aliviar o ritmo de exploração de pedreiras. O enquadramento destes produtos na categoria de resíduos (não perigosos) pode dificultar a sua utilização, pelo que é estratégica a obtenção das condições que permitem a sua equiparação legal a sub-produto.

Acções de divulgação das vantagens dos produtos resultantes da queima do carvão junto dos donos de obra e construtores, podem contribuir para a adesão ao seu consumo.

Cinzas volantes e cinzas de fundo constituem materiais com utilização consagrada na construção de estradas, existindo exemplos significativos, em várias regiões do globo.

Na Europa [20]:

Holanda – Neste país, por imposição legal, não é permitida o depósito de cinzas em aterro.

Daí que soluções que utilizem grandes quantidades deste material permitem evitar a sua “exportação”, que é feita com grandes custos.

Reino Unido – Considerando que durante muitos anos a produção de energia eléctrica a partir do carvão teve um peso muito importante, existem exemplos do uso de cinzas em pavimentos, como no caso documentado em Staffordshire [Fig. 46].



Figura 46 – Cinzas aplicadas em camada de base
(Foto: ECOBA)

Polónia – O actual “boom” de construção de infra-estruturas veio encontrar, num país em que a principal fonte de energia primária é o carvão, uma fonte de abastecimento de material de obra, com vantagens económicas para todos os agentes envolvidos [Fig. 47].



Figura 47 – Frente de obra na Polónia
(Foto: ECOBA)

Nos Estados Unidos da América, existem centrais térmicas localizadas perto das minas de carvão. É uma opção para evitar o transporte de combustível e facilitar o acesso à energia eléctrica ao longo do percurso das linhas de transmissão. As cinzas resultantes são um recurso para o acondicionamento das próprias minas.

As vias de comunicação utilizam excedentes de cinza disponível [Fig. 48].

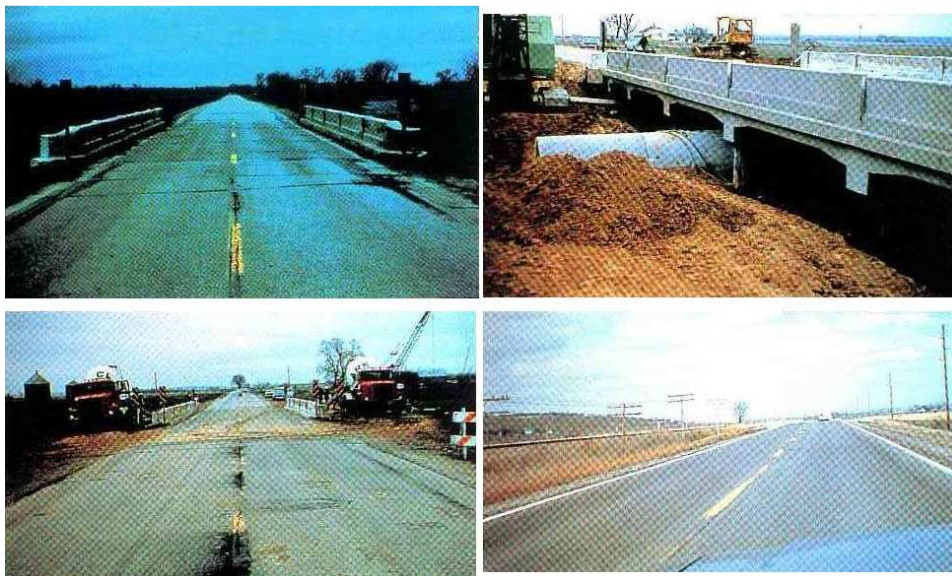


Figura 48 – Frente de Infra-estruturas rodoviárias nos EUA
(Fotos: ACAA)

Em Portugal, na auto-estrada A26, iniciada em 2010, está a ser feita uma importante aplicação que ultrapassa já o carácter experimental dos estudos anteriores.



Figura 49 – Colocação do material em obra
(Foto: EDP)

A cinza de fundo, resultante da combustão de carvão da Central de Sines, está a ser utilizada para servir de base de enchimento ao tapete rodoviário [Fig. 49] que inclui um viaduto sobre o tapete de transporte de carvão do porto.

As obras iniciaram-se junto à rotunda existente na EN 120, próximo da central, estando previsto a utilização de 45 000 toneladas de cinza de fundo.

Numa fase em que todos os factores de redução de custos se tornam importantes, o recurso a materiais alternativos, de qualidade comprovada, é um factor que aumenta a competitividade para aquelas empresas que se dispõem a assumir um papel na inovação.

4.6.3 – Gesso

Como se viu em 5.4, a instalação em Portugal, de sistemas de dessulfuração ocorreu em 2007/2008 e desde essa data que os operadores das centrais térmicas ficaram com o problema de encontrar um escoamento para o gesso. Em 2011 foram produzidas cerca de 170 000 t.

Como inicialmente não existia um circuito de comercialização através das indústrias que utilizavam o gesso natural como matéria-prima, foi prudente a construção de aterros com vista à sua deposição [Fig. 50].

Entre as várias indústrias que recorrem ao gesso estavam identificadas as mais importantes:

- Sector cimenteiro
- Construção civil
- Indústria papelreira
- Fabrico de cal

- Tratamento de águas
- Indústria química
- Porcelanas
- Medicina
- Agricultura



Figura 50 – Construção do aterro de gesso em Sines
(Foto do autor)

Mas na prática a solução passava pelas aplicações mais comuns como grandes consumidoras:

- Regulador de presa no cimento
- Gesso projectado para acabamento de interiores
- Placas de cartão-gesso
- Blocos de gesso
- Argamassa autoniveladora de pavimentos
- Aterros e enchimentos

Estrategicamente, procurou estabelecer-se os laços comerciais com os agentes do sector ligados a estas utilizações.

Existiam à partida 2 factores de desvantagem:

- A Espanha é um dos maiores produtores Europeus de gesso natural, o que pressionava o mercado nacional.
- Por vários países da Europa estavam a decorrer instalações de equipamentos de dessulfuração o que levava a uma grande concorrência internacional.

Como factores favoráveis surgiram também 2 realidades, que prevaleceram:

- O gesso produzido revelou-se de excelente qualidade.

- O mercado nacional das placas cartonadas e das placas de gesso laminadas, estava em desenvolvimento.

Como também se conseguiram estabelecer canais de venda para o estrangeiro, o gesso em aterro acabou por ser integralmente escoado.

No futuro é de esperar uma utilização maior no fabrico do cimento e também nas indústrias de argamassas e produtos projecção.

4.7 – A gestão dos PCC

O relacionamento com os agentes do sector da construção civil, desde os clientes, transportadores, autoridades de fiscalização, etc., exige alguma especialização dos técnicos que estão envolvidos e que têm lidar com questões que não se enquadram na exploração das instalações de produção de electricidade.

Alguns problemas são mesmo muito específicos e só a experiência adquirida pode ajudar a lidar com eles.

Citam-se de seguida 3 vertentes desta gestão que exemplificam como o negócio das cinzas pode assumir aspectos mais complicados.

4.7.1 – A normalização

Integrando processos de fabrico, como o cimento e o betão, que estão sujeitos a regulamentos, normas, especificações muito detalhadas, as cinzas têm por sua vez de ser também certificadas.

No caso do gesso, o que é importante é o cumprimento dos requisitos da Eurogypsum.

Assim os geradores de vapor e os sistemas de controlo de processo foram concebidos para permitirem que as cinzas volantes estivessem de acordo com EN 450 de “Cinzas volantes para betão”.

Desde 2006 que em Portugal as cinzas volantes, através de certificação, possuem a marca CE, o que permite que, em caso de utilização transfronteiriça, no espaço europeu, a certificação seja válida. Isto é, as cinzas Portuguesas podem ser vendidas em qualquer país Europeu.

Como foi referido em 3.2.2, as cinzas de fundo extraídas em cinzeiro seco, têm todas as condições para ser utilizadas para os mesmos fins das cinzas volantes, se misturadas com elas, até ao máximo de 10% em massa.

Para casos como estes e de forma a manter-se a certificação e a marca CE, existe um outro mecanismo de certificação para o uso como uma adição do tipo II para o betão, ao abrigo de uma Aprovação Técnica Europeia (ETA), conforma se passa a descrever. [21]

Quando as novas cinzas começaram a ser produzidas levantou-se a questão do cumprimento com as normas EN 450-1, do betão e 197-1 para o cimento.

Além dos requisitos dos produtos, em ambas as normas na definição de cinzas é dado enfoque à colecta em precipitadores electrostáticos.

Dentro da avaliação do processo quanto à conformidade com esta definição, concluiu-se:

- A mistura não é coberta pelas definições dadas na EN 450-1 e EN 197-1. [22] [23]
- As características físicas e químicas da cinza de mistura são completamente equivalentes às das cinzas volantes, de acordo com as normas.

Existe então o anteriormente referido mecanismo da ETA que pode ser concedida quando se verifica qualquer das seguintes condições:

- Ausência de normas harmonizadas relevantes para o produto
- A Comissão Europeia não deu mandato para uma norma adequada
- A Comissão Europeia considera que ainda não há condições para se desenvolver uma norma específica, ou
- As características dum produto se desviam significativamente das normas harmonizadas.

Neste caso foi necessário criar um “Common understanding of assesment procedure (CUAP), procedimento que, depois de aprovado pelo organismo Europeu competente (EOTA), passou a ser a referência para a obtenção da certificação. [24]

Após emissão da ETA, este documento é válido em todo o Espaço Económico Europeu (EEE), por um período de cinco anos, renováveis. [25]

No caso de Sines, a ETA foi emitida em 2010.

A partir desta altura, a central de Sines, conforme a exploração dos grupos, passa a poder comercializar 2 produtos certificados:

- Cinzas volantes, de acordo com a norma EN 450-1;
- Cinzas volantes modificadas, em conformidade com a ETA aplicável [Fig. 51].



Figura 51 – Silos referenciados com a certificação
(Foto EDP)

4.7.2 – O factor transporte

A problemática do transporte começa com o próprio carvão. Apesar das perdas nas linhas, é mais fácil e mais barato emitir a electricidade do que transportar o combustível. Daí que as centrais térmicas sejam preferencialmente colocadas perto das minas (Tapada do Outeiro), ou, se usam carvão importado, junto aos portos (Sines). (Ver Anexo 1). Por causa do custo do transporte ferroviário do carvão para o Pego, a central é penalizada na ordem de mérito, tendo uma utilização significativamente inferior a Sines.

No caso das cinzas, em Portugal, a sua movimentação é feita maioritariamente por via rodoviária. Mas existe e é utilizado o caminho-de-ferro, havendo silos que descarregam sobre a boca dos vagões cisterna [Fig. 52]. A limitação é em relação ao destino que, se não estiver situado junto à linha ou não tiver meios de descarga adequados, vai onerar muito o transporte, logo que haja lugar a operações de transbordo.

Quer os vagões, quer os camiões têm de ser hermeticamente fechados para não haver o risco de contaminação ambiental por poeiras durante o transporte.



Figura 52 – Silos de gesso e cinzas para transporte ferroviário
(Foto: EDP)

Geralmente os produtores evitam a contratação do transporte e as vendas realizam-se à boca do silo, ou seja FOB, “free on board”. Na Europa é muito comum existirem comercializadores a quem as empresas do sector eléctrico adjudicam todo o processo de venda dos PCC. Estes “traders” já costumam ter frota própria e realizam vendas CIF (Cost, Insurance and Freight), com o produto entregue na instalação do cliente.

No caso das cinzas de fundo, que disputam um mercado com os materiais de construção tradicionais o factor distância constitui uma limitação geográfica do raio de aplicação.

Para obras mais distantes é mais fácil encontrar produtos tradicionais disponíveis e mais baratos.

O contacto permanente com donos de obra e empreiteiros da região é o caminho a seguir, desde que haja disponibilidade e estrutura técnica e comercial disponível.

Para o gesso, um critério a ter presente é o da possibilidade de se utilizar o retorno, com o fornecimento do calcário usado na dessulfuração. Assim o preço do transporte vai ser dividido pelos 2 fornecimentos.

Uma referência para os movimentos transfronteiriços, cada vez mais importantes para colmatar desequilíbrios sazonais ou de irregularidade de produção. Neste caso, o meio mais utilizado é o transporte marítimo, sendo o carregamento dependente de se tratar de navios graneleiros ou navios cisterna. Em qualquer caso, a movimentação de porto é uma valência que o produtor de electricidade já possui através do aprovisionamento do carvão.

4.7.3 – Tecnologias de beneficiação

As cinzas que não podem ser vendidas por motivos de mercado, têm algum potencial de aproveitamento através das substâncias que incorporam. Abre-se assim a possibilidade de, através de tecnologias de separação, se poder beneficiar o produto. [26]

O objectivo mais imediato é retirar as partículas de carvão não queimadas, que podem ser usadas como combustível. Deste modo é também possível obter cinzas utilizáveis. Existem ainda outros produtos, como a magnetite, que podem ser aproveitados.

Os processos técnicos mais comuns, em casos citados como exemplos, são:

- Separação por flotação, usada na central térmica de Fiddlus Ferry, no noroeste da Inglaterra
- Separação electrostática, mais divulgada e usada por exemplo na central de Longannet, na Escócia.

O processo consiste em encaminhar o pó fino da cinza através de uma abertura para uma correia transportadora, que se situa numa estrutura com precipitadores electrostáticos instalados. Aqui, as partículas minerais carregadas negativamente atraídas para as placas carregadas positivamente.

As partículas de carvão de carga positiva são recolhidas no outro lado por um eléctrodo de carga oposta. A vibração da cinta de transporte faz com que seja possível recolher as cinzas e o cavão em separado. Periodicamente, as partículas caem numa tremonha e são extraídas por um sistema de vácuo.

Na saída de cinzas, um classificador pode fazer a separação de diferentes tipos de cinzas, de acordo com as normas, de betão ou de pozolanas.

Uma instalação deste tipo está representada na [Fig. 53].

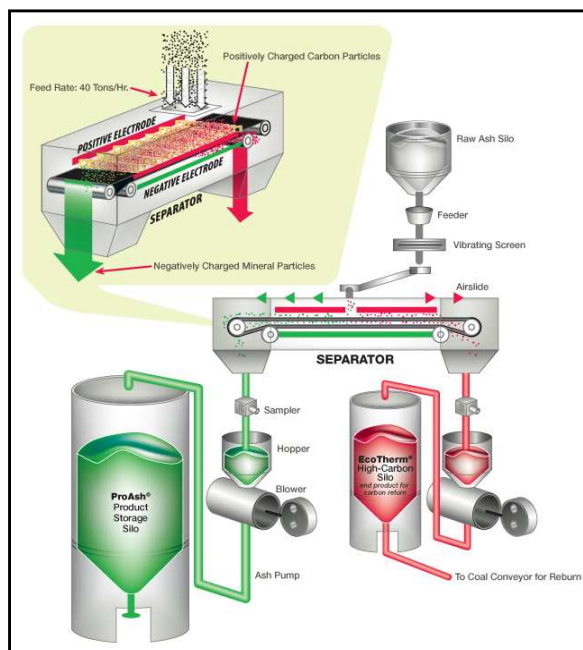


Figura 53 – Separação electrostática, perspectiva geral
(Fonte: Separation Technologies, LLC)

4.8 – Enquadramento ambiental

Impacto das Directivas

A produção de electricidade em centrais térmicas, têm um impacte significativo sobre o ambiente, que deve ser mantido o mais baixo possível. Para o efeito, as emissões das instalações industriais, têm sido objecto de legislação a nível da UE. Estados-Membros podem definir a sua própria legislação nacional, mas todos devem cumprir com as directivas comunitárias, apesar de poderem ser permitidas derrogações. As directivas mais importantes são:

IPPC – Integração da Prevenção e Controle da Poluição

LCPD - Directiva das Grandes Instalações de Combustão

IED - Directiva das Emissões Industriais

A Directiva IPPC estabelece os princípios gerais para o licenciamento e controle de instalações com base numa abordagem integrada e na aplicação das melhores técnicas disponíveis. [27]

Ela abrange todas as emissões e o desempenho global da instalação. [28]

A LCPD [29] visa reduzir a acidificação, o ozono troposférico e as partículas, controlando as emissões de dióxido de enxofre, óxidos de azoto e poeiras das grandes instalações de combustão (ou seja, centrais com uma potência térmica igual ou superior a 50 MWth). Todas as instalações de combustão construídas depois de 1987 devem respeitar os limites de emissões da LCPD.

As outras centrais, em operação antes de 1987, são definidas como "instalações existentes". As instalações existentes podem cumprir a LCPD através da instalação de equipamentos de redução de emissões, como a dessulfuração, ou pela opção "opt-out". Uma central existente que escolhe o 'opt-out' fica limitada na sua operação a partir de 2007 e deve fechar até o final de 2015. Por este

motivo, várias caldeiras antigas nos Estados Membros estão previstas fechar ou sofrer adaptações.

A LCPD sucede à directiva IPPC e, essencialmente trata de minimizar a poluição de diversas fontes industriais em toda a União Europeia. O IED substitui a Directiva IPPC e as directivas sectoriais até 7 de Janeiro de 2014, com a excepção da LCPD, que será revogada a partir de 1 de Janeiro de 2016. [30]

Como resultado das regulamentações, as emissões das centrais eléctricas são relatadas no Registo Europeu das Emissões e de Transferências de Poluentes (E-PRTR), que substitui e melhora o anterior Registo Europeu das Emissões de Poluentes (EPER). [31]

Depois de vários anos de avaliação, a redução das emissões ficou demonstrada no tratamento dado ao SO₂, mas globalmente verificou-se a maior redução percentual das emissões, desde 1990, nos principais poluentes e em toda a União Europeia. As emissões em 2008 foram 78% menores do que em 1990, principalmente pela redução ocorrida nos países da UE 15. [32]

Impacto do Planeamento

Em 11 de Dezembro de 1997, os representantes dos 37 países industrializados concordaram em reduzir as emissões dos gases de efeito estufa (GHG) para uma média de cinco por cento abaixo dos níveis de 1990, num período de cinco anos, de 2008 a 2012. Este acordo é conhecido como Protocolo de Kyoto [33] e entrou vigor em 2005. O protocolo está ligado à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre as Alterações Climáticas [34]. A Convenção encoraja os países industrializados a estabilizar as emissões de gases de efeito estufa, enquanto o Protocolo apenas se compromete a fazê-lo.

Um dos instrumentos no Protocolo de Quioto visa alcançar a redução de emissões através do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). O MDL permite que projectos de redução de emissões em países em desenvolvimento ganhem créditos de Certificados de Redução de Emissões (CER), cada um equivalente a uma tonelada de CO₂. Estes CER podem ser negociados e vendidos, e utilizadas pelos países industrializados para cobrir uma parte de suas metas de redução de emissões, no âmbito do Protocolo de Quioto. O mecanismo estimula o desenvolvimento sustentável e redução de emissões, dando aos países industrializados alguma flexibilidade na forma como cumprem seus objectivos de redução.

Em Dezembro de 2008, o Parlamento e o Conselho Europeu acordaram o chamado "Pacote Clima e Energia", que entrou vigor em 2009. Este pacote legislativo colocou em prática o que é geralmente conhecido como as metas Europeias 20-20-20, a serem cumpridas até 2020:

- Redução das emissões de gases de efeito estufa em pelo menos 20% abaixo do nível de 1990,
- Aumento da quota de energias renováveis para 20%, e
- Melhoria da eficiência energética da UE em 20%.

Com esta legislação foi promovido uso de energias renováveis, o armazenamento geológico de dióxido de carbono e foi revisto o regime de comércio gases de efeito estufa.

A partir de 2013, o sistema de atribuição de licenças de emissão irá mudar significativamente em comparação com os dois períodos de negociação anteriores (2005 a 2012). Inicialmente as licenças de emissão serão distribuídas de acordo com regras harmonizadas para toda a UE. Posteriormente, o leilão será regra para a indústria de energia, ou seja, as licenças deixarão de ser atribuídas a título gratuito.

Além disso, a UE é de opinião que há um potencial para reduzir ainda mais as emissões. O objectivo obrigatório, já considerado ambicioso, de reduzir as emissões em 20% em 2020, poderá passar para 30%, se existir um acordo internacional. O Conselho Europeu também tem apresentado como compromisso de longo prazo para a descarbonização na UE e noutros países industrializados: 80-95% em cortes de emissões até 2050 [35]. Para alcançar este objectivo ainda mais ambicioso, a Comissão Europeia divulgou um "Roteiro de Energia 2050" em 15 de Dezembro de 2011.

No Roteiro de Energia 2050, a Comissão analisa os desafios colocados pelo cumprimento do objectivo de descarbonização da UE e, ao mesmo tempo, para garantir a segurança do abastecimento de energia e competitividade. O Roteiro das Energias 2050 é a base para o desenvolvimento de um quadro europeu de longo prazo, em conjunto com todas as partes interessadas.

4.8.1 – O registo no REACH

No dia 1 de Junho de 2007 entrou em vigor o Regulamento Europeu para o Registo, Avaliação, Autorização e Restrições dos Produtos Químicos - REACH.

Segundo este regulamento todas as substâncias químicas transaccionadas na UE tinham de estar registadas até 30 Novembro de 2010, com um pré-registo a ser feito até 30 de Novembro de 2008, na Agência Europeia de Produtos Químicos - ECHA (<http://echa.europa.eu/>).

Os produtores de cinzas volantes, cinzas de fundo e de gesso tiveram de se enquadrar nas exigências deste Regulamento.

O registo das empresas Portuguesas foi efectuado através de um consórcio europeu, que integrou os principais produtores de electricidade.

No caso das cinzas foi registado um único produto englobando as cinzas volantes, as cinzas de fundo e mesmo as cinzas de arranque, obtidas na entrada em serviço dos grupos.

Com a notificação pela ECHA (Agência Europeia dos Produtos Químicos) da confirmação de que o registo no REACH das cinzas e do sulfato de cálcio estava completo, concluiu-se, de acordo com o programado, o processo necessário para se manter a comercialização das cinzas e do gesso.

A divulgação do registo foi feita aos respectivos clientes, dado que eles próprios têm de ter essa confirmação para poder continuar a incorporar os produtos no seu processo.

4.8.2 – A classificação dos PCC

Actualmente existem mecanismos legais que permitem que, apesar da classificação de resíduo, ver Anexo 2, estes materiais possam ser equiparados a subprodutos.

Foi o que aconteceu com as cinzas volantes no betão e no cimento, há alguns anos.

É a situação do gesso para placas cartonadas e placas laminadas.

São claros os critérios a que devem obedecer e estão mencionados no art.º 5 da Directiva Quadro dos Resíduos [36]:

- A garantia da sua utilização futura;
- A possibilidade de utilização directa, sem processamento posterior;
- Ser parte integrante de um processo de produção;
- O seu uso estar de acordo com a legislação ambiental e de saúde, sem impactes adversos.

Depois do registo no REACH, fazia sentido a desclassificação destas substâncias como resíduos, passando a subprodutos invocando como argumento os trabalhos e os testes necessários para aquele processo.

Sobre este tema, as associações do sector, ECOBA e a EUROELECTRIC têm uma tomada de posição, favorável a esta interpretação [Fig. 54]:

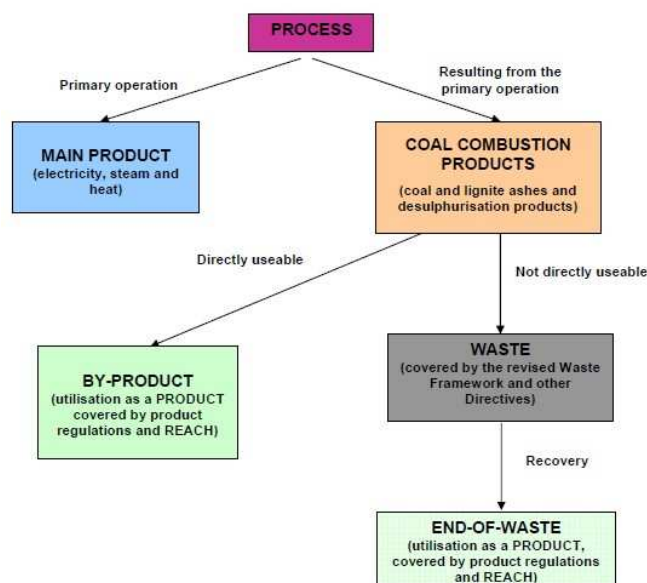


Figura 54 – Critérios de classificação
(Fonte: ECOBA)

A tendência das autoridades ambientais vai no sentido do reconhecimento de que estes produtos deixem de ser resíduos desde que obedeçam a um conjunto de critérios, entre elas a sua comercialização.

Neste particular aspecto o registo REACH vai reforçar a condição de produto com mercado, uma vez que, se assim não fosse, o registo seria inútil.

O enquadramento ambiental dos PCC está em plena discussão e pode ser um instrumento para condicionar a produção de electricidade a partir do carvão.

Nos E.U.A. a agência do ambiente (EPA), está a promover um amplo debate sobre estes temas.

Assuntos como o teor de mercúrio e a radioactividade, virão a ter desenvolvimento futuro.

É de antever que a revisão em curso do processo “Best available techniques. Reference documento on large combustion plants”, também traga alterações a que os produtores terão de se adaptar.

4.9 – O mercado

Em Portugal, por decisão do governo, estabeleceu-se a obrigatoriedade das empresas cimenteiras adquirirem a totalidade das cinzas produzidas.

A emergência da indústria da construção civil, a partir dos anos 90 levou a uma grande pressão sobre a procura das cinzas volantes e foi por imposição dos organismos da concorrência que se atribuiu uma parcela da produção às empresas de betão pronto e empreiteiros da construção civil.

Com efeito, numa altura de enorme procura, as empresas que fabricavam betão e não pertenciam aos grupos cimenteiros, ficavam em clara desvantagem competitiva, por não disporem de tão valioso produto.

Por outro lado, o enquadramento das cinzas como subproduto, pelo Instituto de Resíduos, facilitou os aspectos burocráticos, nomeadamente quanto ao seu transporte.

Neste contexto, a carteira de clientes das centrais térmicas abrange algumas dezenas de empresas, com um relacionamento regulado por contratos onde tipicamente se regulam os aspectos:

- 1) Técnico, com as características dos produtos, garantias e prazos de entrega.
- 2) De facturação, que determina os pagamentos e os prazos de liquidação.

O pagamento é o resultado do preço unitário acordado, aplicado à quantidade entregue.

- 3) Legal, descrevendo os prazos de validade, as excepções (força maior) e penalidades, de acordo com as leis aplicáveis.

4.9.1 – A relação entre a oferta e a procura

Excluindo o gesso e focando a análise nas cinzas, especificamente, nas cinzas volantes, a relação que se estabelece com a procura é feita com o consumo de cimento.

Com efeito, mesmo que uma maioria das cinzas seja encaminhada para o fabrico do betão, também este vai determinar aquele consumo.

Portugal teve uma evolução crescente de consumo de cimento até ao ano de 2001, onde atingiu o máximo de 11330 kt.

A partir daí tem vindo a decrescer chegando a 4900 kt em 2011.

Conclui-se portanto que, focados no mercado nacional, corre-se o risco das necessidades de cinzas associadas ao volume de cimento produzido, não cobrirem a sua disponibilidade.

Dá-se entretanto a coincidência de, pelas condicionantes já explicadas do sector energético, a produção de cinzas também ter tendência para diminuir. Ou seja, apesar de não planeado, está a haver um ajustamento entre as quantidades produzidas de cinzas e de cimento.

4.9.2 – Características do mercado

Olhando para os factores que contribuíram para o escoamento comercial deste tipo de cinzas produzidas em centrais térmicas, é possível identificar as características que levaram ao sucesso:

- O seu valor económico, como elemento de produção de cimentos e betões.
- O seu circuito comercial bem definido e as suas características que estão sujeitas a um rigoroso controlo de qualidade.
- Esta qualidade é o resultado de investimentos avultados feitos na moagem e combustão do carvão, bem como na recolha das cinzas.
- Obedecem a normas técnicas nacionais e internacionais.
- Conferem melhorias ao comportamento final das estruturas onde são aplicadas.

Para além da incidência nos resultados da empresa produtora, por motivos contratuais, as receitas obtidas reflectem-se também no preço final da electricidade ao consumidor, contribuindo assim para a racionalidade do Sector.

As indústrias do cimento e do betão não esgotam as aplicações possíveis de cinzas - outras se podem considerar, como a pavimentação de estradas, fabrico de blocos de agregados, uso como material de enchimento, reacondicionamento de minas, ou mesmo no campo da agricultura.

Na experiência europeia revela-se possível recorrer à queima conjunta de outros combustíveis com o carvão, como o petcoque, ou à co-combustão, com biomassa ou com outros materiais em que há interesse ambiental na sua eliminação.

No caso da biomassa e de acordo com as disposições em vigor relacionadas com o protocolo de Quioto, os produtores que recorrem à sua queima podem assim aumentar as suas quotas de emissão.

4.10 – Avaliação económica da utilização dos PCC

Nas páginas anteriores ficou evidenciado que é vantajoso, do ponto de vista ambiental a utilização dos PCC, em vez de se recorrer à sua deposição.

Também devido a serem produtos adequados a determinados fins, as suas vantagens técnicas são assumidas.

Neste ponto pretende-se demonstrar que, na perspectiva económica, a utilização também é uma boa decisão.

Metodologia proposta

Nesta análise vai-se recorrer à metodologia que habitualmente é usada para se avaliar projectos no sector energético, nomeadamente na economia da energia e no aumento da eficiência.

Não se avalia um investimento e a sua viabilidade, mas o sobrecusto de uma solução no investimento e eventualmente nos custos de exploração, comparando-os com os benefícios de facturação adicional, ou de poupança.

Modelo e pressupostos

Descrição da instalação da solução inicial:

- Sem silos de armazenagem,
- Com aterro licenciado,
- Exploração com deposição de material,
- Encerramento do aterro ao fim de 30 anos de exploração.

Solução alternativa:

- Construção de 2 silos de carregamento,
- Com aterro licenciado,
- Taxa de aproveitamento global de 80%, com venda de material,
- Encerramento do aterro.

Tabela 16 – Características da instalação

Potência [MWel]	450
Utilização à plena carga [horas]	6 000
Carvão [t]	1 000 000
Cinzas volantes [t]	120 000
Cinzas fundo [t]	17 000
Gesso [t]	50 000
Total PCC [t]	187 000
80% Utilização de PCC [t]	149 600

A tabela 16 retrata os valores típicos de produção de PCC de uma central com uma potência de 450 MW e uma utilização de cerca de 70%, o que pode ser considerado normal para uma utilização maioritariamente na base do diagrama de cargas diário.

Tabela 17 – Investimento e exploração

Pressupostos	Inicial	Alternativa	Avaliação
Silos de armazenagem [€]	0	20 000 000	-20 000 000
Aterro licenciado [€]	10 000 000	4 000 000	6 000 000
Sobreinvestimento [€]			-14 000 000
Encerramento aterro, ano 30 [€]	3 000 000	1 000 000	2 000 000
O&M movimentação [€/t]	4	0	4
Valor médio de venda PCC [€/t]	0	15	15
Benefício utilização [€/t]			19
Taxa de actualização [%]			8
Período [anos]			30

Na tabela 17 quantificam-se as soluções apontadas nos pressupostos, de acordo com valores estimados obtidos a partir das práticas correntes de mercado.

Critérios de avaliação

Aos fluxos financeiros gerados foram aplicados os 3 critérios mais comuns:

VAL – Valor Actual Líquido: Somatório Actualizado dos fluxos financeiros anuais.

$$VAL = \sum_{k=0}^n \frac{CF_k}{(1+a)^k} \quad [7]$$

Onde:

CF_k – Cash Flow líquido do ano k

a – Taxa de actualização

k – Número de período

n – Período de 30 anos

TIR – Taxa Interna de Rentabilidade: Valor da taxa de actualização para o qual o VAL se anula.

$$VAL = \sum_{k=0}^n \frac{CF_k}{(1+a)^k} = 0, \text{ com } TIR = a \quad [8]$$

PRI – Período de Recuperação do Investimento: Número de anos ao fim do qual o somatório dos fluxos financeiros actualizados é positivo.

Cenários avaliados

A partir de um cenário de base, feito de acordo com os pressupostos acima referidos, fez-se uma análise de sensibilidade para 2 cenários alternativos:

Cenário 1 – Com a utilização da central a ser reduzida 50%, a partir do ano 20, caso que retrata a possível perda de competitividade da central.

Cenário 2 – Situação de redução de preços em 50% a partir do ano 10, que pode ocorrer num enquadramento de crise e de queda da procura.

A tabela 18 mostra, para o cenário inicial, o “cash-flow” a partir do qual se aplicam os critérios atrás referidos.

Ambos são cenários mais gravosos que o inicial, mas que a prática demonstra terem algum suporte na obsolescência dos equipamentos e na retracção de mercado.

Tabela 18 – Fluxo de caixa para o cenário de base

Ano	Investimento	Benefício	Receita	Receita actualizada	Σ Receitas actualizadas
0	-14 000 000		-14 000 000	-14 000 000	-14 000 000
1		2 842 400	2 842 400	2 631 852	-11 368 148
2		2 842 400	2 842 400	2 436 900	-8 931 248
3		2 842 400	2 842 400	2 256 389	-6 674 860
4		2 842 400	2 842 400	2 089 249	-4 585 611
5		2 842 400	2 842 400	1 934 490	-2 651 121
6		2 842 400	2 842 400	1 791 194	-859 927
7		2 842 400	2 842 400	1 658 513	798 586
8		2 842 400	2 842 400	1 535 660	2 334 247
29		2 842 400	2 842 400	305 068	17 716 653
30	2 000 000	2 842 400	4 842 400	481 225	18 197 878

Indicadores económicos

Aplicando os critérios de avaliação financeira, chegam-se aos valores da tabela 19.

Tabela 19 – Indicadores económicos

Resultados	Cenário base	Cenário 1	Cenário 2
VAL [€]	18 197 878	16 151 867	11 734 684
TIR [%]	20.2	20.0	18.4
PRI [anos]	7	7	7

Comentário

Mesmo no caso mais desfavorável o investimento na utilização dos PCC revela-se muito atractivo e com a possibilidade de ser recuperado nos anos iniciais. Neste caso, o PRI não é alterado pois os cenários só de diferenciam a partir do 10 ano.

A taxa de actualização escolhida, de 8%, ainda tinha margem para ser mais elevada e os investimentos serem rentáveis, uma vez que a TIR ronda os 20%.

Capítulo 5 – Conclusões

Avaliações contraditórias são feitas em relação à utilização de carvão em centrais eléctricas.

É importante para a segurança do fornecimento de energia (o carvão tem as maiores reservas no mundo), diversificar as fontes de energia, para usar recursos endógenos, se for o caso, e de ter uma geração de baixo preço.

Porém, as questões ambientais têm um peso grande na utilização do carvão.

Com base nas directivas e nos regulamentos que afectam a produção de energia nos estados-membros da União Europeia, - e, portanto, também a produção de PCC - a indústria de energia terá de desenvolver todos os esforços para fornecer sempre produtos de boa qualidade para o mercado da construção.

A gestão desses produtos de acordo com os padrões de certificação, é uma garantia da qualidade exigida.

A cooperação entre as entidades que possuem o mesmo tipo de problemas e assim podem partilhar soluções é o fundamento de uma política sempre adoptada pelos produtores europeus de electricidade.

A participação activa na Associação Europeia dos Produtos da Combustão do Carvão, ECOBA, é uma manifestação desta atitude e tem levado à obtenção de vantagens mútuas para os seus membros.

Por outro lado, a experiência adquirida ao longo dos anos na gestão deste tipo de materiais permite uma análise dos factores que dificultam a sua utilização, e a identificação das medidas que se podem implementar para reverter a situação.

É uma análise que passa por questões operacionais, legais e económicas, pois o aspecto ambiental apresenta vantagens aparentemente inquestionáveis. O risco associado a estas vertentes merece tratamento destacado no Anexo 4.

As questões operacionais

Operacionalmente a introdução de um novo material no sector da construção pode levantar muitas dúvidas sobre:

- A sua adequabilidade;
- A forma de ser aplicado;
- A garantia de duração da construção com as características especificadas.

Na perspectiva meramente operativa vários passos podem ser dados para eliminar a desconfiança e reduzir a incerteza:

- A construção de carácter experimental, em obras de menor dimensão;
- A visita de aplicações no estrangeiro, onde podem existir exemplos de sucesso já consolidado;
- O recurso ao acompanhamento e aconselhamento técnico do LNEC.

Do ponto de vista formal é imprescindível que os cadernos de encargos das obras contemplem estas soluções, o que só é possível com a adesão plena dos donos das obras, que em contrapartida, podem exigir garantias contratuais adicionais.

As questões legais

Quanto à legislação, está em causa o enquadramento dos PCC como resíduos não perigosos. Se, em Portugal, as cinzas volantes e o gesso já têm o estatuto de subproduto para as principais aplicações, as cinzas de fundo necessitam de uma autorização específica para cada obra.

As questões económicas

Economicamente também se podem tecer algumas considerações, que começam pelos sobrecustos muito significativos dos aspectos atrás mencionados, incluindo o das garantias contratuais para a utilização do produto.

Por outro lado, a análise da valorização dos recursos naturais como não renováveis, nem sempre é feita.

É citado o exemplo da utilização de cinzas de fundo em substituição de xistos, que se justifica não porque o seu preço actual seja vantajoso, mas porque se incorpora o factor escassez e a valorização é feita em comparação com o preço futuro do recurso natural.

Vai assim ser possível explorar o xisto por um período mais longo, quando valer mais.

Ora este raciocínio só é válido porque o dono do recurso é o utilizador do material alternativo.

Claro que também existem empreiteiros que são donos de pedreiras, mas com o interesse de, através da sua exploração actual, rentabilizar o investimento em equipamento e de licenças.

Aqui a manutenção do recurso natural é irrelevante até porque não há a certeza da sua utilização futura.

Nota final

A questão que se levanta é a de saber se existe uma receita infalível para a utilização de resíduos industriais, minimizando o seu impacto no ambiente e tornando-se fonte adicional de receita.

O caso das cinzas volantes e do gesso leva a pensar que, se existirem um conjunto de factores favoráveis, isto é possível.

E é também desejável do ponto de vista ambiental, pela perspectiva da economia de recursos naturais e energéticos, ou pela da redução de emissões.

A certificação e o respeito pelos requisitos legais, são a chave do sucesso no sector.

Referências bibliográficas

- [1] BP (2012), “Statistical review of world energy – Full report 2012”
- [2] MOURA, Domingos, (1976), *Produção e transporte de energia*, Lisboa, IST
- [3] SANTANA, João, RESENDE, Maria José (2006), *Reflectir Energia*, Lisboa, ETEP
- [4] EDP (2011). “EDP Production anual technical report”, EDP
- [5] MAGALDI News: Issue 13, 1/2008
- [6] BECKERT, EINBRODT, FISCHER (1991), “Comparison of Natural Gypsum and FGD Gypsum, Abridged Version of the VGB Research-Project 88”, *VGB Kraftwerkstechnik 1991*, p. 46 – 49
- [7] European Zero Emission Platform “ZEP“
- [8] VGB Facts and Figures 2011/2012
- [9] ECOBA (1997), “Hard coal fly ash in concrete”, ECOBA
- [10] ECOBA (1999). “Selected applications of construction materials from power plants”, ECOBA
- [11] ECOBA (2004). “Minerals from coal-the green label”, ECOBA
- [12] EUROGYPSUM, VGB PowerTech, ECOBA, (2012) *FGD Gypsum - Quality Criteria and Analysis Methods*, EUROGYPSUM, VGB PowerTech, ECOBA
- [13] ECOBA: Statistics on Production and Utilisation of CCPs in Europe (EU 15) in 2009, ECOBA
- [14] EDP (1990). “Cinzas volantes. Aplicações em cimentos e betões”, EDP
- [15] CARDOSO, Claudino, VIEIRA, Fernando Caldas, “Valorização das Cinzas de Fundo da Combustão do Carvão em Obras Geotécnicas – Caracterização e Medidas para o Desenvolvimento do Sector” *Seminário sobre valorização de resíduos em obras geotécnicas*, Universidade de Aveiro, 28 e 29 de Setembro de 2009
- [16] LNEC, Departamento de vias de comunicação, Núcleo de pavimentos rodoviários (1996) “Caracterização de escórias e cinzas de arranque de central termoelétrica para aplicação em camadas de pavimentos rodoviários”, *Laboratório Nacional de Engenharia Civil*, Lisboa, Setembro de 1996
- [17] CPPE / LNEC (2003) “Reciclagem de escórias na construção rodoviária”, LNEC
- [18] EDP (1992). “Cinzas volantes em pavimentos rodoviários”, EDP
- [19] VIEIRA, Fernando Caldas (2004), “Valorização de cinzas do carvão”, *Seminário sobre valorização de resíduos em obras geotécnicas*, Guimarães, 15 de Março de 2004
- [20] SZCZYGIELSKI, Tomasz (2010) “Coal Combustion Products in road construction”, *EurocoalAsh 2010*, Copenhaga, 27 e 28 de Maio de 2010
- [21] VIEIRA, Fernando Caldas, CUNHA Carlos e GONÇALVES Arlindo, (2010) “ETA for mixed coal ash: A Portuguese experience”, *EurocoalAsh 2010*, Copenhaga, 27 e 28 de Maio de 2010

- [22] EN 450 - Fly ash for concrete: Part 1 and 2
- [23] EN 197 – Cement: Part 1
- [24] EOTA, “Common Procedural Rules for European Technical Approval”
- [25] VIEIRA, Fernando Caldas, CUNHA Carlos e GONÇALVES Arlindo, (2010) “Energy Conversion and CCP Management of EDP”, *revista VGB PowerTech*, Agosto de 2010
- [26] FERNANDES, Stéphane, SIPOS, Marton, TOMÁS, Rui, BRENDA, Edson, VIEIRA, Fernando Caldas (2011) "REBURN, Processing combustion products", *IST - Empreendedorismo, Inovação e Transferência de Tecnologia*
- [27] EC (2006), “BAT, Best Available Techniques, Integrated Pollution Prevention and Control Reference Document”
- [28] EC (2006), “IPPC, Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning integrated pollution prevention control”
- [29] EC (2001), “LCPD, “DIRECTIVE 2001/80/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2001 on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants”
- [30] EU (1975), “IED, Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control) (recast)”
- [31] EU, “E-PRTR: European Pollutant Release and Transfer Register”
- [32] EEA (2010) “LRTAP: European Union emission inventory report 1990–2008 under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution”, *EEA Technica Report 7/2010*, ISSN 1725-2237
- [33] United Nations, 2008, *Kyoto protocol on the Framework Convention Climate Change*
- [34] United Nations, “UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change”
- [35] COM (2011) “370 final proposal for a Directive of European Parliament and of the Council on energy efficiency and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC”, Brussels, June 22, 2011
- [36] EC (2008), “Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the council of 19 November 2008”, *Official Journal of the European Union*

Sites consultados na internet

<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/lcp.html>
<http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>
<http://www.aaa-usa.org/>
<http://www.baumineral.de/>
<http://www.bp.com>
<http://www.bvk-online.com/>
<http://www.cimpor.pt>
<http://www.circainfo.ca/>
<http://www.coal-ash.co.il/>
<http://www.coalash.co.za/>
<http://www.dei.gr/>
<http://www.dgeg.pt/>
<http://www.dongenergy.dk/>
<http://www.draxpower.com/>
<http://www.ecoba.org/>
http://www.ecopower.ru/index_eng.html
<http://www.edf.com/>
<http://www.edp.pt>
<http://www.edprenovaveis.com>
<http://www.ekotech.pl/>
<http://www.electrabel.com/>
<http://www.emineral.dk/>
<http://www.endesa.es/>
<http://www.enel.it/>
<http://www.eon-benelux.com/>
<http://www.eon-uk.com/>
<http://www.eota.be>
<http://www.eps.rs>
<http://www.erse.pt/>
<http://www.esb.ie/>
<http://www.fortum.com/>
<http://www.jcoal.or.jp/>
<http://www.jpower.co.jp/english/>

<http://www.lnec.pt>
<http://www.magaldi.com>
<http://www.natash.co.uk/>
<http://www.omelholding.es>
<http://www.proash.com>
<http://www.ren.pt/>
<http://www.scotash.com/>
<http://www.scottishpower.com/>
<http://www.secil.pt>
<http://www.steag-powerminerals.com/>
<http://www.surschiste.com/>
<http://www.tejoenergia.com/>
<http://www.titanamerica.com>
<http://www.unesa.es/>
<http://www.unia-ups.pl/>
<http://www.vattenfall.dk/>
<http://www.vgb.org/>
<http://www.vliegasonie.nl/>
<http://www.wccpn.org/>
<http://www.zero-emissionplatform.eu>

Anexos

Anexo 1 – Mapa da rede nacional de transporte de electricidade (REN)

Rede Nacional de Transporte de Eletricidade 2012

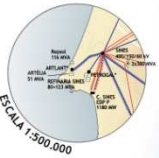
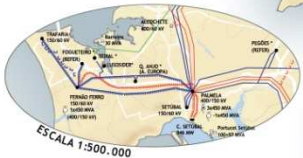
Portugal 1 Janeiro

A localização das subestações e o traçado das linhas são indicativos, não estando georreferenciados.



Oceano Atlântico

Espanha



Legenda

Atualização da rede de transporte de eletricidade em 1 de Janeiro de 2012 e o traçado das linhas são indicativos, não estando georreferenciados.

Condições de transporte:

Condição	Cor
110 kV	Verde
220 kV	Azul
380 kV	Vermelho

Subestações:

Subestação	Simbolização
110/220 kV	[Símbolo]
220/380 kV	[Símbolo]
380 kV	[Símbolo]

Condições de transporte:

Condição	Simbolização
110 kV	[Símbolo]
220 kV	[Símbolo]
380 kV	[Símbolo]

Condições de transporte:

Condição	Simbolização
110 kV	[Símbolo]
220 kV	[Símbolo]
380 kV	[Símbolo]

Condições de transporte:

Condição	Simbolização
110 kV	[Símbolo]
220 kV	[Símbolo]
380 kV	[Símbolo]

Condições de transporte:

Condição	Simbolização
110 kV	[Símbolo]
220 kV	[Símbolo]
380 kV	[Símbolo]

REN
 REN-Rede Eléctrica Nacional, S.A.
 Av. E.U.A., 55
 1749-061 Lisboa
 Tel. 21 001 3500
 Fax 21 001 3100
 www.ren.pt

norvia
 CONSULTORES DE ENGENHARIA, S.A.
 www.norvia.pt

Base Cartográfica cedida por ESRI Portugal.

ESCALA: 1:1.000.000

**Anexo 2 – Lista Europeia de Resíduos (LER) de acordo com a Portaria n.º
209/2004, de 3 de Março**

Resíduos de processos térmicos

10 Resíduos de processos térmicos:

10 01 Resíduos de centrais eléctricas e de outras instalações de combustão (excepto 19):

- 10 01 01 Cinzas, escórias e poeiras de caldeiras (excluindo as poeiras de caldeiras abrangidas em 10 01 04).
- 10 01 02 Cinzas volantes da combustão de carvão.
- 10 01 03 Cinzas volantes da combustão de turfa ou madeira não tratada.
- 10 01 04 (*) Cinzas volantes e poeiras de caldeiras da combustão de hidrocarbonetos.
- 10 01 05 Resíduos cálcicos de reacção, na forma sólida, provenientes da dessulfuração de gases de combustão.
- 10 01 07 Resíduos cálcicos de reacção, na forma de lamas, provenientes da dessulfuração de gases de combustão.
- 10 01 09 (*) Ácido sulfúrico.
- 10 01 13 (*) Cinzas volantes da combustão de hidrocarbonetos emulsionados utilizados como combustível.
- 10 01 14 (*) Cinzas, escórias e poeiras de caldeiras de co-incineração contendo substâncias perigosas.
- 10 01 15 Cinzas, escórias e poeiras de caldeiras de co-incineração não abrangidas em 10 01 14.
- 10 01 16 (*) Cinzas volantes de co-incineração contendo substâncias perigosas.
- 10 01 17 Cinzas volantes de co-incineração não abrangidas em 10 01 16.
- 10 01 18 (*) Resíduos de limpeza de gases contendo substâncias perigosas.
- 10 01 19 Resíduos de limpeza de gases não abrangidos em 10 01 05, 10 01 07 e 10 01 18.
- 10 01 20 (*) Lamas do tratamento local de efluentes contendo substâncias perigosas.
- 10 01 21 Lamas do tratamento local de efluentes não abrangidas em 10 01 20.
- 10 01 22 (*) Lamas aquosas provenientes da limpeza de caldeiras contendo substâncias perigosas.
- 10 01 23 Lamas aquosas provenientes da limpeza de caldeiras não abrangidas em 10 01 22.
- 10 01 24 Areias de leitos fluidizados.
- 10 01 25 Resíduos do armazenamento de combustíveis e da preparação de centrais eléctricas a carvão.
- 10 01 26 Resíduos do tratamento da água de arrefecimento.
- 10 01 99 Outros resíduos não anteriormente especificados.

Anexo 3 – Produção e utilização de PCC em 2009, na Europa (ECOBA)

Production and Utilisation of CCPs in 2009 in Europe (EU 15) [kilo tonnes (metric)]

	1	2	3	4	5	6	7
	Fly Ash	Bottom Ash	Boiler Slag	FBC-Ash	Other ¹⁾	SDA-Product	FGD-Gypsum
CCP Production	34.308	4.333	1.190	944	117	306	10.608
Subtotal 1 - 5							40.892
Subtotal 6 - 7							10.914
Total 1 - 7							51.806



	1	2	3	4	5	6	7	Total	%
CCP Utilisation									
Cement raw material	2.727	223		7				2.957	5.6
Blended cement	2.337	2		2				2.341	4.4
Concrete addition	5.833	60	102					6.095	10.8
Aerated concrete blocks	4	417	12		50			479	0.9
Non-aerated concrete blocks	298	698						994	1.8
Lightweight aggregate									
Bricks + ceramics	71	69						140	0.3
Grouting	260	0	55					315	0.6
Asphalt filler	72							72	0.1
Subgrade stabilisation	194	66		4				264	0.4
Pavement base course	3	118	485					696	1.1
General engineering fill	1.483	470		77				2.030	3.9
Structural fill	1.097	151		13		69		1.330	3.5
Soil amendment	51							51	0.1
Infill	377			13		55		445	0.8
Blasting grit			488					488	0.9
Plant nutrition						6		6	0.0
Set retarder for cement							660	660	1.3
Projection plaster							729	729	1.4
Plaster boards							5,043	5,043	9.6
Gypsum blocks							258	258	0.5
Self levelling floor screeds							1,363	1,363	2.6
Other uses	183	71	80	21	18	47		482	0.9
Reclamation, Restoration	17,180	2,082		491	0	81		20,834	39.2
Temporary stockpile	283	119		110	0	0		512	0.9
Disposal	2,113	208	0	208	61	38		3,328	6.5
Total utilisation 1 - 23	44	45	1,990	1,190	137	179	8,117	27,122	51.5
Utilisation rate in %									
Average utilisation rate in %									
	51							51	Average utilisation rate in %
Total utilisation 1 - 24	32,632	4,658	1,190	628	66	270	8,910	47,765	90.7
Utilisation rate in %									
Average utilisation rate in %	83							83	Utilisation rate in %
Reuse of stockpiled CCPs	730	53	0	2	0	0	79	864	1.6
Total production 1-26 incl. reuse	35,038	4,386	1,190	946	117	306	10,887	52,670	100.0

¹⁾ cements, sludges, fly ash and slag from coal gasification

Anexo 4 – Texto complementar sobre os riscos envolvidos

Análise dos riscos

O negócio da electricidade aparece muitas vezes como um negócio sem risco. No entanto, investir numa central eléctrica tem associadas muitas situações que podem surgir, afastando os investidores dos objectivos planeados.

Num projecto de investimento, o risco reflecte-se na determinação da taxa de actualização, ou seja na valorização do próprio dinheiro investido.

No caso dos produtos da combustão do carvão, enquanto associados à exploração das centrais térmicas, passa-se a mesma coisa e os riscos envolvidos podem mesmo levar ao abandono de projectos de utilização a jusante.

Identificam-se de seguida seis dos riscos com mais comuns e invocam-se as metodologias mais adequadas para lidar com eles:

a) Risco tecnológico e de projecto

Um projecto, à partida apresenta um risco de obsolescência. Ao fim de certo tempo podem aparecer outras tecnologias que têm um desempenho mais eficiente ou outros produtos com maior aceitação no mercado.

O mercado das telecomunicações tem muitos exemplos destes, como o caso da fibra óptica a tirar mercado ao ADSL.

Que medidas podem ser tomadas para enfrentar a situação?

- Reforço do marketing, num esforço inglório porque não há publicidade que venda um produto menos adequado ou mais caro, se idêntico.
- Redução do preço. “É mau mas é barato”. A prazo, a exigência do consumidor deita por terra esta estratégia, se é que ela é compatível com as margens praticadas.
- Tentar a reconversão tecnológica e adoptar os sistemas mais avançados.

O problema é a necessidade de investimento adicional para se partir atrasado na corrida pela disputa de um mercado já dominado e onde a recuperação é praticamente impossível.

Conclusão: O insucesso é quase inevitável.

Um investimento que possua uma fase de concepção e desenvolvimento tem subjacente um plano de implementação que comporta essencialmente 2 riscos:

- A especificação. Na fase de concepção, podem ser cometidos erros de previsão, resultando na falta de adequação dos equipamentos para os fins a que se destinam.

A utilização de soluções consagradas e de projectistas experimentados reduz a indeterminação destes processos.

- A construção. O resultado de uma boa gestão da obra é o cumprimento dos prazos e a manutenção dos custos dentro dos valores orçamentados.

A chave para o cumprimento destes objectivos é o planeamento rigoroso, atacando-se de imediato as causas de desvios que podem ocorrer.

Contratualmente, como incentivo ao cumprimento do planeado, é normal que se prevejam:

- Penalizações, exigindo a apresentação de garantias bancárias que só serão libertadas após a verificação do sucesso da obra;

- Prémios que consistem no pagamento de quantias adicionais quando os objectivos são alcançados ou superados.

b) Risco de exploração

Incidentes acontecem por má concepção, erros humanos ou desgaste anormal de materiais. Levam à indisponibilidade das instalações e à perda de produção. Prevenir e remediar são as actuações a seguir.

- Os erros de projecto e de montagem minimizam-se pelo futuro utilizador, primeiro na fiscalização da obra, depois na recepção e comissionamento da instalação: a fase de ensaios.

- Para a exploração é fundamental a formação e o treino específico dos operadores e dos agentes de manutenção.

Poder ser feito no local, em instalações semelhantes, pelo fornecedor dos equipamentos ou através do acompanhamento de elementos mais experientes – uma situação de “coaching”, numa analogia com os treinadores desportivos.

Podem ser utilizados simuladores da instalação como acontece no treino de pilotos aéreos., mas também na condução de grupos térmicos.

Outros factores de minimização destes riscos:

- A introdução de redundâncias nos equipamentos: Três bombas na alimentação de uma caldeira, só com 2 a funcionar em simultâneo; iluminação de emergência; geradores de socorro; transformadores monofásicos, com reserva, em vez de um trifásico, etc..

- A escolha de peças de reserva estratégica que permitam a existência em armazém de elementos para a substituição rápida de componentes avariados. Precisa de uma análise de custo pois é mais um imobilizado da instalação. Uma prática possível é a da partilha das peças de reserva mais caras feita por diferentes instalações que as utilizam.

- Uma política de manutenção não exclusivamente assente na reparação mas principalmente na prática preventiva, de acordo com o tempo de funcionamento ou outro parâmetro de utilização (km percorridos nos automóveis). É o caso dos planos de lubrificação.

É particularmente interessante o recurso a métodos preditivos por análise de parâmetros de funcionamento: vibrações, estado dos lubrificantes, monitorização de temperaturas, etc.

- Para a salvaguarda das pessoas e bens, existe a obrigatoriedade de haver planos de segurança das instalações, com o conjunto de procedimentos a executar em caso de incidente – incêndio ou outro.

Após um incidente é desejável que os proprietários da instalação tenha capacidade técnica (própria ou contratada) para fazer a sua análise, encontrar explicação para a ocorrência, apurar responsabilidades e propor medidas correctivas para impedir a reincidência.

Independentemente das soluções técnicas, estes riscos devem estar sujeitos a uma cobertura por seguro. Trata-se principalmente da cobertura da reparação dos equipamentos danificados, geralmente sem incluir avaria, e, como é claro, dos acidentes pessoais. Pode ser assegurada a compensação por perda de produção, mas esta cobertura leva ao pagamento de prémios muito elevados e geralmente só é incluída em planos globais de maior sofisticação.

Cada apólice tem subjacente o pagamento dum prémio que leva em conta a probabilidade de ocorrência do acontecimento. Uma base de dados consistente é o ponto de partida da actividade seguradora.

Por último recorda-se que a reparação nem sempre é possível por não ser economicamente viável. É o caso da viaturas cujo valor comercial é inferior aos custos de reparação, mas pode também acontecer se a perda total de uma fábrica (por incêndio ou outra) não estiver completamente coberta pelo seguro. O projecto chegou ao fim. Não confundir com os casos dolosos, por exemplo, de navios que encalham antes de ir para abate.

c) Risco financeiro

Pode aparecer em relação a duas situações:

Capital de investimento

Quando os recursos financeiros mobilizados para o arranque do projecto não são exclusivamente dos sócios e são obtidos com recurso ao crédito, esta operação é regulamentada contratualmente, onde é normal que a taxa de juro do empréstimo fique definida para o período de amortização. No entanto trata-se geralmente de uma taxa indexada a taxas de juro de referência cuja variação durante a duração do projecto pode ter influência na sua própria rentabilidade. O problema surge se esta variação se afasta significativamente do valor previsto no estudo de viabilidade.

Algumas formas de lidar com esta situação:

- Tentar limitar no contrato a variação da taxa de juro e prever a possibilidade de amortização.
- Proceder a um plano de amortizações mais ambicioso, se necessário com financiamento dos sócios ou aumento de capital.
- Abertura do capital a novos investidores.
- Renegociar o contrato, aumentando o prazo de pagamento e se possível reduzindo o “spread” contratual.

Financiamento do fundo de manio.

Trata-se da cobertura dos “deficits” de tesouraria em que o saldo bancário é insuficiente para fazer

pagamentos de salários, a fornecedores, de impostos e contribuições para a segurança social e mesmo da amortização do empréstimo inicial.

Resulta geralmente de atrasos de pagamentos de clientes ou de despesas imprevistas ou mesmo da própria irregularidade temporal do negócio.

É uma situação normal que se resolve com recurso a empréstimos de curto prazo, através da negociação de uma linha de crédito, com recurso ao “descoberto” de conta. Num cenário de falta de crédito disponível pode constituir um problema e é frequente ouvir-se dizer que a crise financeira está a arrastar muitas empresas para a falência “por causa da banca não ter meios para emprestar à economia real”.

Eis algumas medidas que podem ser tomadas:

- Melhorar o planeamento das necessidades de tesouraria, antecipando a obtenção dos financiamentos.
- Recurso a outras fontes de financiamento. Ver capital de investimento.
- A solução mais comum e também a menos adequada que é atrasar o pagamento a fornecedores ou o cumprimento de obrigações legais. Leva, por um lado, à transferência do problema para montante, o que terá reflexos na economia em geral e em futuras condições de contratualização; por outro lado ao aparecimento de multas por incumprimento.
- Refira-se ainda à pior maneira de lidar com o problema que é a do recurso à agiotagem ou a dinheiros de origem ilegal.

d) Risco de mercado

As circunstâncias em que o projecto foi delineado podem-se alterar radicalmente. O risco de mercado pode aparecer em duas situações:

- Pelas mais variadas razões, pode haver uma alteração significativa, da parte dos fornecedores, por escassez de matérias-primas, dificuldades logísticas ou insuficiência de pessoal especializado
- Da parte dos clientes que deixaram de mostrar interesse pelos produtos produzidos.

Reacções possíveis para lidar com estes assuntos:

Oferta

Em casos de escassez, deve-se procurar fornecedores, produtos ou mercados alternativos. Se inicialmente se recorria a fornecedores nacionais, a importação pode encarecer em demasia o preço das matérias-primas.

É prudente a contratualização ser feita numa base de longo prazo, se este risco de escassez é real ou se se quer assegurar a estabilidade dos preços. Pelo contrário deve-se privilegiar os contratos “spot”, de curto prazo ou à vista, se existe grande diversidade de fornecedores, concorrentes entre eles.

Se possível pode-se intervir a montante da cadeia de produção, por exemplo, na fruticultura, se o negócio for de sumos de fruta, ou na pesca, quem tiver um negócio de conservas de peixe.

Em produtos sazonais, a gestão de stocks deve reflectir essas variações.

Procura

Se os clientes reduzem as suas compras, a primeira atitude normal é a descida dos preços.

Pode ser acompanhada dum intensificação da publicidade ou do reforço dos agentes de vendas, se se tratam de produtos de grande consumo. É também a atitude de agentes que querem penetrar pela primeira vez em mercados mais ou menos maduros.

Mas há situações em que estas atitudes são irrelevantes, por exemplo num mercado de construção em queda, não adianta baixar o preço do cimento para facilitar o seu escoamento. Aqui tem de se estudar a internacionalização e a exportação de produtos com o cuidado de se escolher criteriosamente os mercados visados, sob a perspectiva da concorrência, poder de compra e apetência de consumo.

e) Risco normativo e institucional

Durante a vigência do projecto as circunstâncias que foram estabelecidas no processo de licenciamento podem ser alteradas. É o que se chama de “alterar as regras a meio do jogo”.

Mas acontecem situações de mudanças de legislação ambiental (a directiva GIC e as suas consequências), legislação de trabalho (veja-se a discussão à volta do salário mínimo ou da taxa social única) ou mesmo de alterações fiscais.

A forma correcta de tratar destes problemas é através da existência de margens para imprevistos e portanto possuir flexibilidade para os enfrentar.

Mas faz todo o sentido tentar influenciar os decisores económicos através de associações empresariais ou de “lobbying”, atitude legítima, se não se atravessar a fronteira da corrupção.

Mas muitas destas alterações resultam de normativos europeus e nesse caso pouco pode ser feito a nível local.

Neste capítulo também cabe uma referência à questão da resolução de diferendos. Dada a morosidade do sistema judicial é preciso que sejam tomados alguns cuidados em situação de conflito. Desde logo a procura de textos contratuais completos e claros deixando pouca margem de interpretação e vinculando as partes, com mecanismos de penalização suportados em cauções e garantias bancárias. Depois, prevendo o recurso a entidades arbitrais independentes e aceites pelas partes.

O apoio jurídico é necessário desde a primeira hora do projecto.

f) Força maior

Entende-se por situações de força maior aquelas que decorrem de causas externas e impossíveis de controlar.

Incluem, por exemplo:

Descargas eléctricas atmosféricas, tremores de terra, maremotos, falhas geológicas, aluimento ou desabamentos de terras, colapsos, furacões, tempestades, fogo com origem externa, cheias, seca, acumulação de neve ou gelo ou outras condições atmosféricas ou ambientais extremas, meteoritos, ocorrência de ondas de choque provocadas por aviões ou outros meios aéreos voando a velocidades supersónicas, choque de veículos rodoviários ou de caminho de ferro ou de aviões, erupções vulcânicas, explosões incluindo a explosão nuclear, contaminação radioactiva ou química ou radiações ionizantes, greves ou outras perturbações laborais, actos de inimigos públicos ou de inimigos estrangeiros, actos terroristas, guerra declarada ou não declarada, bloqueio, revolução, tumulto, insurreição, levantamento popular, invasão, conflito armado, sabotagem ou actos de vandalismo, terrorismo, actos criminosos...

Geralmente não estão ao abrigo dos contratos de seguro e bem pelo contrário costumam fazer parte das suas cláusulas de exclusão.

Leva à suspensão dos contratos existentes e muito provavelmente à extinção da actividade, ao fim do projecto.

Se houver possibilidade de recuperação, esta passa a ser o foco de toda a actividade da empresa, de forma a ser retomada a produção mesmo que parcial, no mínimo tempo possível. São cenários em que se ultrapassam organizações e funções estabelecidas e que por esse motivo necessitam de ter pelo meio uma coordenação forte e a manutenção da clarividência.

No entanto situações de cataclismo terão um tratamento exterior ao projecto, envolvendo procedimentos de solidariedade nacional, com apoio de recursos estatais ou de entidades internacionais.