

Centrais Termoeléctricas do Carregado e do Ribatejo

Relatório de Visita de Estudo

30 Novembro 2004



Secção de Sistemas de Energia

Janeiro 2005

Índice

1. Objectivos	2
2. Enquadramento	2
3. Localização	2
4. Descrição das centrais	
4.1 Central Termoelétrica do Carregado	3
4.2 Central Termoelétrica do Ribatejo	5
5. Descrição da visita	9
Anexo	
1. Contactos	10
2. Docentes do ISEL que acompanharam a visita	10

Agradecimentos

- As fotos das figuras 2, 4, 5 e 7, foram cedidas pelos alunos da comissão pedagógica do DEEA.
- A foto da figura 3 foi retirada de um folheto da CPPE sobre o centro de produção do carregado.

1. Objectivos

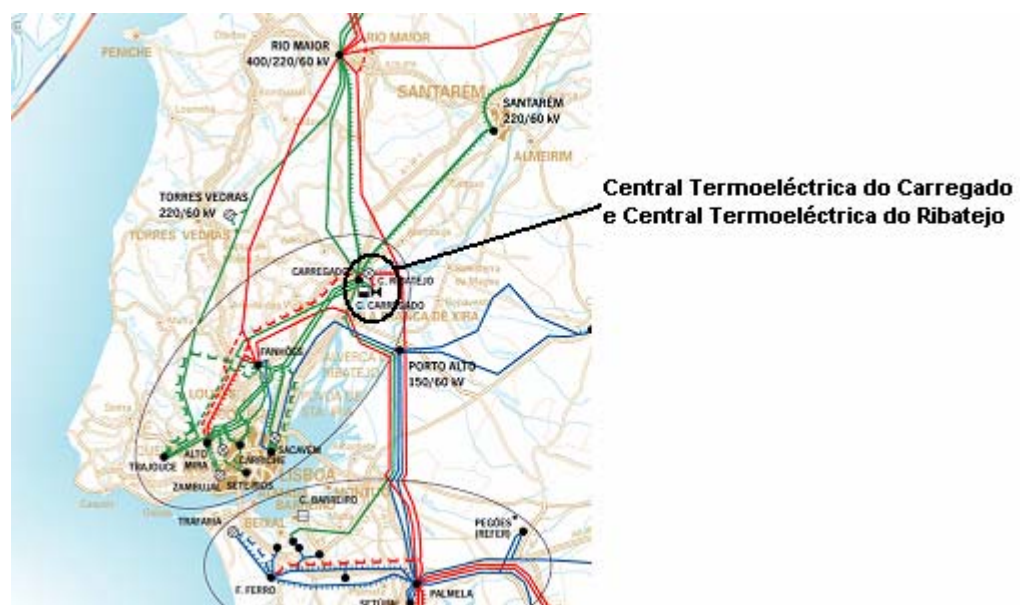
- Sensibilizar os alunos para as diferenças tecnológicas existentes entre uma central termoelétrica a fuelóleo com 40 anos e uma central termoelétrica de ciclo combinado a gás natural com um ano.
- Observar na realidade o funcionamento de uma central térmica a fuelóleo e de uma central térmica de ciclo combinado a gás natural.
- Reconhecer a complexidade dos sistemas existentes numa central, bem como a transversalidade disciplinar desses sistemas.

2. Enquadramento

A visita de estudo enquadrou-se nas disciplinas de Redes de Energia Elétrica e Protecções em Sistemas de Energia Elétrica.

3. Localização

As centrais termoelétricas do Carregado e do Ribatejo estão situadas a cerca de 40 km de Lisboa, numa localidade denominada Vala do Carregado, perto da vila do Carregado, concelho de Alenquer.



Fonte: REN

Figura 1 – Localização das centrais termoelétricas do Carregado e do Ribatejo. (detalhe do mapa da Rede Eléctrica Nacional)

4. Descrição das Centrais

4.1 Central Termoelétrica do Carregado

A central do Carregado é uma central térmica convencional que utiliza fuelóleo e gás natural para a produção de energia eléctrica. Esta central é constituída por seis grupos de 125 MW de potência cada, tendo sido os dois primeiros grupos instalados em 1969, e os restantes noutras duas fases, em 1974 e 1976. Os grupos utilizam fuelóleo residual, podendo os grupos 5 e 6 desde 1997, utilizar também o gás natural.

A central é abastecida de fuelóleo por descarga em cais fluvial, sendo depois encaminhado para a central através de um oleoduto com a capacidade de 800 m³/h. Para que o fuel mantenha a fluidez, o oleoduto é aquecido em parte do seu percurso por resistência eléctrica, e noutra parte a água.

Na central o fuelóleo é armazenado em cinco reservatórios com a capacidade de 20.000 m³ cada. Dentro dos reservatórios o fuel é mantido entre os 35° C e os 40° C.

No que diz respeito ao gás natural, a central é abastecida a partir de uma derivação do gasoduto da Transgás a uma pressão de 6 bar. Dado que não existe armazenamento de gás natural na central, todo o gás fornecido tem que obrigatoriamente ser consumido.

À potência máxima, as caldeiras queimam por grupo, 28 t/h de fuelóleo ou 28.000 m³/h de gás natural, tendo uma capacidade de vaporização de 360 t/h, e um rendimento na ordem dos 90%. O vapor produzido tem uma pressão de 130 bar e uma temperatura de 540° C.

O vapor é depois encaminhado para a turbina, que é constituída por 3 corpos, um de alta pressão, um de média pressão e outro de baixa pressão, todos acoplados entre si. À entrada do corpo de alta pressão o vapor tem 125 bar e 540° C. O vapor é depois reencaminhado para o corpo de média pressão onde entra a 28 bar e 540° C, à saída do qual é novamente reencaminhado, agora para o corpo de baixa pressão. Esta passagem pelos três corpos da turbina permite um maior aproveitamento da energia contida no vapor.

O vapor proveniente da turbina passa ao estado líquido no condensador sendo retirado por uma bomba de extracção e voltando novamente para o interior da caldeira, a uma temperatura de 235° C, para ser reaquecido. De referir, a título de curiosidade, que a ignição dos queimadores das caldeiras é feito a gás propano.

As cinzas contidas no fumo resultante da combustão do fuel nas caldeiras, são encaminhadas para as chaminés de 100 m de altura, passando por precipitadores electrostáticos, que utilizam filtros alimentados com uma tensão de 30 kV de meia onda. Estas cinzas são depois retiradas dos filtros pela vibração destes.



Figura 2 - Vista dos precipitadores electrostáticos

As cinzas resultantes da combustão do fuel, não podem ser aproveitadas para outros fins, ao contrário das cinzas provenientes da combustão do carvão, pelo que são enviadas directamente para aterro. De referir que a central produziu 443,3 toneladas de cinzas volantes e escórias de fuelóleo em 2003¹. O controlo das emissões

atmosféricas é feito através da medição permanente, na chaminé, de SO₂, NO_x, CO, O₂, temperatura e partículas.

O circuito de refrigeração utiliza água proveniente do rio Tejo. O caudal de água utilizada é de 16 m/s. A água de refrigeração passa pelo condensador e depois é reencaminhada de novo para o rio.

Como já foi referido no início da descrição, a central termoeléctrica do Carregado é constituída por seis grupos. Os alternadores dos grupos 1, 2, 5 e 6 têm uma potência de 156 MVA com um factor de potência de 0,8. Os alternadores dos grupos 3 e 4 têm uma potência aparente de 150 MVA, também com um factor de potência de 0,8, e podem funcionar como compensadores síncronos. A tensão à saída dos geradores é de 15,5 kV. A potência activa máxima é de 125 MW e a mínima de 40 MW.

Os alternadores são colocados em funcionamento com recurso a um motor assíncrono, cujo arranque é feito recorrendo a uma resistência líquida.

Para refrigeração dos alternadores é utilizado o hidrogénio, que por sua vez é refrigerado a água desmineralizada. Quando é necessário proceder-se a uma intervenção no gerador, o hidrogénio é retirado injectando CO₂.

Os grupos da central do Carregado permitem a operação de ilotagem. Esta operação permite, em caso de perturbação da rede que obrigue à retirada de um



Figura 3 - Vista dos seis grupos da central

¹ EDP, Relatório de Sustentabilidade 2003

grupo, manter esse grupo em funcionamento, alimentando apenas os serviços auxiliares. Através desta operação, os grupos podem entrar mais rapidamente na rede, quando a perturbação terminar. No entanto, a operação de ilotagem só pode ser mantida durante uma hora, isto porque a potência necessária para alimentar os serviços auxiliares é muito baixa, pelo que o fuel necessário para que o grupo forneça essa potência é reduzido, o que faz com que as temperaturas dentro da caldeira comecem a diminuir. Caso a perturbação dure mais de uma hora será necessário parar o grupo.

A energia fornecida pelos grupos é colocada na rede através de transformadores com 156 MVA de potência aparente e com 15,5 / 220 kV de relação de transformação, refrigerados com recurso a ventiladores. Nestes transformadores pode proceder-se a uma regulação grosseira da energia reactiva pela actuação, em carga, nas tomadas instaladas do lado da alta tensão.

Em termos ambientais, têm sido desenvolvidos vários esforços no sentido de minimizar o impacte ambiental da central no meio envolvente. Além das já referidas monitorização de emissões atmosféricas e instalação de precipitadores electrostáticos no circuito de saída de fumos, procedeu-se também à instalação de queimadores de baixo teor de NO_x nos grupos 5 e 6, e a construção de uma estação de efluentes líquidos. Refira-se ainda que a central possui uma rede de controlo de ar constituída por seis estações de medida instaladas nas proximidades da central.

4.2 Central Termoeléctrica do Ribatejo

A central termoeléctrica do Ribatejo possui actualmente dois grupos instalados de 400 MW de potência, utilizando o gás natural como combustível para a produção de energia eléctrica.

Tendo sido iniciada a sua construção em Outubro de 2001 com o desmantelamento de infra-estruturas existentes, nomeadamente de três depósitos de fuelóleo da central térmica do Carregado, o 1º grupo entrou em funcionamento em Fevereiro de 2004, o que perpez um período de construção de 28 meses. O 2º grupo viria a entrar em funcionamento oito meses mais tarde, ou seja, em Outubro de 2004, e está previsto a entrada em serviço do 3º e último grupo em Março de 2006.

A empreitada de construção da central foi adjudicada ao consórcio Siemens/Koch, sendo o valor global estimado da obra de 600 milhões de Euros, e o tempo de vida útil esperado de 25 anos.

De salientar que durante o pico de construção, o número de trabalhadores afectos à obra foi de 1000, tendo-se registado nos 28 meses de construção, três acidentes de trabalho.

A central da Termoeléctrica do Ribatejo (TER), foi a primeira a ser construída para integrar o Sistema Eléctrico Não Vinculado (SENV).

Quando a central se encontrar a trabalhar em pleno, a sua capacidade de produção anual ascenderá a 9000 GWh/ano.



Figura 4 - Vista de um dos alternadores

Ao nível dos recursos humanos a central possui actualmente 45 colaboradores, estando previsto com a entrada em funcionamento do 3º grupo a contratação de mais quatro, ascendendo assim a 49 o total necessário para operar esta central.

O gás natural consumido é fornecido a partir da rede de transporte deste combustível, prevendo-se que os três grupos venham a consumir $1200 \text{ Mm}^3 \text{ (n)}^1$ /ano, o que representa cerca de um terço do consumo nacional actual.

O gás natural passa através de filtros para limpar o gás de eventuais partículas e entra na turbina de combustão onde é queimado. Esta turbina é do tipo anelar. Os gases resultantes da combustão são expandidos nessa turbina e o calor contido nestes é recuperado numa caldeira onde é gerado vapor que



Figura 5 - Perspectiva da chaminé da saída de fumos

por sua vez acciona uma turbina de vapor. Os gases resultantes da combustão



Figura 6 - Torre de refrigeração

são, após o aproveitamento do seu calor, encaminhados para a atmosfera através de uma chaminé de 75m. A turbina a vapor é constituída por três corpos (alta, média e baixa pressão) para melhor aproveitamento da energia contida no vapor.

¹ $\text{m}^3 \text{ (n)}$ – metro cúbico normal, ou seja, metro cúbico medido à temperatura de 0°C e à pressão de 1013,25 mbar

O vapor à saída da turbina passa ao estado líquido no condensador, cuja refrigeração é do tipo fechado com torre de refrigeração.

A torre de refrigeração com 60 m possui ventilação assistida com recurso a 24 ventiladores instalados na base da torre, cujo perímetro é de 70 m. A capacidade de refrigeração é de 5,7 m³/s por grupo.

Da energia produzida pela central cerca de dois terços é produzida a partir da turbina a gás e um terço da turbina a vapor.

Nesta central, as turbinas de vapor e de gás, o alternador e o compressor encontram-se montadas sobre o mesmo veio. Deste modo consegue-se obter rendimentos da ordem dos 57%.

Os alternadores dos grupos possuem uma potência aparente de 445 MVA, com uma tensão de geração de 22 kV, sendo o arrefecimento feito com recurso a hidrogénio.

A energia produzida pela central é colocada na rede de transporte através de transformadores de potência com relação de transformação de



22 / 220 kV, no caso do grupo 1, e de 22 / 400 kV no caso do grupo 2 e 3. O consumo dos serviços auxiliares é de 8 MW a 6,6 kV.

Do ponto de vista ambiental a central termoelétrica do Ribatejo, devido à tecnologia utilizada (ciclo combinado a gás natural), apresenta emissões de poluentes atmosféricos reduzidas. O quadro seguinte é ilustrativo desta realidade:

Tec. /Combustível	CO ₂	NO _x	SO ₂	Partículas
C. Combinado TG a G.N.	370	0,3	Virt. 0	Virt. 0
Convencional a G.N.	560	2	Virt. 0	Virt. 0
Convencional F.Óleo 3% S	750	2	14	0,1
Convencional F.Óleo 1% S	750	2	5	0,1
Convencional Carvão 1% S	900	2	7	0,15

Quadro 1 – Emissões específicas típicas em g/kWh

Para medição e monitorização da qualidade do ar nas imediações da central, recorre-se à rede de monitorização já utilizada pela central termoelétrica do Carregado.

De referir ainda que a central possui uma estação de tratamento de efluentes líquidos para correcção de pH, remoção de óleos e sólidos em suspensão.

5. Descrição da visita

Na central termoelétrica do Carregado fomos recebidos pelo Sr. Manuel Sousa que nos conduziu à sala de formação onde, com o apoio do Eng.º Moedas para questões técnicas, procedeu a uma apresentação desta central. Esta apresentação começou por incidir no enquadramento da central no parque electroprodutor da CPPE, passando a focar-se na explicação detalhada do funcionamento dos seus diversos componentes (circuito ar/fumos, circuito água/vapor, circuito água/refrigeração, turbinas, alternadores, etc.). Também salientado nesta apresentação o esforço desenvolvido no que diz respeito à redução do impacto ambiental da central na zona envolvente, com o controlo das emissões atmosféricas por medição permanente nas chaminés dos valores de SO₂, NO_x, CO, O₂, temperatura e partículas, a instalação de precipitadores electrostáticos e a construção de uma estação de tratamento de efluentes líquidos.

Após a apresentação seguiu-se uma visita pela central, guiada pelo Sr. Manuel Sousa.

Na central termoelétrica do Ribatejo onde fomos recebidos pelo Eng.º Travassos, teve início um debate, no qual se abordaram algumas questões relacionadas com o comércio de emissões, liberalização do sector eléctrico e com a estrutura do Sector Eléctrico Nacional (SEN), em particular no que concerne ao Sistema Eléctrico Não Vinculado (SENV) no qual se insere a central da TER. Debateram-se também alguns aspectos comparativos entre a central do Carregado e a central da TER, com especial incidência nos factores poluentes da utilização do gás natural e do fuelóleo na produção de energia eléctrica. Compararam-se também estas duas centrais no que diz respeito ao rendimento dos grupos, que na Central Termoelétrica do Ribatejo é da ordem dos 57%, e aos recursos humanos que na nova central com dois grupos em funcionamento emprega 45 colaboradores, estando prevista com a entrada em serviço do terceiro grupo, a contratação de mais quatro colaboradores.

Passou-se em seguida ao visionamento de um filme promocional da TER, onde além da explicação do funcionamento da central se caracterizou o parque electroprodutor da CPPE, e se comparou a produção de energia eléctrica a partir do gás natural, carvão e fuelóleo, no que diz respeito a emissões atmosféricas de poluentes. Após o visionamento do filme efectuou-se uma visita guiada às instalações da central.

Anexo

1. Contactos

Central Termoelétrica do Carregado

Centro de Produção do Carregado
Vala do Carregado
2580 Alenquer
Tel.: 263 855 025
Fax: 263 854 002
Contacto no local: Sr. Manuel Sousa
Eng.º Moedas

Central Termoelétrica do Ribatejo

Centro de Produção do Ribatejo
Vala do Carregado
2580 – 510 Alenquer
Tel.: 263 000 100
Fax: 263 000 113
Contacto no local: Eng.º João Travassos
joao.travassos@cppe.edp.pt

2. Docentes do ISEL que acompanharam a visita

Eng.º Moisés Antunes – Docente da disciplina de Redes de Energia Elétrica
Eng.º Dias Pereira – Docente das disciplinas de Redes de Energia Elétrica e
Protecções em Sistemas de Energia Elétrica
Eng.º Gil Vicente – Docente e responsável da disciplina de Protecções em
Sistemas de Energia Elétrica
Eng.º Jorge de Sousa – Coordenador da Secção de Sistemas de Energia
Eng.º João Lagarto – Encarregado de trabalhos da Secção de Sistemas de
Energia.