

## Descrição Técnica da Central Tejo

### Parte 2 – A água de alimentação das caldeiras de AP

#### A água de alimentação e o seu tratamento

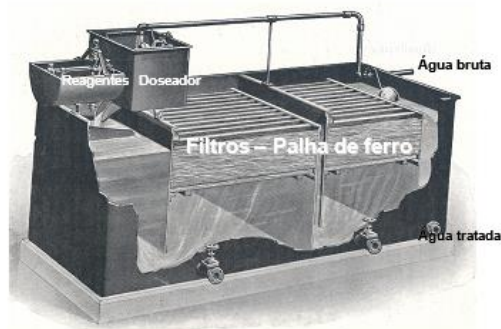
##### Introdução

O tratamento da água das caldeiras tem sido e continuará a ser um dos assuntos da maior complexidade numa Central Termoelectrica.

Há várias grandezas em jogo, tais como a composição elementar da água bruta, a escolha dos produtos químicos adequados para o seu tratamento, a contaminação resultante de roturas nos tubulares de condensadores e refrigeradores, a concepção da própria instalação de tratamento, etc.

Esta Central começou a trabalhar com água fornecida pela Companhia das Águas de Lisboa e mais tarde também com água fornecida por um furo artesiano aberto nos terrenos da própria Central.

A primitiva instalação de tratamento tinha sido adquirida em 1914. Como não se revelou eficiente foi substituída em 1928 por outra de tecnologia mais avançada.



*Depurador de 1914*

Após várias experiências para melhorar a qualidade da água, muitas delas sem sucesso, foi novamente decidido substituí-la. Só a partir do projecto de aquisição das novas caldeiras de alta pressão e com o avanço dos processos tecnológicos relacionados com a indústria química, foi possível adquirir e colocar em serviço em 1943, uma instalação mais avançada tecnologicamente, que permitiu criar condições mais favoráveis, permitindo a obtenção de uma água de qualidade aceitável para alimentação das caldeiras.

Essa é a instalação que se encontra actualmente na denominada “Sala da Água”.

Prestou excelentes serviços, mas nunca satisfez completamente... a sua tecnologia, apesar de tudo era ainda incipiente!...

##### Sala da água

Nesta sala e no piso inferior, estão instalados os equipamentos relacionados com o tratamento da **água bruta** ou **água industrial**, da preparação e aquecimento da **água tratada** e da sua **bombagem** para as caldeiras.

No piso superior estão montados dois reservatórios cilíndricos de **grande capacidade**, contendo a água de alimentação tratada quimicamente, aquecida e desgasada com um teor de Oxigénio não superior a 0.02 cm<sup>3</sup>/l, própria para alimentar as caldeiras.



*Reservatórios de água de alimentação*

## Instalação de tratamento e bombagem da água de alimentação das caldeiras

### Depuração da água bruta. Depurador

A água “bruta” era sujeita a uma depuração para separação das impurezas nela contidas.

O aparelho onde esta operação era realizada denominava-se de depurador e recebia como já referido, a água bruta da rede pública ou em alternativa, a água proveniente do furo artesiano.

A água bruta era recolhida numa cisterna localizada no subsolo e daí elevada por bombas até ao Castelo de Água, um tanque de grande capacidade montado sobre o tecto da casa das caldeiras de alta pressão. Do castelo, a água descia por gravidade para o depurador.



*Bombas elevatórias e castelo de água*

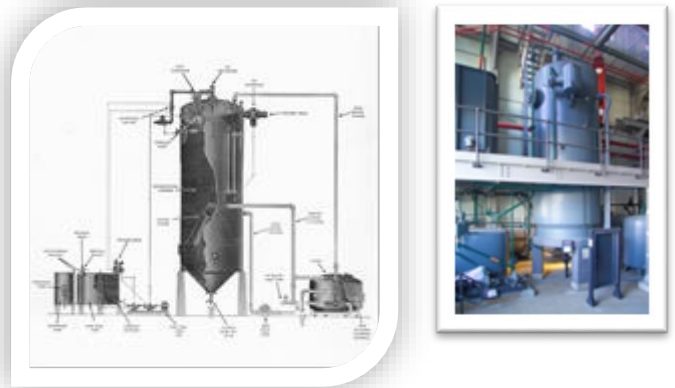
Neste, por processos mecânicos e químicos, as impurezas contidas na água eram precipitadas, saíndo do interior do funil invertido situado na parte inferior do depurador e caindo no fundo

deste, donde eram retiradas periodicamente sob a forma de lamas.

A água já livre da maior parte das impurezas era conduzida por diferença de níveis para o tanque de **Água Tratada**.

Desse tanque e por intermédio de um grupo electrobomba, ela era enviada ao destilador, passando primeiramente por um filtro mecânico que lhe retirava parte substancial das partículas em suspensão.

Para que a depuração se efectivasse, era necessário injectar produtos químicos devidamente doseados no depurador. Para isso existia o tanque de reagentes e respectivo doseador.



*Depurador de água bruta*

### Tanque e bomba de reagentes

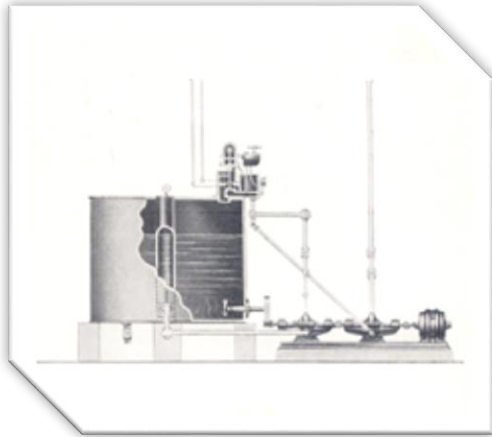
O tanque continha uma solução de **leite de cal** (hidróxido de cálcio) e **soda** (carbonato de soda), que era enviada para o depurador por bombagem, após passagem pelo doseador.

Esta solução permitia baixar a alcalinidade da água, reduzindo-lhe a concentração de sais dissolvidos. Actuava ainda como precipitador, separando as impurezas contidas na água bruta, (principalmente partículas orgânicas), que se iam depositar no fundo do depurador.

A electrobomba dupla que vemos nas fotos tinha as seguintes funções:

Uma das bombas recirculava a solução de leite de cal e soda no tanque, e fazia-a passar pelo doseador.

A outra aspirava a solução do doseador e enviava-a ao depurador. O caudal doseado era regulado manualmente.



*Tanque e bomba de reagentes*

### **Doseador**

Equipamento onde era feita a dosagem do leite de cal e da soda, em percentagens convenientes, de acordo com a qualidade da água que estava a ser tratada.



*Doseador*

### **Avisador (Tubo ladrão)**

Sistema de sifão que em caso de subida anormal do nível da água no depurador, permitia a sua “descarga” acidental para o esgoto.



*Avisador*

### **Tanque de água tratada**

Após a depuração, a água por diferença de nível dava entrada no tanque de “água tratada”, onde era armazenada, sendo bombada para os filtros de água tratada sempre que as necessidades da instalação o justificassem.



*Tanque de água tratada*

## Filtros de água tratada



*Filtro*

Eram elementos que se destinavam a reter partículas que o sistema de depuração não conseguia separar.

Não sendo a água completamente clarificada no depurador, havia necessidade de filtrá-la.

Para essa operação, recorria-se a filtros mecânicos. Neles, a água passava através de um material de grão muito fino, normalmente carvão de antracite com granulometria de 1 a 1.5 mm ou cristais de quartzo esmagado que retinham duma forma eficiente as partículas em suspensão. A água saía dos filtros praticamente isenta de partículas, principalmente da sílica contida na água proveniente do furo artesiano.

## Destiladores

Cubas com uma capacidade de produção unitária de 3.5 t/h de água, correspondente a 5% da quantidade de vapor consumido pela turbina e perdida no circuito devido a circunstâncias várias, tais como, fugas na instalação, vaporização para a atmosfera, etc.

Nas cubas entrava a chamada “água tratada” para ser destilada, dando origem à denominada “água complementar”. O calor necessário para a destilação era obtido do vapor proveniente das picagens intermédias (extracções) da turbina. O vapor produzido nos destiladores dava entrada nos aquecedores de água de alimentação, onde cedia calor à água condensada proveniente do condensador e que se dirigia aos tanques de alimentação.

Ao ceder calor condensava também, e na forma de água destilada dirigia-se ao condensador. O ciclo repetia-se, com esta nova água complementar a compensar as perdas do circuito de alimentação das caldeiras.



*Destilador*

## Aquecedores de água de alimentação

Três cubas, duas denominadas de “aquecedores de água” com a superfície de aquecimento de 56 m<sup>2</sup> por unidade e a terceira com a denominação de “refrigerador de condensados” com a superfície de 19 m<sup>2</sup>. Nas cubas, circulavam por um lado, o vapor produzido no destilador ou em alternativa o vapor vindo das extracções da turbina, que se ia transformando em água de alimentação ao ceder o seu calor latente. Por outro lado, o próprio condensado comprimido pela bomba extractora do condensador, ao passar no interior dos aquecedores ia aumentando a sua temperatura desde cerca de 30°C até atingir os 130°C.

Ao elevar a temperatura da água de alimentação aproveitando o calor da condensação, estava-se a economizar energia térmica despendida pela queima do combustível.

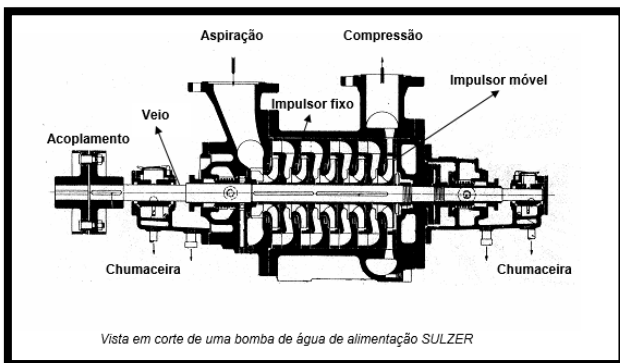
O ciclo repetia-se.



*Aquecedores de água de alimentação*

Bombas de água de alimentação das caldeiras

As bombas de água de alimentação das caldeiras foram fabricadas pela SULZER e são do tipo centrífugo, eixo horizontal e compostas por cinco impulsores que lhes permitiam comprimir a água até uma altura manométrica total de 520 metros.



Existem quatro conjuntos de bombas ligadas em paralelo, qualquer delas destinada a elevar a pressão da água de alimentação a um valor superior ao da pressão do vapor no interior do barrilete, de forma a manter constante o nível da água no seu interior.

Os quatro conjuntos são constituídos por:

- 1 (uma) bomba accionada por turbina a vapor e motor eléctrico;
- 1 (uma) bomba accionada por turbina a vapor;

- 2 (duas) bombas accionadas por motores eléctricos.



Nos arranques a frio e sempre que houvesse quebras no fornecimento de energia eléctrica funcionavam as turbinas a vapor. No último caso, como “socorro”. Em condições normais de exploração o accionamento era feito por motor eléctrico.

### Turbo-electrobomba

Conjunto adquirido em 1942 e formado por bomba e accionadores: uma turbina a vapor e um motor eléctrico.

Normalmente funcionava o motor eléctrico ficando a turbina em “socorro” e pronta a arrancar automaticamente na falta de energia eléctrica.

A bomba comprimia água à temperatura de 146°C, elevando-lhe a pressão até 52 kg/cm<sup>2</sup>, com um débito de 135 tons/h.

As turbinas a vapor foram também fabricadas pela SULZER, trabalhavam com vapor à pressão de 47 kg/cm<sup>2</sup> e temperatura de 465°C. Rodavam a 9000 rpm com redução mecânica para 2950 rpm. A potência normal era de 321 CV com um máximo de 335 CV.

Os motores eléctricos são de fabrico ASEA, blindados e com ventilação forçada. A potência era de 360 CV, 2965 rpm, alimentados a 3300 V Ca.



*Turbo – electrobomba de água de alimentação*

### Turbobomba (1942)

Conjunto de bombagem, formado por bomba debitando 135 tons/h à pressão de 52 kg/cm<sup>2</sup>. Temperatura da água: 146°C.

A bomba era accionada por turbina a vapor com as mesmas características da anterior.

A turbina era utilizada nos arranques a frio. Em condições normais ficava em “socorro” e pronta a arrancar automaticamente.



Turbobomba de água de alimentação

### Electrobombas

Dois conjuntos de bombagem, formados por bombas com caudal unitário de 135 Tons/h. Temperatura de 146°C e pressão de 52 kg/cm<sup>2</sup>. Motores eléctricos blindados com ventilação forçada. Potência unitária de 360 CV, 2965 rpm, alimentados a 3300 V Ca.

A primeira bomba foi instalada em 1942. Com a montagem do segundo tanque de alimentação foi decidido adquirir uma segunda bomba, encomendada em 1947, construída em 1949 e que só entrou ao serviço em 1951.



Electrobomba de água de alimentação

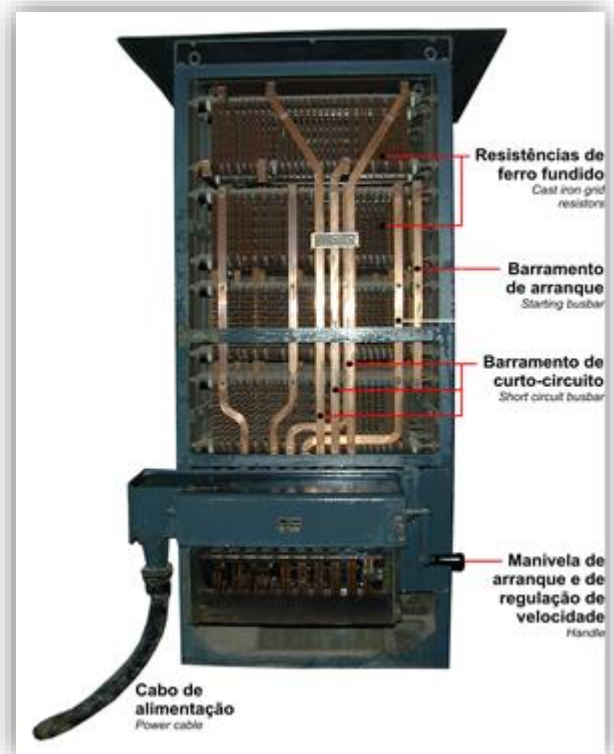
### Reóstatos de arranque dos motores das electrobombas

Conforme anteriormente referido, os motores eléctricos de accionamento das bombas eram alimentados a 3300 V CA, blindados e refrigerados por ar. A potência unitária máxima era de 360 CV, rodando a 2965 rpm.

Os motores são do tipo assíncrono com rotor bobinado e colector de anéis. O arranque era feito através de reóstato.

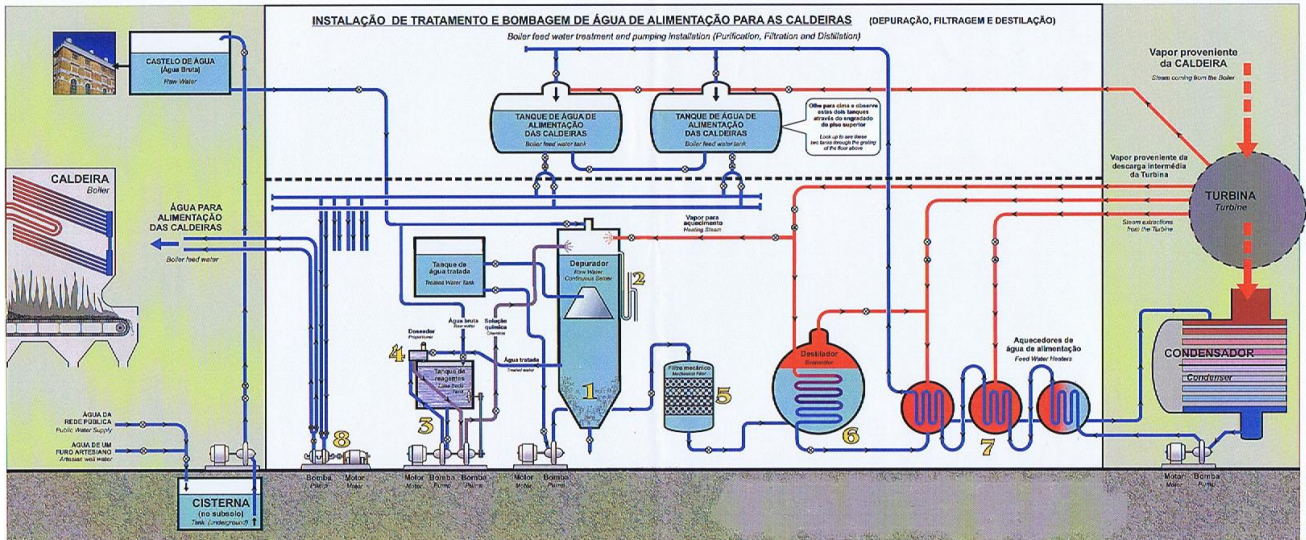
Os reóstatos permitiam efectuar o arranque dos motores eléctricos e a regulação da sua velocidade entre as 2470 e as 2965 rpm. São compostos por quatro grupos de resistências em ferro fundido, correspondendo três deles ao arranque propriamente dito e o quarto à regulação da velocidade.

Um seccionador de facas múltiplas montadas em hélice num veio cilíndrico accionado por manivela de comando manual, estabelecia gradualmente os contactos correspondentes às resistências de cada grupo, proporcionando o arranque e o controlo da velocidade dos motores.



Reóstato de arranque dos motores das electrobombas

## A água de alimentação das caldeiras. Descrição do circuito.



Esquema do tratamento da água das caldeiras

No esquema acima apresentado, podemos observar que a água bruta vinda quer dum poço artesiano aberto nos terrenos da própria Central, quer fornecida pela Companhia das Águas de Lisboa dava entrada numa cisterna existente no subsolo.

Dessa cisterna e através de electrobombas era enviada para o “castelo de água”, tanque de grande capacidade instalado na cobertura da sala das caldeiras de alta pressão.

Do castelo de água e por gravidade a água dava entrada no **depurador** (1) a grande velocidade, a qual era reduzida após saída do funil invertido e reversão do sentido de deslocamento. Devido à brusca inversão e à redução de velocidade, as partículas contidas na água por serem mais pesadas precipitavam, caindo na parte inferior do depurador donde eram periodicamente removidas sob a forma de lamas.

As principais funções do depurador eram:

a) **Manter as caldeiras no melhor estado de limpeza interna:**

- Reduzindo a um mínimo a formação de cálcio e magnésio;
- Prevenindo a formação de lamas e depósitos sólidos.

As lamas ou matéria orgânica têm tendência a carbonizar provocando incrustações no interior dos tubos da caldeira. Os depósitos sólidos aderem não só ao interior dos tubulares da caldeira, como também às tubagens condutoras de vapor, às pás das turbinas e equipamentos auxiliares, reduzindo a transmissão do calor e contribuindo para o abaixamento do rendimento da instalação.

b) **Evitar corrosões na instalação**

Para que a depuração se efectivasse nas melhores condições era necessário injectar no depurador uma solução de **leite de cal** (hidróxido de cálcio) e **soda** (carbonato de soda).

Para esse efeito existe um **tanque de reagentes** (3) equipado com duas bombas e um **doseador** (4). O tanque continha a solução que era enviada por bombagem para o depurador após passagem pelo doseador.

A solução permitia baixar a alcalinidade da água, reduzindo-lhe a concentração de sais dissolvidos. Actuava ainda como precipitador, separando as impurezas contidas na água bruta, (principalmente partículas orgânicas), que se iam depositar no fundo do depurador.

Uma das electrobombas recirculava a solução de leite de cal e soda no tanque, fazendo-a passar pelo doseador. A outra aspirava a solução do doseador e enviava-a ao depurador. O caudal doseado era regulado manualmente.

A água, já livre da maior parte das impurezas, ia dar entrada no tanque de **Água Tratada**.

Deste tanque e por intermédio de electrobomba, a água era comprimida para os **filtros de água tratada** ou filtros mecânicos (5), que se destinavam a reter partículas que o sistema de depuração não conseguia separar.

Recorria-se aos filtros de água tratada para clarificar a água o mais possível. Neles, a água passava através de camadas alternadas de um material de grão muito fino, normalmente carvão de antracite com granulometria de 1 a 1.5 mm e cristais de quartzo esmagado.

A água tratada entrava pela parte superior dos filtros e percorria as camadas filtrantes no sentido descendente, deixando nelas retidas as partículas em suspensão. Saía dos filtros praticamente isenta de partículas, incluindo nestas a sílica proveniente da água do poço.

Quando após várias utilizações as camadas filtrantes colmatavam, era necessário proceder à sua limpeza. Para isso, injectava-se água em contracorrente para libertação das partículas retidas nas camadas filtrantes, seguindo-se várias lavagens para limpeza completa. Após finalização da limpeza, o filtro ficava preparado para nova actuação. A água contaminada da lavagem era desviada para o sistema de esgotos.

Mesmo após a filtração, a água continuava a ser “dura”, isto é, continha uma concentração elevada de sais dissolvidos de cálcio e magnésio, que iria dar origem à formação de calcário no interior dos tubos da caldeira, pelo que era necessário reduzir esta concentração para valores que tornassem a água menos dura, isto é, “macia”.

Neste ponto convém lembrar que a dureza de uma água é proporcional à concentração de sais dissolvidos de cálcio e magnésio, tendo como consequência a formação de calcário.

Estes sais em ordem decrescente de abundância na água são: os bicarbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos.

Uma água que tenha em solução um teor elevado de sais de cálcio e magnésio é considerada uma

água “dura”, ao passo que uma água que contenha poucos ou nenhuns vestígios daqueles sais é considerada uma água “macia”.

Uma água macia tem uma dureza entre 0 e 7° F (graus franceses), uma semi-dura entre 14 e 32° F, ao passo que uma água dura varia entre 32 e 53° F. Na Central chegava-se a conseguir valores da dureza da água epurada da ordem dos 0.5° F.

Um grau Francês corresponde a 10 miligramas ou 10 ppm de carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>) por litro de água.

Para tornar a água menos dura utilizavam-se os **destiladores** (6) que eram reservatórios cilíndricos equipados com serpentinas, no interior das quais circulava o vapor que iria proporcionar a vaporização e consequente destilação da “água dura”.

Com a destilação eram conseguidos valores de pH 8, isto é, uma água ligeiramente alcalina.

O calor necessário para a destilação era obtido a partir do vapor proveniente das extracções da turbina.

Com alguma periodicidade era necessário abrir os destiladores e remover o calcário que se formava em grande quantidade no exterior das serpentinas que compõem o sistema de transmissão de calor do vapor para a água.

O vapor proveniente da destilação da água dura ia então dar entrada nos **aquecedores de água de alimentação** (7).

Estes aquecedores são constituídos por três cubas, com serpentinas interiores feitas de tubo à base de uma liga onde o cobre é predominante. No interior das serpentinas circulava o condensado vindo do condensador e que se dirigia aos tanques de alimentação. O exterior das serpentinas era banhado pelo vapor formado no destilador. As duas primeiras cubas funcionavam como aquecedores e a última, a de menor diâmetro, como refrigerador de condensados.

Os aquecedores de água tinham duas funções, qualquer delas de grande importância. Por um lado, condensavam o vapor gerado no destilador



e por outro, aqueciam o condensado proveniente do condensador.

Vejamos como:

- **Condensado proveniente do condensador**

O vapor vindo da caldeira, após realizar trabalho na turbina, dava entrada no condensador onde era condensado, sendo a água proveniente recolhida num depósito circular montado na sua parte inferior e denominado de “hotwell”.

Deste depósito, a água era aspirada pela bomba de extracção e comprimida para os aquecedores. Ao passar no interior das serpentinhas dos aquecedores, o condensado proveniente da bomba extractora ia aumentando a sua temperatura desde os 30°C até alcançar um valor próximo dos 130°C.

Ao finalizar a passagem pelos aquecedores o condensado dirigia-se aos grandes tanques de alimentação e destes, através das bombas de alimentação ia dar entrada no barrilete da caldeira passando previamente pelo economizador, onde a sua temperatura sofria um novo aumento até cerca de 190°C.

De salientar que um dos elementos mais perniciosos numa instalação de caldeiras e turbinas é o Oxigénio, o qual devido á sua acção altamente corrosiva dos metais destes equipamentos terá de ser removido. Além de entradas pontuais na instalação, o oxigénio tem origem principalmente no condensador onde é parcialmente retirado pelos ejectores de ar a vapor.

A parte sobranete é quase completamente removida no desgasador (depósito cilíndrico montado na parte superior dos tanques de água de alimentação).

Contudo, nesta instalação não se conseguia uma desgasificação completa, pelo que era ainda necessário introduzir na água de alimentação alguns agentes preventivos da corrosão, tais como: fosfato de sódio, sulfito de sódio e soda cáustica.

- **Vapor proveniente do destilador**

O vapor proveniente da destilação da água dura ao dar entrada nos aquecedores de água de alimentação cedia calor aos condensados provenientes do condensador. Ao ceder calor voltava a condensar e na forma de água destilada (“macia”), dava entrada na parte superior do condensador devido ao forte poder de aspiração criado pelo vácuo existente no seu interior. Descendo através do tubular do condensador dirigia-se também ao hotwell onde se juntava ao condensado produzido pela evacuação da turbina. Todo este condensado ou “nova água”, agora denominada de “complementar” ia compensar as perdas no circuito de alimentação das caldeiras.

De salientar que ao elevar a temperatura da água de alimentação aproveitando as quantidades de calor atrás referidas, a Central estava a economizar parte da energia térmica despendida na queima do combustível.

O circuito de água de alimentação era um circuito fechado e o ciclo das operações atrás descrito era repetitivo.