



SP/GPT/04

São Paulo, 10/15 de abril de 1972

GRUPO DE ESTUDOS DE PRODUÇÃO TÉRMICA

SUPERVISÃO E CONTROLE DE CALDEIRAS

Antoninho V. De Zoppa
Luiz E. M. Sottano

LIGHT - Serviços de Eletricidade S.A.

I - INTRODUÇÃO

No^{so} principal intuito neste trabalho é ap^{re}sen^{ta}r aos leitores as dificuldades relacionadas à operação de uma caldeira de uma Usina Termoeleétrica, as várias grandezas que requerem supervisão e controle, bem como introduzi-las aos vários sistemas de controle automático existentes com esta finalidade.

1.1 Definição

A operação de uma caldeira pode, de um modo geral, ser definida como segue:

"Operar uma caldeira é colocá-la em funcionamento, mantendo determinadas grandezas dentro de faixas de valores pré-estabelecidas para que: seja realizada sua função no processo; sejam mantidas as condições de segurança; se obtenha o máximo rendimento; seja obtida maior vida útil possível."

Evidentemente, isto engloba uma série enorme de ações simultâneas, além da supervisão necessária à manutenção das condições exigidas.

1.2 Variáveis Supervisionadas e Controladas

Segundo a definição acima, devemos nos preocupar em supervisionar e controlar determinadas variáveis e situações que estão diretamente relacionadas à qualidade de operação, e que representam as condições de funcionamento de uma caldeira.

Dentre elas, as mais importantes são:

- Pressão do vapor;
- Temperatura do vapor;
- Nível do tubulão;
- Combustão;
- Segurança;
- Qualidade da água do ciclo.

Uma pergunta que surge neste ponto é: qual a necessidade de se controlar e supervisionar tais variáveis?

Pressão e temperatura - De um modo geral podemos dizer que pressão e temperatura do vapor gerado estão diretamente ligadas a energia térmica produzida e a tendência, à primeira vista, seria aumentá-las a medida que se necessitasse de maior energia.

Porém, existe uma série de restrições, principalmente em relação ao material dos tubos da caldeira, que limitam o valor dessas grandezas. Fixados tais limites, uma operação incorreta acima do permitido poderá acarretar a ruptura dos tubos e, em casos extremos, a própria destruição da caldeira.

Quando estas grandezas são mantidas próximas dos limites superiores, se faz necessário sua supervisão e controle pois:

- a resistência do material dos tubos cai acentuadamente com o aumento da temperatura;
- altas temperaturas podem causar danos físicos às palhetas e outras partes da turbina, por serem ultrapassadas as tolerâncias de expansão térmica e os limites de tensões térmicas.
- a variação destas grandezas tem como consequência imediata o abaixamento da eficiência da instalação.
- oscilações excessivas da temperatura do vapor causarão choques térmicos nos tubos com consequente ruptura.
- uma temperatura muito baixa pode ocasionar erosões nos últimos estágios da turbina devido a condensação do vapor.

Nível do Tubulão - Em caldeiras de produção de vapor a altas pressões e temperaturas, a manutenção do nível de água no tubulão de vapor em um valor constante, através da regulação do fluxo de água de alimentação de acordo com a demanda de vapor, é um fator importantíssimo a ser considerado.

Se o nível de água no tubulão for muito alto, haverá arrastamento de água e sólidos para o superaquecedor. Os sólidos arrastados vão se depositar em determina

dos pontos do superaquecedor, diminuindo o coeficiente de transmissão de calor nestes pontos, com conseqüente elevação da sua temperatura e grande possibilidade de ruptura.

Além disso, os sólidos arrastados poderão chegar à turbina, formando depósitos nas pás dos últimos estágios com conseqüente perda de eficiência e aumento dos esforços mecânicos.

Se o nível do tubulão for baixo, poderá haver uma interrupção na corrente de convecção, o que significa dizer que os tubos ficarão sem circulação de água com conseqüente aumento da sua temperatura e grande possibilidade de ruptura.

Por outro lado, a variação do fluxo de água de alimentação, para manutenção do nível do tubulão, não poderá ser excessivamente brusca pois, se assim o fôsse, poderíamos afetar os aquecedores, economizadores, bombas, além de provocar variações indesejáveis na temperatura do vapor.

Combustão - Controlar a combustão significa assegurar uma liberação de calor de acordo com a demanda de vapor, mantendo-se pressão e temperatura constantes. Em outras palavras, é manter o balanço energético da caldeira.

Se houver um acréscimo na demanda de vapor, para uma mesma quantidade de calor gerado, haverá uma queda na pressão pois, um aumento na demanda de vapor significa também um aumento na demanda de energia. Ocorrendo tal fato, para que seja mantida a pressão constante, deveremos fornecer aos queimadores mais combustível e mais ar para combustão.

Por outro lado, controlar a combustão significa também ajustar a relação ar/combustível para que seja obtida a maior eficiência possível na queima total do combustível fornecido.

A insuficiência do ar acarretará uma queima incompleta do combustível e, conseqüentemente, originará uma operação ineficiente e perigosa.

Ar em demasia acarretará perdas excessivas de calor pela chaminé, além de sobrecarregar os ventiladores.

A relação ar/combustível correta é obtida pelo cálculo teórico do ar necessário para a queima completa do combustível acrescido de uma quantidade em excesso, para que seja garantida a condição necessária de contato íntimo entre combustível e comburente, partindo-se de uma atomização perfeita. Devemos então, controlar o excesso de ar necessário para as diversas condições de operação, garantindo queima completa e mínimas perdas pela chaminé.

Em caldeiras de grande porte, a fornalha é operada com pressão ligeiramente menor que a atmosférica.

Aqui recai então uma outra finalidade do controle de combustão, manter a pressão na fornalha dentro dos limites desejados.

Variações anormais dessa pressão poderão acarretar instabilidade da chama. Uma depressão muito grande causará infiltrações de ar em demasia, com consequente perda de calor pela chaminé e sobrecarga dos ventiladores de tiragem forçada. Pressão positiva provocará vazamentos de gases para fora da fornalha com perda de energia calorífica.

Segurança - O controle de proteção de caldeiras tem por objetivo desligar a caldeira, como também evitar o seu religamento, quando ocorrer ou permanecer qualquer condição de insegurança.

Os principais riscos de explosão numa caldeira o correm:

- por ocasião das partidas
- em situações de deficiência ou interrupção da chama.

Nas partidas, pela existência de gases combustíveis. Na deficiência ou interrupção de chama, pela introdução de óleo sem ser queimado na fornalha.

No primeiro caso há a necessidade de se "purgar"

a caldeira, ou seja, de se eliminar totalmente os gases combustíveis antes que sejam acesos os queimadores.

No segundo caso deverá haver o corte imediato de suprimento de combustível.

Outra supervisão que se faz necessária nas partidas é a razão de elevação da temperatura dos tubos e do tubulão para que não sejam provocados esforços térmicos excessivos.

Qualidade da água do ciclo - Toda água utilizada no ciclo requer determinadas características para que sejam evitadas incrustações e corrosão nos tubos da caldeira.

Evidentemente, o controle químico desta água está sob a responsabilidade de pessoal especializado que faz o acompanhamento, em laboratório, de sua qualidade, tomando as medidas cabíveis para cada caso.

Paralelamente, deve-se ter em registro contínuo a condição de certas variáveis, como:

- condutividade
- pH
- oxigênio dissolvido

Mantendo-se estas variáveis dentro dos limites especificados pelo Laboratório Químico, estaremos protegendo as caldeiras contra qualquer condição indesejada referente à qualidade da água e, conseqüentemente, elevando sua vida útil.

II - AUTOMATIZAÇÃO

Como vimos anteriormente as variáveis a serem controladas, para que sejam mantidas as condições ideais de funcionamento, são em número elevado. Outro agravante é a variação simultânea destas variáveis durante perturbações ou simplesmente durante a variação da demanda de vapor.

Como operar então uma caldeira?

Podemos dizer que em caldeiras de grande porte,

a "operação manual", dependendo única e exclusivamente de recursos, atitudes e soluções humanas, é praticamente impossível. Torna-se então necessária a introdução de "sistemas automáticos" de controle, cuja finalidade é manter determinadas variáveis em valores pré-determinados, independentemente da interferência humana, quaisquer que sejam as grandezas perturbadoras existentes.

Evidentemente o grau de automatização de uma central térmica depende da potência instalada, de exigências de segurança e de operação com um custo mínimo. Temos então as finalidades básicas de um "sistema de controle."

Finalidades - Quando se implanta um sistema de controle devem ser levadas em consideração as funções a que se propõe tal implantação, atendendo basicamente certas características que são inerentes a automatização de qualquer processo industrial.

De um modo geral, podemos dizer que a automatização trará:

- melhoria da segurança
- melhoria das condições de funcionamento
- melhoria da eficiência
- redução do pessoal para a operação.

Melhoria da Segurança - A existência de supervisão contínua de certas variáveis que traduzem o comportamento operacional de qualquer equipamento, paralelamente às decisões lógicas e imediatas tomadas quando necessário, é suficiente para garantir uma operação segura, tanto do equipamento em si, como do pessoal.

Melhoria das condições de funcionamento e da eficiência
A eliminação de oscilações indesejáveis e de desvios das variáveis dos valores pré-estabelecidos é uma condição somente conseguida através de um sistema automático de controle.

Redução do pessoal de operação - A introdução de sistemas automáticos de controle, em relação a recursos humanos, requer somente a existência de pessoal para supervi

são a análise do comportamento das variáveis do processo, desde que quase que a totalidade das ações corretivas são tomadas automaticamente.

Como consequência imediata das melhorias obtidas tem-se a redução dos custos operacionais, tornando assim o processo mais econômico embora se incorra em um alto investimento inicial.

III - SISTEMAS BÁSICOS DE CONTRÔLE DE CALDEIRAS

Uma Usina Termoeletrônica possui, no que se refere à parte de geração de vapor, um número elevado de sistemas de controle automático com a finalidade de regular e manter o ciclo térmico o mais próximo possível das condições ideais de funcionamento. Isto envolve, de um modo geral, os mais diversos tipos e formas de controle, não só do gerador de vapor propriamente dito, mas também dos equipamentos auxiliares.

Entre eles, os que maior importância apresentam, pelas suas funções no processo, são os chamados sistemas básicos de controle de caldeiras, englobando:

- controle da pressão do vapor
- controle da temperatura do vapor
- controle da combustão
- controle do nível do tubulão de vapor
- controle de proteção da caldeira.

Preferimos aqui apresentar somente os recursos e formas utilizadas para o controle destas variáveis, sem entrar em considerações técnicas sobre as características dos sistemas.

3.1 Sistemas de controle da pressão do vapor e da combustão

Analisaremos, a princípio, os controles da pressão do vapor e da combustão conjuntamente por estarem intimamente relacionados entre si.

Sua principal finalidade é manter a pressão do vapor em um valor constante, pré-determinado, através de uma combustão perfeita, com o máximo de eficiência possível.

vel.

Analísaremos, para efeito elucidativo, dois sistemas que chamaremos de Sistema 1 e Sistema 2.

Sistema 1 (fig.1)

Este sistema apresenta como características fundamentais:

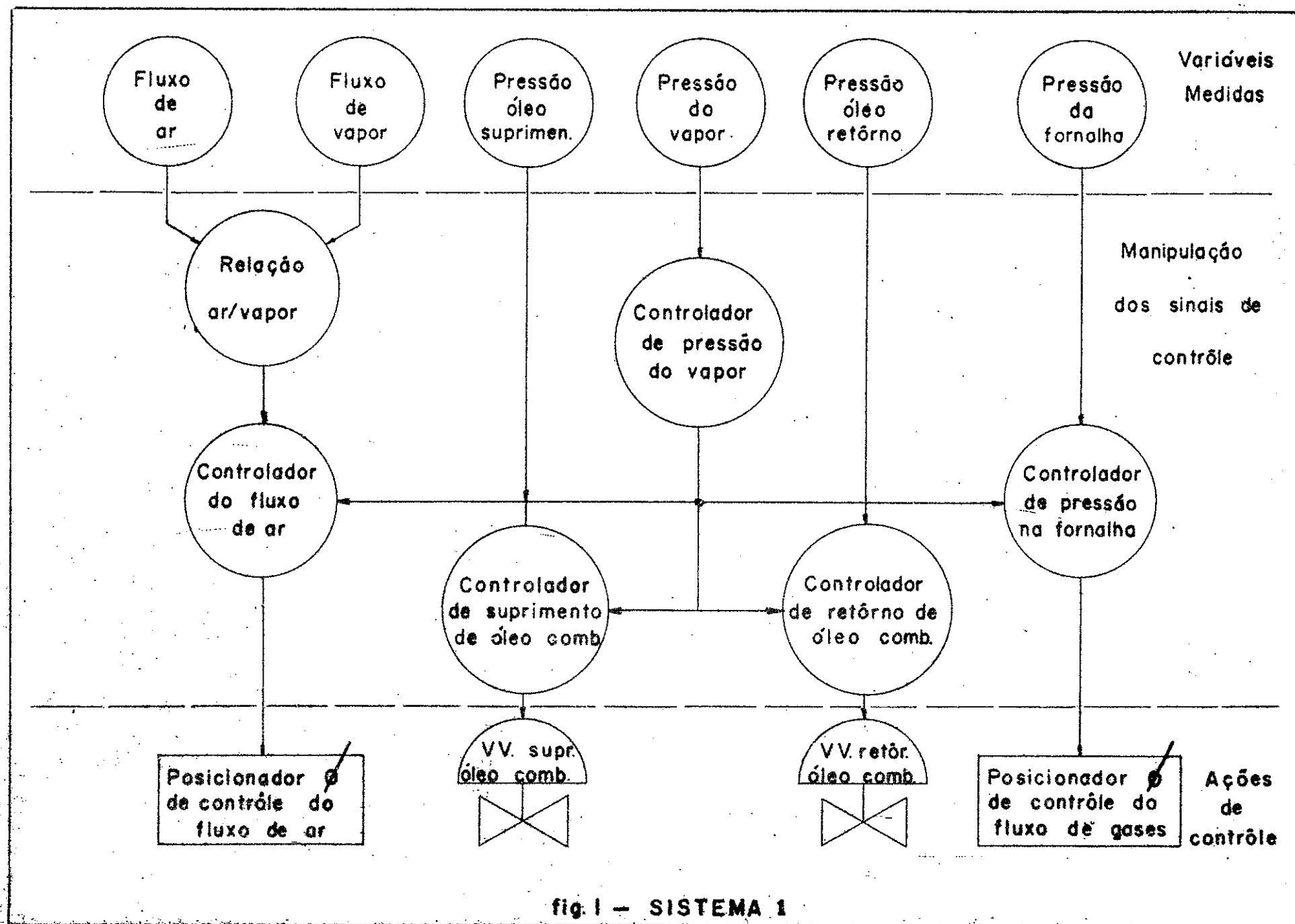
- controle de fluxo de óleo queimado através de duas válvulas, uma no suprimento e outra no retorno de óleo combustível, controladas através das pressões nos respectivos coletores (fig. 2)
- controle de fluxo de ar necessário a uma boa combustão através da relação ar/vapor.
- pressão de vapor, como sinal de controle primário para fluxo de óleo, fluxo de ar e fluxo de gases.

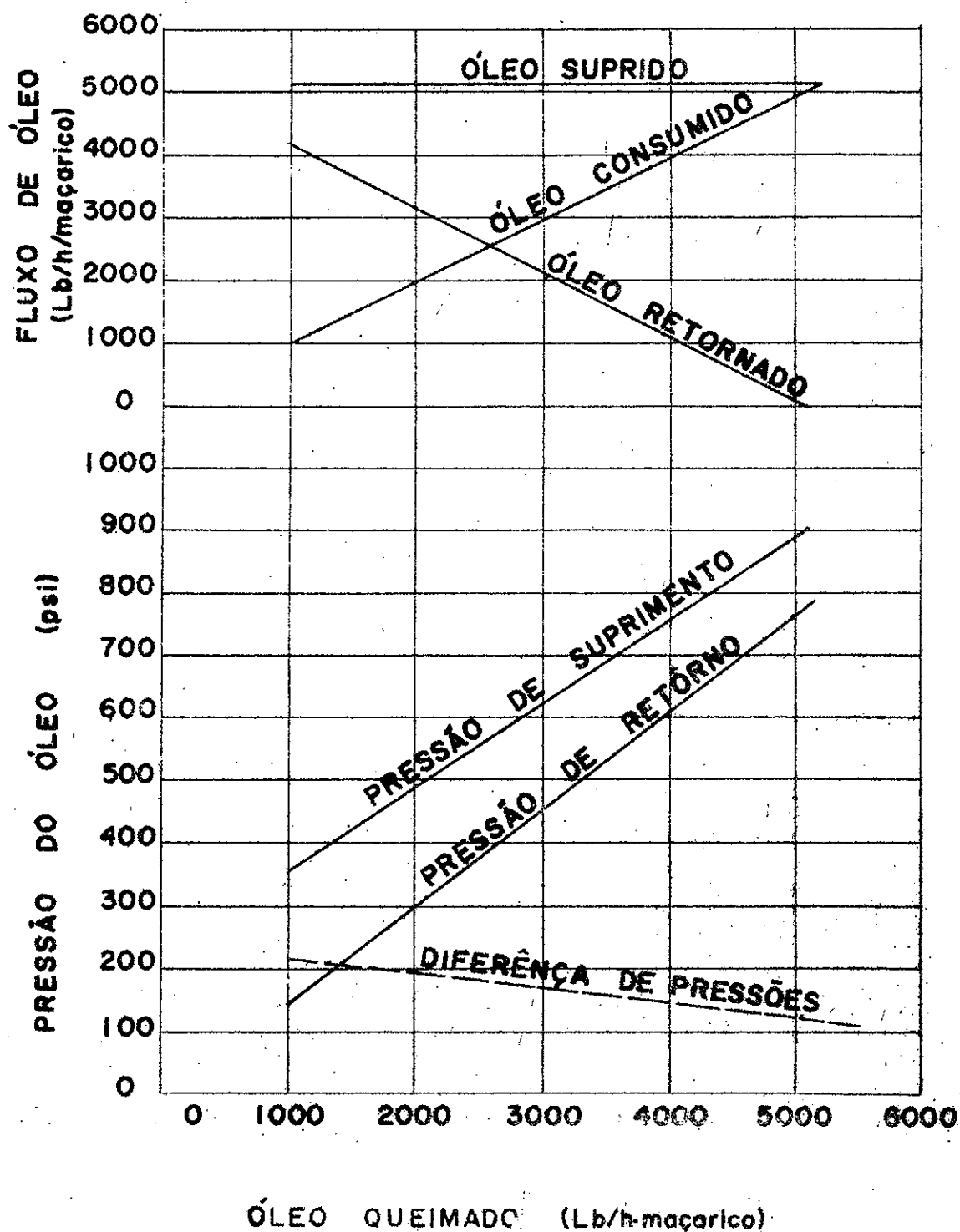
Princípio básico de funcionamento - Qualquer variação na demanda de vapor, como consequência de uma alteração na carga do gerador, terá como resultado imediato a variação da pressão de vapor. Esta variação deverá ser corrigida através de um aumento ou diminuição da quantidade de óleo queimado, dependendo evidentemente do seu sentido, ou seja, se diminuição ou aumento da pressão de vapor.

Admitamos, para exemplificação, que houve um aumento da demanda com consequente queda da pressão. Nesta situação o controlador de pressão de vapor (chamado tecnicamente de Controle Mestre de Caldeira) enviará sinais corretivos aos controladores de fluxo de ar, fluxo de óleo (suprimento e retorno) e fluxo de gases, fazendo com que, através de atrasos provocados, sejam aumentados, em sequência, os fluxos de ar, gases e óleo (proteção da caldeira).

Evidentemente, a nova situação de equilíbrio poderá estar longe de ser a ideal, pois simplesmente foi feita uma correção da pressão de vapor como necessidade fundamental.

No entanto, paralelamente, embora com um determinado atraso provocado, são corrigidos:

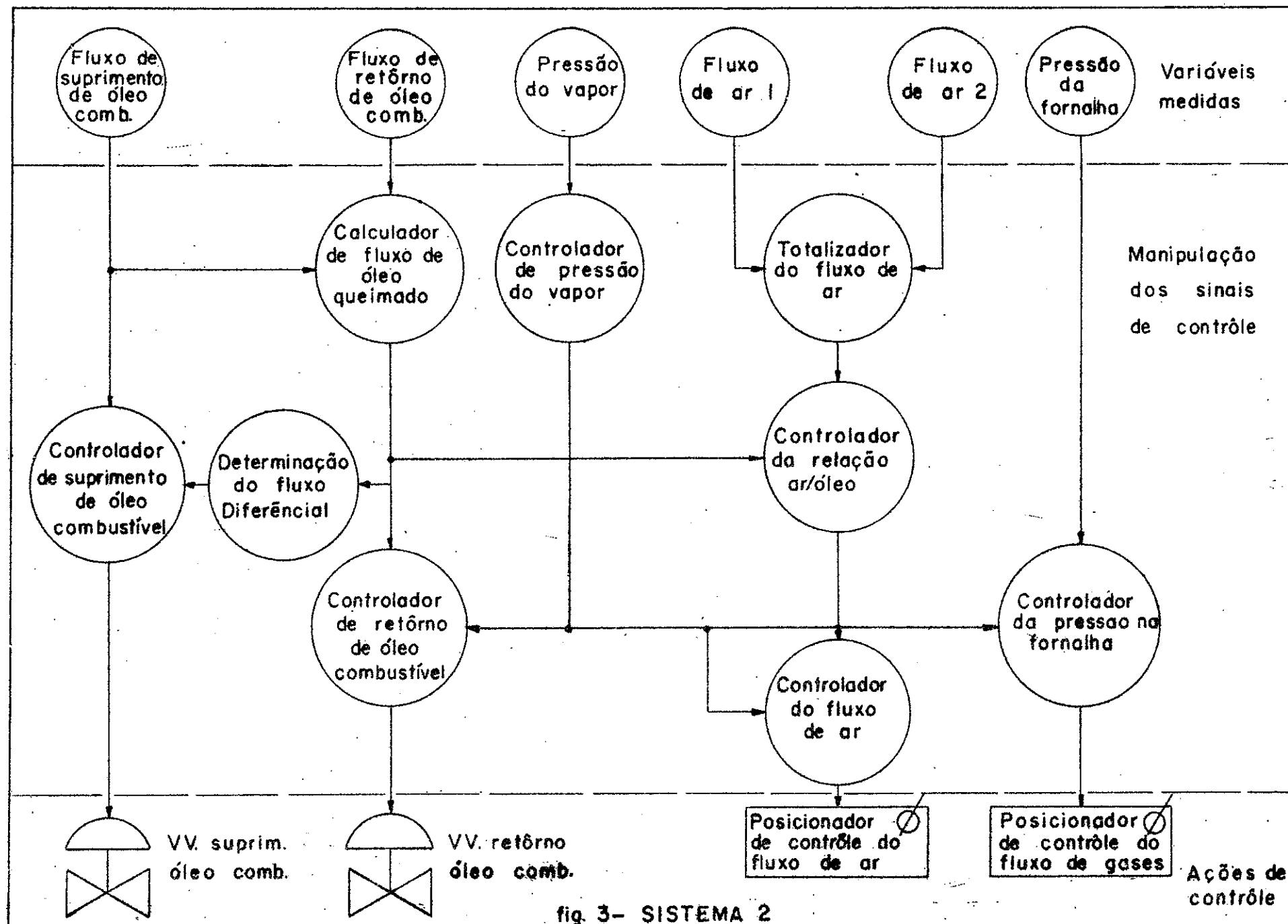




CURVAS CARACTERÍSTICAS DE MAÇARICOS DE A.P.

disco de atomização 2420 RF4-L

fig. 2



- relação ar/vapor: para obtenção de uma combustão com o máximo de eficiência possível.
- diferencial de pressão de óleo nos queimadores: para melhoria da atomização, além da elevação do fluxo de óleo.
- pressão na fornalha: para manutenção de uma tiragem perfeita.

Qualquer outra perturbação, que não provoque necessariamente a variação da pressão de vapor, é corrigida pelo controlador da variável correspondente, sem que as outras sofram qualquer consequência.

Sistema 2 (fig.3)

É uma variação do Sistema 1, mais perfeito e com maior número de recursos, apresentando as seguintes características fundamentais:

- controle do fluxo de óleo queimado através de duas válvulas de controle, uma no suprimento e outra no retorno, controladas pelos fluxos de suprimento e retorno e por um controlador de fluxo diferencial.
- controle do fluxo de ar através da relação ar/óleo.
- pressão de vapor como sinal primário para controle dos fluxos de ar, gases e óleo.

Princípio de Funcionamento - Funcionalmente os dois sistemas têm o mesmo comportamento com relação às variações da pressão de vapor. Uma única diferença é que neste a ação corretiva do sinal de variação da pressão de vapor atua somente no controlador de retorno de óleo combustível e não simultaneamente nos controladores de suprimento e retorno como no primeiro sistema. Portanto, primeiramente iremos ter uma variação no fluxo de retorno e posteriormente um balanceamento dos fluxos de suprimento e retorno através dos controladores de fluxo diferencial e fluxo de óleo queimado.

O estabelecimento da quantidade ideal de ar necessário à combustão é feita através da relação ar/óleo, sendo portanto um índice muito mais representativo que o

do sistema anterior (ar/vapor).

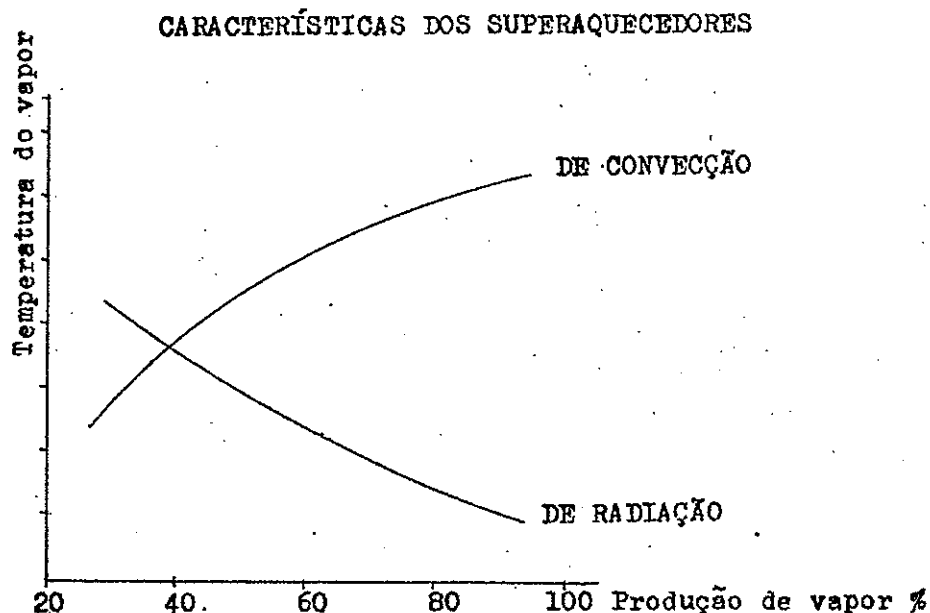
Existe aqui uma amarração perfeita entre Fluxo de óleo queimado e fluxo de ar, através do controlador de relação. Isto significa que qualquer perturbação no sistema de óleo combustível terá um acompanhamento perfeito do ar necessário à combustão, independentemente da variação da pressão de vapor, o que não ocorrer no sistema 1 por não haver entrelaçamento, na malha de controle, entre óleo queimado e ar. Tal fato, sem dúvida alguma, proporciona um controle mais perfeito e muito mais seguro, sendo mínimas as possibilidades de existência de falta de ar para a combustão.

3.2 Sistemas de controle da temperatura do vapor

Antes de analisarmos os sistemas, faremos alguns comentários sobre o comportamento da temperatura do vapor.

Determinados fatores operacionais influem decisivamente como causas de variações da temperatura do vapor e, os principais, podemos enumerá-los como sendo:

Carga: variações na quantidade de vapor produzida são acompanhadas de variações da quantidade de gases proveniente da combustão. Um aumento do fluxo de gases provocará, em superaquecedores de convecção um aumento da temperatura do vapor e, em superaquecedores de radiação uma diminuição da temperatura do vapor.



Excesso de ar: uma mudança do excesso de ar para a combustão terá como consequência a alteração do fluxo de gases e a variação da temperatura do vapor.

Temperatura da água de alimentação: um aumento da temperatura da água entrando no tubulão terá como consequência uma diminuição da quantidade de combustível queimado para a manutenção do mesmo fluxo de vapor. A diminuição do combustível acarretará diminuição nos fluxos de ar e gases e, portanto, variações na temperatura do vapor.

Condições das superfícies de aquecimento: a remoção de cinzas e depósitos nas regiões de troca de calor provocará variações na temperatura do vapor se considerarmos o seguinte:

- regiões antes do superaquecedor apresentarão maior absorção de calor, diminuindo assim o calor disponível no superaquecedor.
- superaquecedores limpos terão maior absorção de calor.

Portanto, neste caso, é importante a região onde dever-se-á proceder a limpeza.

Arrastamento de água e sólidos para o superaquecedor: a existência de água e sólidos no superaquecedor terá como consequência o abaixamento da temperatura do vapor, isto, principalmente, devido a necessidade da conversão da água arrastada em vapor, com consequente diminuição do calor disponível ao superaquecimento.

Uso de vapor saturado: a utilização de vapor saturado, proveniente do tubulão, para uso nos auxiliares (turbo-bombas, sopragem de fuligem, aquecimento, etc.) e as descargas do tubulão, provocará um aumento da quantidade de óleo queimado para manutenção destes fluxos adicionais. Como consequência o fluxo de gases na região do superaquecedor aumentará, provocando variações na temperatura do vapor.

Operação dos queimadores: dependendo do número e da localização dos queimadores na fornalha, um fator que pode influir na temperatura do vapor é a sua distribuição em

operação.

Se mantivermos acessos os mais próximos ao superaquecedor e os restantes apagados, por exemplo, aumentaremos a troca de calor na região do superaquecedor e diminuiríamos na fornalha.

Combustível: alterações na temperatura do vapor podem ser causadas pela variação do tipo de combustível queima ou pela variação das características de um mesmo combustível.

Métodos de controle da temperatura do vapor - De um modo geral, os fabricantes de caldeiras tem seus projetos condicionados a manutenção da temperatura ideal de vapor na faixa de 70 a 80% da produção máxima. É impossível fazer com que a temperatura seja mantida em uma faixa muito larga de operação, sendo então necessários determinados sistemas com a finalidade de minimizar qualquer desvio de valor de projeto.

Um fato importante, que deve ser notado, é que um único tipo de sistema é incapaz de controlar desvios em ambos os sentidos, ou seja, determinados sistemas corrigirão temperaturas inferiores ao valor de projeto e outros corrigirão temperaturas superiores. Alguns deles são:

- a) - para redução da temperatura de vapor.
 - atemperação do vapor.
 - desvio de gases.
- b) - para aumento da temperatura de vapor.
 - excesso de ar.
 - recirculação de gases:
 - localização e inclinação dos queimadores.
 - superaquecedores com aquecimento separado.
 - fornalhas divididas.

Detalharemos os mais comumente usados, atemperação e recirculação de gases, fazendo apenas uma pequena apresentação dos restantes.

Desvio de gases: consiste em desviar parte dos gases de combustão, através de um duto paralelo ao superaquecedor,

evitando assim que a massa total de gases troque calor com o superaquecedor.

Excesso de ar: um excesso de ar maior que o necessário para a queima completa do combustível provocará a diminuição do calor trocado na fornalha e o aumento no superaquecedor.

Localização e inclinação dos queimadores: através do direcionamento da chama dos queimadores provoca-se maior troca de calor na fornalha ou no superaquecedor.

Superaquecedores com aquecimento separado: através de aquecimento na região dos superaquecedores eleva-se a temperatura do vapor.

Fornalhas divididas: este processo consiste basicamente em se fazer uma fornalha dividida em duas partes, uma para produção de vapor saturado e outra para o superaquecimento.

Atemperação (Dessuperaquecimento): Dessuperaquecedores podem ser classificados em dois tipos: de superfície e de contato direto.

O de superfície tem como característica a redução da temperatura de parte do vapor superaquecido através de um trocador de calor de superfície e, a posterior mistura controlada com o vapor a alta temperatura.

O de contato direto consiste de um bocal colocado na linha de vapor a alta temperatura, através do qual se faz a injeção de água atomizada a alta pressão. Esta adição de água, relativamente fria, reduzirá a temperatura do vapor.

Este tipo de dessuperaquecedor pode ser localizado:

- entre a saída do tubulão e a entrada do superaquecedor
- em uma posição intermediária entre dois estágios do superaquecedor
- na saída do superaquecedor

O método mais frequentemente usado é a colocação

do dessuperaquecedor entre dois estágios do superaquecedor e o sistema de controle automático da temperatura do vapor está representado esquematicamente na fig. 4.

Neste sistema são medidos: temperatura final do vapor; um índice de carga da caldeira(ex.: fluxo de ar para combustão) e a temperatura do vapor após o dessuperaquecimento.

O princípio de funcionamento deste sistema consiste basicamente na regulação de um fluxo de água necessária à manutenção da temperatura do vapor através do índice de carga, ficando a temperatura final do vapor somente para reajuste fino e manutenção do valor exato pré-determinado.

A medida da temperatura após o dessuperaquecedor se faz necessária para que sejam eliminadas quaisquer perturbações provenientes do sistema de água de dessuperaquecimento que, de uma forma ou de outra, poderiam causar variações na temperatura do vapor. Paralelamente, tem características antecipativas das variações finais.

Este tipo de sistema, por seus recursos e características, tem uma resposta bem rápida e se apresenta bastante estável.

Recirculação de gases. - Consiste em se fazer com que parte dos gases provenientes da combustão, e que sairiam pela chaminé, seja retornada à fornalha por locais previamente escolhidos e bem determinados.

Esta quantidade de gases, entrando na fornalha, prejudica a troca de calor na região de produção de vapor saturado, absorvendo naturalmente parte do calor gerado pela queima do combustível.

Teremos então gases (totais) mais quentes e em maior massa, o que, evidentemente, provocará um aumento na temperatura do superaquecedor.

O único cuidado a ser tomado é com respeito à qualidade da combustão. Uma recirculação de gases bem projetada, com o ponto de reentrada na fornalha bem posi

cionado, em nada atrapalhará uma combustão perfeita.

Resumindo podemos dizer que este processo nada mais é do que a retirada da parte do calor gerado na fornalha e a sua transferência para a região do superaquecedor.

Na figura 5 podemos observar um sistema que se presta a tal finalidade.

O fluxo de gás recirculado é também dimensionado primariamente pelo índice de carga da caldeira (fluxo de ar). A temperatura do vapor atua como um sinal de ajuste fino procurando mantê-la constante no valor pré-estabelecido.

O controlador de pressão diferencial fornalha/descarga do ventilador induzido tem como finalidade principal a proteção da caldeira e do duto de recirculação.

Admitamos que a fornalha trabalhe a uma pressão ligeiramente negativa. A descarga do ventilador é positiva, evidentemente. Nestas condições um diferencial próximo de zero indica, ou fornalha positiva, ou parada do ventilador. Ocorrendo tal fato poderemos ter, com o duto de recirculação aberto, um agravante para o controle da pressão na fornalha, pois um massa maior de gases deverá ser retirada. Por outro lado, há também a possibilidade de que haja fluxo no sentido fornalha para chaminé no duto de recirculação, o que, evidentemente, provocaria sua danificação devido à alta temperatura dos gases.

Existe também, em sistemas desse tipo, um dispositivo de selagem a ar frio, proveniente dos ventiladores forçados, para evitar o retôrno de gases pelo duto de recirculação.

3.3 Sistemas de controle da água de alimentação

Sua finalidade básica é a manutenção do nível de água do tubulão em um valor constante pré-determinado.

Convém ainda lembrar que o comportamento do nível do tubulão, durante as variações da demanda de vapor, apresenta certas características peculiares que são chamadas de inchão e encolhimento.

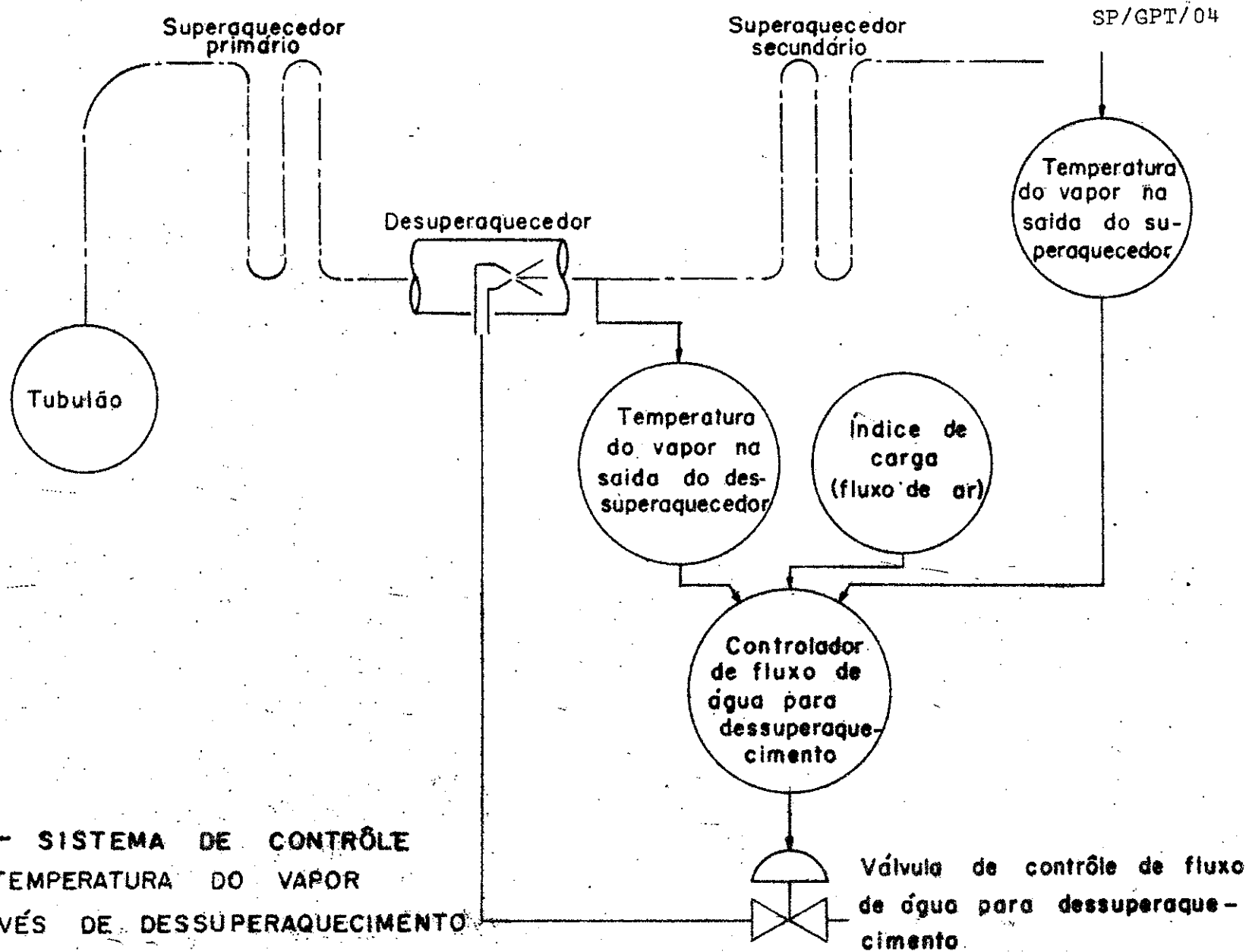


fig. 4- SISTEMA DE CONTRÔLE
DA TEMPERATURA DO VAPOR
ATRAVÉS DE DESSUPERAQUECIMENTO

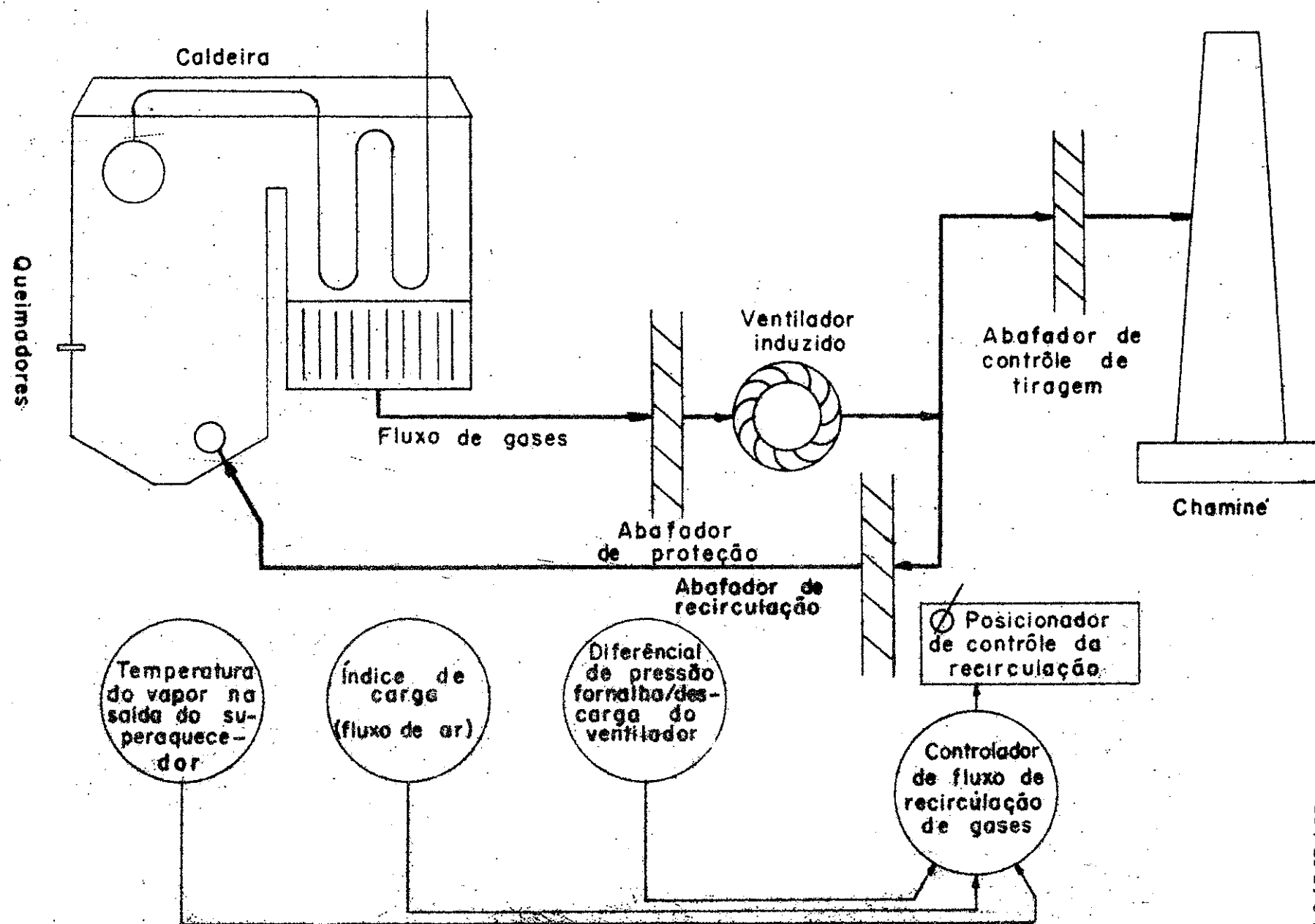


fig. 5 - RECIRCULAÇÃO DE GASES

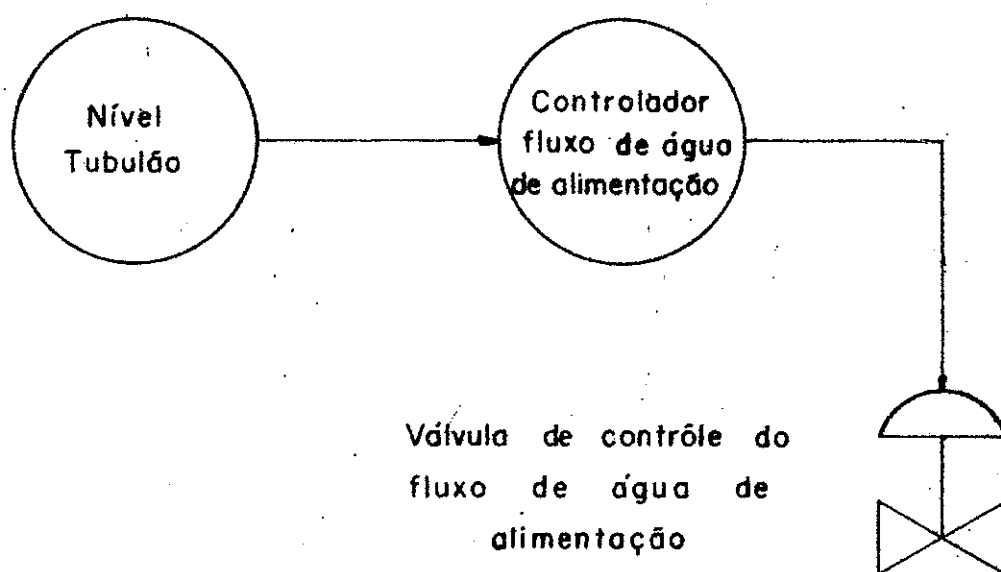


fig.6 - CONTRÔLE POR 1 ELEMENTO

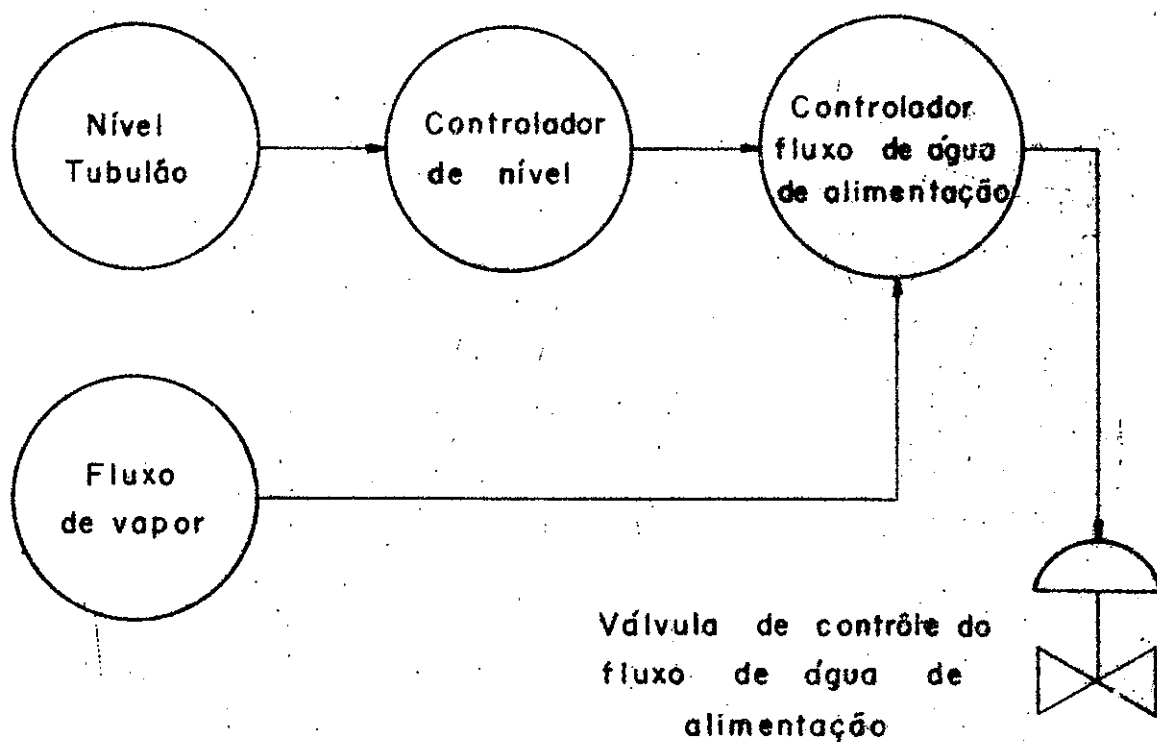


fig. 7 - CONTRÔLE POR 2 ELEMENTOS

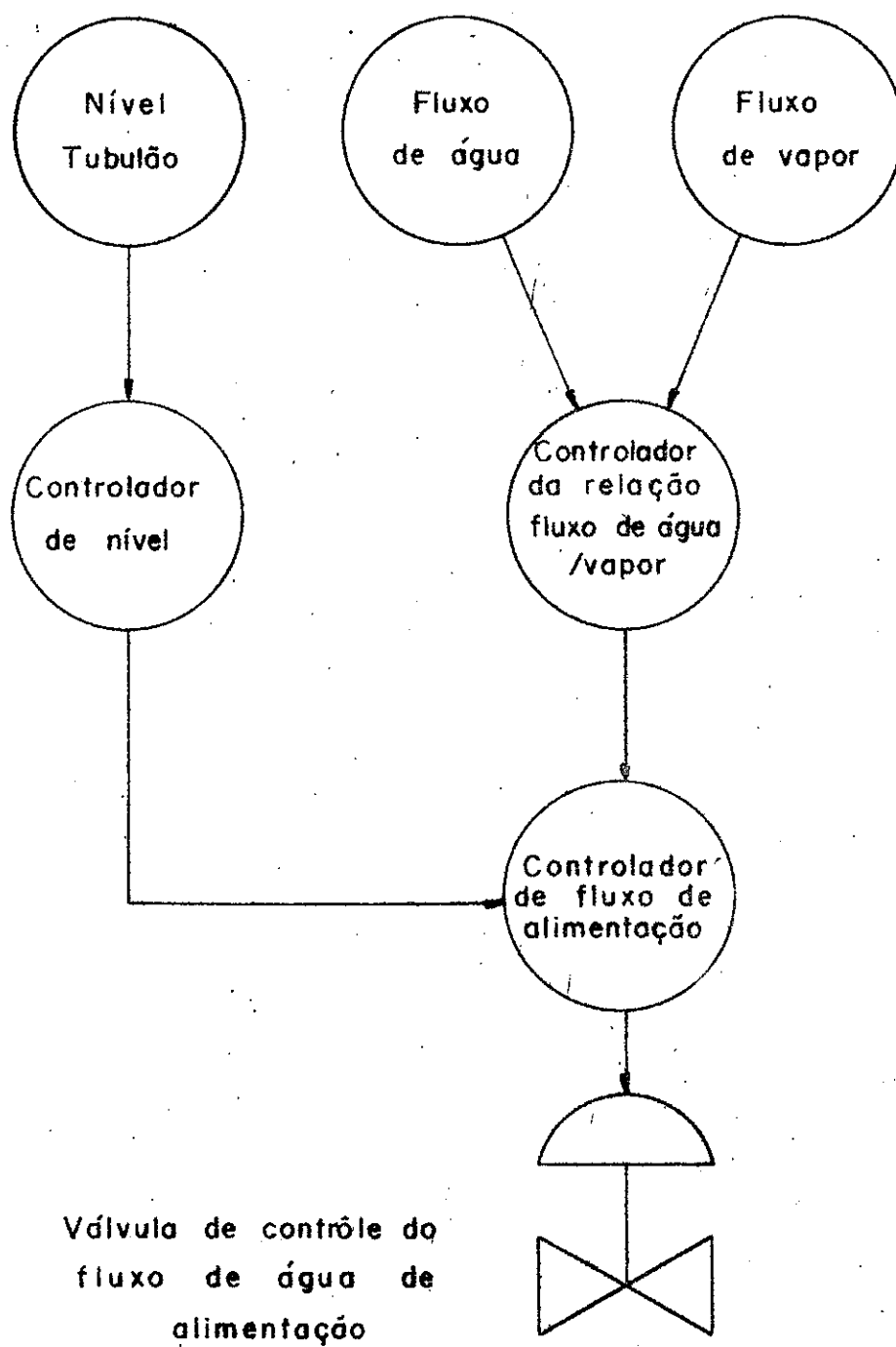


fig. 8- CONTRÔLE POR 3 ELEMENTOS

Assim sendo, poderemos chamar de inchação o aumento temporário de nível de água no tubulão, provocado pela diminuição da pressão, com consequente aumento da taxa de vaporização e do volume específico da água e do vapor, durante um aumento da demanda. O encolhimento é o processo inverso.

Para controlar o nível, podemos fazer uso de 3 sistemas chamados de: controle por um elemento, controle por dois elementos e controle por três elementos.

Controle por 1 elemento (fig.6) - Neste sistema, o único corretivo é proveniente do controlador de nível do tubulão.

Como é fácil de se perceber, tal sistema é pobre no que diz respeito à manutenção de um nível constante, e passível de instabilização em caldeiras com demanda variável.

Por ocasião das variações de carga ele atua, inicialmente, em sentido contrário ao correto, devido aos fenômenos da inchação e encolhimento.

Controle por 2 elementos (fig.7) - Para que sejam minimizados os efeitos perturbadores de inchação e encolhimento, devemos fazer uso de um índice de carga da caldeira como sinal corretivo primário. Neste caso, o que se presta muito bem é o fluxo de vapor.

Qualquer variação na demanda é sentida primariamente pelo medidor de fluxo de vapor. Este direciona a válvula de controle no mesmo sentido da variação da demanda de vapor, ficando o controlador de nível, através de um retardamento proposital, somente para reajuste finais necessários a manutenção do nível em um valor pré-determinado.

Entretanto, outros fatores influem na regulação do tubulão. Entre eles perturbações no sistema de alimentação podem causar oscilações indesejáveis, pois, através deste sistema, somente o controlador de nível é que sentiria tais oscilações e que tomaria ações corretivas.

Controle por 3 elementos (fig.8) - O objetivo básico a

que nos propomos é manter o nível constante quaisquer que sejam as perturbações existentes. Devemos então eliminar as causas acima apontadas através de um elemento que sinta sua existência.

Para tanto foi tomada a medida do fluxo de água de alimentação que juntamente com o fluxo do vapor, fazem um balanceamento de fluxos entrando e saindo do tubulão, tomando ações corretivas antes que o nível seja prejudicado.

Neste caso, realmente, o controlador de nível só terá funções de reposicionamento final, corrigindo pequenos desvios que possam prejudicar a manutenção do nível em um valor exato e estipulado a priori.

3.4 Proteção da caldeira

Sua finalidade básica é proteger a caldeira contra riscos de explosão.

De um modo geral, tanto as caldeiras de grande como as de pequeno porte estão sujeitas a esse tipo de risco que, como já dissemos, ocorre principalmente durante as partidas e por ocasião da perda de chama.

Purgar uma caldeira significa eliminar totalmente os gases combustíveis existentes, antes de que sejam acesos quaisquer tipos de queimadores. Isso é efetuado segundo um sistema sequencial que mede a quantidade de ar necessária à purgação através da medida de um determinado fluxo durante um determinado tempo.

Após ser atingido o fluxo de ar necessário e, permanecendo este durante um tempo determinado, pré-estabelecido, haverá condição de rearme da válvula de bloqueio de combustível. Teremos então condições de acendimento dos queimadores.

Perda de chama significa apagamento de um ou mais queimadores por deficiência de ar para a combustão ou por baixa pressão do combustível com atomização imperfeita. Isto ocorrendo, óleo sem queimar será injetado na fornalha com grande possibilidade de uma combustão repen

tida, posterior, quando da existência de uma quantidade de ar necessária para tanto.

Vários tipos de sistemas de proteção são utilizados para evitar tal risco. Um bom sistema de controle da combustão prevê a insuficiência de ar e, através de controladores limitadores, limita o fluxo de combustível suprido aos queimadores.

Paralelamente outros existem e dentre eles podemos citar:

- Controladores de chama que "enxergam" o apagamento do queimador, provocando o desligamento do mesmo ou até o desarme da válvula de alimentação de combustível para a caldeira, com consequente desligamento total.

- Controladores de pressão de combustível que prevêm uma provável deficiência na atomização e desarmam a válvula de bloqueio por baixa pressão de combustível.

Além destes, podemos ter sistemas de alarmes para as condições inseguras que, embora não tomem uma ação decisiva, alertam os operadores pela ocorrência de alguma anormalidade.

Alto nível do tubulão; baixo nível do tubulão; alta temperatura dos gases na saída do aquecedor de ar; baixa pressão de ar na caixa de ar; alta temperatura do vapor, são alguns dos encontrados mais frequentemente.

VI - CONCLUSÕES

Pela análise das necessidades de se controlar e supervisionar determinadas variáveis podemos avaliar a importância do desenvolvimento de sistemas de controle automático cada vez mais sofisticados, e complexos, capazes de atender as inúmeras exigências relativas a operação segura e eficiente de caldeiras.

Os sistemas descritos neste trabalho são sistemas analógicos convencionais que, embora em pleno funcionamento, apresentam determinadas restrições operacionais que se rão superadas com a introdução de computadores digitais para controle de processos.

Este é, realmente, o próximo passo na automatização de controle de caldeiras.

V - BIBLIOGRAFIA

- BAILEY INSTRUMENTATION COURSE
 - Lecture - P75-1 - Combustion Control - General
 - Lecture - P31 - Feed water Control
 - Lecture - P75-4 - Steam Temperature Control
- INSTRUMENTATION - Volume 23, number 1, 1970
 - WENER, W. O. - Basic Boiler Control Systems
 - Honeywell Insc.
- POWER - Special Report - December 1967
 - EVANS, R. K. - Combustion Control.