



São Paulo, 10/15 de Abril de 1972

GRUPO DE ESTUDO DA PRODUÇÃO HIDRÁULICA

Ensaio^s Finais da Máquina nº 3 da
UHE de Guaricana, da
Cia. Fôrça e Luz do Paraná

Autores: Angelo Maestrini/Paulo Mario
Rodrigues da Cunha/Henrique Mello
Instituto de Pesquisas Radioativas
de Belo Horizonte
Instituto de Pesquisas Tecnológicas
de São Paulo
Escritório Técnico Carlos
Berenhauser Júnior

1.0 INTRODUÇÃO

O Escritório Técnico Carlos Berenhauser Júnior, na condição de Assessor da Companhia Fôrça e Luz do Paraná, foi incumbido de coordenar as atividades relativas aos ensaios finais de aceitação da 3a. unidade da Usina Hidro-Elétrica de Guaricana, cujo projeto executivo também lhe fôra confiado.

A referida unidade, de fabricação Hitachi, foi instalada conforme esquematizado nas ilustrações 1.0-1 e 1.0-2. Suas características principais são:

- Turbinas:

Tipo - Pelton, eixo horizontal, 2 jatos

Velocidade: 450 rpm

Potência (sob queda normal): 11800 cv (cada turbina)

Queda normal: 323 m

Queda mínima: 315 m

Queda máxima: 325,8 m

- Gerador:

- Gerador:

Tipo - eixo horizontal, refrigeração a ar, isolamento classe B
 Potência nominal. 16.500 kW
 Tensão nominal: 6.900 volts
 Fator de potência: 0,85
 Velocidade síncrona: 450 rpm
 Frequência: 60 hz

Foi estabelecido um programa de rigoroso controle dos equipamentos e aparelhagens instalados, na Casa de força, Sala de controle e sub-estação elevadora, sendo efetuados todos os testes pré-operacionais.

Alguma dificuldade foi constatada no que diz respeito aos testes de aceitação das turbinas, face às limitações impostas pelo circuito hidráulico e indisponibilidade de equipamento adequado.

Mercê da longa distância entre o Brasil e o Japão, tornar-se-ia oneroso e quase impraticável o deslocamento da aparelhagem de precisão necessária à efetivação dos principais ensaios requeridos quais sejam:

- Rejeição de carga
- Vibração e (ou) balanceamento dinâmico
- Rendimento
- Index test.

Consideradas as prescrições da publicação nº 41 da Comissão Eletrotécnica Internacional, tornava-se necessário dispor de transdutores e oscilógrafos para registros de pressão, manômetros de precisão, calibradores do tipo peso morto, etc.

Aparentemente seria impossível, a curto prazo, obter, mediante empréstimo, e até mesmo adquirir tais dispositivos, fato que poderia colocar a Companhia Fôrça e Luz do Paraná perante um impasse de difícil ultrapassagem.

Paralelamente, os adutores das turbinas, bem como as características dos "penstocks", eliminavam a possibilidade de realização das medidas de engulimento (vazão), segundo o método de Gibson, dentro das mínimas condições exigidas em 6.1.2.4 da publicação nº 41 da C.E.I. Igualmente tornava-se impraticável a utilização de molinetes ou instalação de medidores Venturi na tubulação.

Restava recorrer ao método clássico de diluição salina, o qual exigia instalação, também onerosa e complicada, de detetores na tubulação.

Reunindo os recursos disponíveis em seus laboratórios e recebendo o apoio da Companhia Paulista de Fôrça e Luz e da São Paulo Light

(sob a forma de empréstimo da parte do instrumental) a Companhia Força e Luz do Paraná, defrontava-se ainda com as seguintes dificuldades:

- a) Impossibilidade de registro das varia es de tensão, velocidade e pressão no que concerne ao Teste de Rejei o de Carga.
- b) Dificuldade em medir as vazões com vistas ao Ensaio de Rendimento.
- c) Indisponibilidade de medidores de vibra o dos mancais.

Mediante a colabora o do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, tornou-se possível convocar os recursos necessários a superar as dificuldades citadas em a e c. O Instituto de Pesquisas Radioativas de Belo Horizonte, que vem pesquisando moderno método para medi o de vazões, utilizando isótopos radioativos diluídos na massa d'agua, também foi chamado a colaborar com a C.F.L.P.

Nos parágrafos subsequentes são descritas de forma sumária as metodologias adotadas.

Vale destacar que a convoca o dos recursos tecnológicos locais, ensejou   C.F.L.P. alcançar os seguintes objetivos relevantes:

- Verifica o das garantias oferecidas pelo fabricante no que concerne aos efeitos dinâmicos, resultantes de uma brusca rejei o de carga da máquina, bem como das varia es de suas características normais de opera o.
- Ajustagem adequada do regulador de velocidade das turbinas.
- Identifica o de eventual aumento do nível de vibra es, após os ensaios de rejei o.
- Levantamento de curvas características Vazão x Carga de cada uma das turbinas, com vistas ao futuro controle operacional. Estas curvas características são obtidas com base no "Index Test" e referidas ao rendimento das máquinas, para uma determinada condi o operacional, tomada como referência.

Tornava-se, portanto, conveniente, uma verifica o dos valores garantidos de rendimento em presença de medi es locais, logicamente afetadas da precisão cabível.

Segundo as normas IEC a melhor precisão passível de ser obtida - em testes de rendimento, situa-se entre $\pm 1\%$ e $\pm 2\%$, desde que se possam realizar os mais precisos métodos de medida. Penalidades s  poderão ser impostas caso algum dos pontos da curva de eficiência, levantados nos ensaios, se situem fora de uma faixa que enquadre os valores garantidos para mais ou para menos, tomando em considera o o erro global das medi es. Assim, em condi es favoráveis, poder-se-ia pressio-

nar o fabricante para desvios da ordem de $\pm 2\%$. Procurou-se assegurar as seguintes precisões no que concerne às medições:

Medida da vazão (Q): $\pm 2\%$ (assegurada pelo IPR)

Medida da queda (H_n): $\pm 0,1\%$ (utilizando manômetro do tipo "dead weight tester")

Potência de saída (p): $\pm 0,8\%$ (medida realizada nas barras do gerador)

O valor médio quadrático do erro, segundo estabelecido em 7.5.6 da IEC, atingiria aproximadamente $\pm 2\%$.

Mais importante do que esta faixa de tolerância caracteriza-se o controle do rendimento na eventualidade de uma forte discrepância, principalmente entre 80% e 90% de plena carga, visto que a média ponderada das eficiências, tomada em conta nas especificações, é afetada de maior peso para aqueles percentuais.

O teste de rendimento realizado, mesmo dentro das limitações conhecidas, apresentou-se como conveniente, tendo em vista os dois objetivos básicos a atingir:

- Correlação das características Vazão x Carga a um valor confiável de rendimento.
- Identificação de eventual e forte discrepância dos valores garantidos, em presença de uma verificação local.

Procura-se, portanto, no presente comunicado ao "Seminário de Produção e Transmissão de Energia Elétrica", caracterizar que o estágio atual da evolução tecnológica no Brasil, permite superar certas dificuldades e realizar em primeira aproximação o controle pré-operacional do equipamento hidráulico, que é instalado em nossas usinas hidro-elétricas.

Trata-se de iniciativa positiva, através da qual, pela superação de algumas perplexidades, é possível ensinar aos especialistas de nossos Institutos de Tecnologia, uma participação mais efetiva em trabalhos de Engenharia ligados ao setor de Produção Hidráulica. Desta conveniência resultará, certamente, um aprimoramento dos técnicos e o interesse na aquisição de aparelhagem mais aprimorada, fatores estes que, aliados, poderão assegurar em futuro próximo, a total independência dos usuários do equipamento em presença dos fornecedores estrangeiros.

2.0 METODOLOGIA ADOTADA

2.1 Ensaio de rejeição de carga

Trata-se de registrar as variações de velocidade das turbinas e de pressões nos adutores devido à brusca rejeição de carga do gerador. Faz-se também o registro das sobre-tensões resultantes nos bornes do gerador. Evidencia-se como de todo conveniente que sejam também levantados os tempos de atuação das agulhas e defletores das turbinas, de sorte a permitir o ajuste final do Regulador de Turbinas (Governor).

Em atendimento às especificações, o regulador deveria ser inicialmente ajustado para um tempo de fechamento das agulhas, superior ao constante da proposta do fabricante. Posteriormente, este tempo deveria ser reduzido de forma adequada a limitar a pressão máxima no "penstock" ao valor máximo especificado.

Os ensaios deveriam também ser realizados para rejeições sucessivas de cargas parciais, até que fosse rejeitada a plena carga.

Foram realizados testes para a rejeição de 25%, 50%, 75% e 100% de plena carga com ambas as turbinas em operação. Igualmente foram rejeitadas as cargas plenas de cada uma das turbinas, operando individualmente.

As tomadas de pressão no "penstock", foram executadas, conforme indicado nas ilustrações 2.1-1 e 2.1-2, em observância ao prescrito pela IEC (3-3.1 a 3.4). Ainda em observância aos capítulos XIII e XIV - dêsse código, todas as medidas e acionamentos foram registrados simultaneamente, utilizando aparelhagem do I.P.T., notadamente um oscilógrafo de 8 canais do tipo "lumiscript 158 - 8".

Os registros realizados foram os seguintes:

- 1) Corrente circulando no disjuntor do grupo.
- 2) Pressão na tomada de água da turbina 3A.
- 3) Pressão na tomada de água da turbina 3B.
- 4) Tensão no gerador.
- 5) Velocidade de rotação das turbinas.
- 6) Início e fim do movimento das agulhas da turbina 3A (duas).
- 7) Início e fim do movimento das agulhas da turbina 3B (duas).
- 8) Instante de acionamento dos defletores (dois).

O registro da corrente, pela sua descontinuidade, foi tomado como referência da contagem do tempo, correspondente ao instante da rejeição de carga.

Segundo as exigências das normas que regulamentam o ensaio, a imprecisão das medidas não deve ultrapassar em nenhum caso a $\pm 2\%$.

Desta forma todos os registros foram efetivados em papel foto-sensível, num registrador galvanométrico capaz de acompanhar, com pre

cisão, as variações rápidas de amplitude. A velocidade do papel é suficientemente rápida e precisa para ensejar a correta medida dos tempos.

Os aparelhos de medida, tais como transdutores de pressão, células fotoelétricas, frequencímetros, medidores de tensão, amplificadores, etc., de diferentes procedências, foram todos acoplados ao registrador através de uma interface, capaz de ajustar as suas impedâncias, conforme o diagrama da ilustração 2.1.3.

A calibração da pressão foi realizada antes e depois dos ensaios através da pressão estática da coluna d'água junto às turbinas.

A tensão foi registrada através de um adaptador calibrado e a velocidade de rotação foi obtida por meio de um medidor de frequência - que recebia os pulsos de uma célula fotoelétrica, proporcionais à rotação das turbinas.

Os movimentos das agulhas e defletores foram determinados através de um dispositivo que traduzia por variação de tensão, os sinais de acionamento dos interruptores de início e fim de curso. Estas variações de tensão foram registradas, duas a duas, em três canais do registrador de tal forma que um sinal apresentasse o dobro da amplitude do outro. Foram aproveitados os interruptores de fim de curso dos defletores e das agulhas, disponíveis na instalação e destinados à atuação do regulador de velocidade das turbinas.

A interligação dos aparelhos, a construção de adaptadores e a aferição dos sistemas de medida, foram realizadas nos laboratórios do IPT, durante cerca de um mês. Foi verificada a precisão de todos os aparelhos, nas condições em que iriam operar na Usina, dentro do limite estabelecido pelas normas.

Após os preparativos nos laboratórios, os equipamentos foram instalados na Usina de Guaricana e, no dia 27/6/71, foram realizados os ensaios com todos os sistemas de medida testados e funcionando a contento.

Para cada um dos testes anteriormente citados foi obtido um registro. As fotografias da ilustração 2.1.4 referem-se aos ensaios a 25% e 100% de carga nas turbinas.

O regulador de velocidade foi ajustado conforme prescrito nas especificações.

2.2 Ensaio de vibração

O ensaio de vibração foi realizado com a finalidade de ser detectado qualquer desbalanceamento no conjunto gerador-turbinas, antes e após os ensaios de rejeições de carga.

Para captar as vibrações, o IPT utilizou transdutores de velocidade que transformam o impulso mecânico do fenômeno em sinais elétricos proporcionais à velocidade de vibração; este sinal é enviado a um oscilógrafo onde é amplificado e registrado em fitas de papel.

2.3 Ensaio de Rendimento

Como anteriormente ressaltado, este ensaio foi efetivado a título de controle, dentro das limitações locais e buscando-se o máximo enquadramento no código da IEC, publicação nº 41.

Para diversas porcentagens de carga (abertura das agulhas), foram calculados os rendimentos, tudo referido à potência elétrica sendo liberada pelo gerador.

As equipes de medição dos diferentes parâmetros foram assim distribuídas:

Medição de vazões: I.P.R.

Medição das pressões e controle de velocidade: I.P.T.

A Companhia Fôrça e Luz do Paraná, com seus próprios recursos, - realizou o controle operacional, a medição das cotas no reservatório e as medições elétricas, conforme o esquema apresentado na ilustração - 2.3-1.

O Escritório Berenhauser, como para os demais ensaios preparou a sequência metodológica, as fichas de ensaios, tendo finalmente coordenado as atividades do IPT e IPR, bem como orientado a execução dos testes.

A eficiência de uma turbina é representada pela relação da potência fornecida pela turbina P_t e da potência fornecida pela água na entrada da turbina P_d .

$$\eta = \frac{P_t}{P_d}$$

A potência P_t corresponde à potência liberada nos bornes do gerador, acrescida de perdas globais. Assim, a potência P_t é o resultado da divisão do valor medido à saída do gerador pelo seu rendimento.

A potência fornecida pela água P_d é calculada pela equação:

$$P_d = K \gamma Q H_n$$

onde $K = 1000/102$

Q = vazão da turbina em m^3/seg .

H_n = queda disponível em metros.

γ = peso específico da água.

A queda disponível é avaliada pela expressão:

$$H_n = (z_1 + a_1 - z_2) + \frac{10p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$$

As cotas z_1 , a_1 e z_2 , relativas à posição do manômetro, ao eixo do "penstock" e ao ponto teórico de incidência dos jatos, estão indicadas na ilustração 2.3-2, conforme prescrito pela IEC (Cap 1.2.6.5).

p - pressão manométrica medida (kg/cm^2)

V - velocidade de escoamento da água no penstock (em m/seg)

As medidas de pressão foram previstas utilizando equipamentos da C.F.L.P., C.P.F.L. e Light, associados a registradores do I.P.T., conforme indicado na ilustração 2.3-3.

Um incidente verificado com os manômetros de peso e diferencial, ensejou o emprêgo alternativo, previamente considerado, do registrador do I.P.T., calibrado, para diferentes pressões estáticas, juntamente com um manômetro de precisão da C.F.L.P.

Ao registrador de dois canais, estavam conectados os transdutores já utilizados no ensaio de rejeição. Este registrador permite ler diretamente a amplitude do registro em Volts, fornecendo o valor de pressão.

A velocidade de rotação do gerador foi controlada pela célula fotoelétrica e pelo medidor de frequência que, com a escala expandida, permite uma leitura com precisão de $\pm 0,5\%$.

Vale registrar, sucintamente, a razão pela qual foi empregado o método dos traçadores radioativos para a medição das vazões.

O método normalmente mais utilizado é o do molinete, que consiste na instalação de molinetes dentro da tubulação, logo acima da turbina.

O número de molinetes, os quais são montados em uma estrutura metálica, depende do diâmetro da tubulação. A vazão é calculada pela velocidade de rotação dos molinetes, que são calibrados antes e depois das medições. O erro destas medições pode alcançar facilmente 5%, muito embora o código IEC o enquadre até um máximo de 1,2%. Este método causa, além do mais, a parada da turbina antes e depois dos testes para a montagem e desmontagem da estrutura suporte.

Outro método muito utilizado é o do traçador salino, conhecido como método de Allen, baseado no aumento da condutividade da água salgada. Em duas secções da tubulação são instaladas estruturas metálicas com dois elétrodos, que medirão a resistividade elétrica da água. A passagem do traçador salino será acusada pelo decréscimo da resistividade elétrica da água. O tempo gasto pela água salgada entre as duas secções pode ser medido. O volume da tubulação entre as duas secções

sendo conhecido, pode-se determinar a vazão.

A principal desvantagem deste método é o erro causado pelo tempo, relativamente longo, necessário para injetar massa de sal capaz de provocar modificações na resistividade elétrica da água, o que dificulta a obtenção de um "pico".

Os traçadores radioativos abriram novas perspectivas para superar estas dificuldades. As medidas necessárias ao seu emprêgo são relativamente simples, baratas e pouco interferem nos trabalhos da Usina.

As principais vantagens dos métodos com radioisótopos são:

- a) A elevada sensibilidade de detecção requer pequenas massas de traçador.
- b) A detecção é feita pelo lado de fora da tubulação.
- c) Para tubulações relativamente longas, a precisão dos métodos com radioisótopos compete com o método do molinete.

A Divisão de Radioisótopos do Instituto de Pesquisas Radioativas vem realizando medidas de vazão em rios e tubulações com radioisótopos desde 1966, visando testar as possibilidades dos métodos radioativos.

Na unidade nº 3 da Usina de Guaricana foram realizadas 48 medições de vazão em 10 regimes diferentes de carga, com a finalidade de ser levantada a curva de eficiência da turbina.

Os regimes escolhidos foram os seguintes:

Turbina 3B: 50%, 80% e 100% de plena carga.

Turbina 3A: 50%, 80% e 100% de plena carga.

Turbina 3A e 3B: 50%, 75%, 100% e 110% de plena carga.

Em vista das condições locais, optou-se pelo emprêgo do método de Allen com traçadores radioativos, ou seja, o da velocidade do isótopo. O traçador foi injetado instantaneamente, na tubulação, por meio de uma bomba manual de alta pressão.

Em cada medida, foram injetados 5 cm³ de solução de NH₄Br com cerca de 5 mCi de Br⁸².

Em duas secções, à jusante, foram detectadas a passagem da nuvem radioativa, permitindo determinar o tempo médio de trânsito, t , da água marcada com radioisótopos entre as duas secções. Conhecido o volume (V) de água contido no tubo entre estas duas secções, pode-se calcular as vazões (Q).

$$Q = \frac{V}{t}$$

Foram utilizados dois detectores portáteis de cintilação marca SRAT mod SPP3, colocados pelo lado de fora da tubulação.

Os sinais dos dois detectores, após integrados, foram registrados em registrador de precisão Hewlett Packard mod 7100 BM.

A constante de tempo de integração nos dois integradores foi a mesma, 1,2 segundos, de modo que o deslocamento das duas curvas fosse o mesmo, não causando alteração na medida do tempo entre os dois picos.

As escalas de sensibilidade dos detectores foram escolhidas por meio de injeções preliminares, de modo a se obter uma curva bem visível dentro da escala, no presente trabalho, de 500 contagens por segundo.

O esquema de instalação está na ilustração 2.3-4 onde são mostradas as posições relativas do injetor e dos dois detectores usados.

Os detectores foram instalados a 50 m e 140 m do ponto de injeção. O ponto de injeção foi adaptado no tubo de 65" 3/8 de diâmetro, sendo que os dois detectores foram localizados no tubo de 61" 3/4 de diâmetro. A distância foi medida com trena metálica com erro estimado menor que 0,05%.

O tempo de trânsito da nuvem de radioisótopo, entre as duas seções, é obtido pela medida da distância entre os centros de áreas das curvas de concentração de radioisótopos, relativas às duas seções de medição.

As atividades usadas são em geral altas e devem ser manuseadas por pessoal experimentado.

As concentrações de radioisótopos na saída da turbina são baixas devido à grande diluição. Com as diluições subsequentes, a concentração reduz-se a valores muito inferiores à concentração permitida em água potável, podendo-se afirmar que não existe perigo algum de contaminação ou risco de radiação.

2.4 Index Teste

Consiste na medição dos valores de potência fornecida sob determinada condição de queda e para várias posições dos dispositivos de fechamento. Os valores de vazão não são medidos, mas determinados conforme descrito adiante.

Os valores de pressão diferencial nos adutores das turbinas, medidos durante o ensaio de rendimento, realizados para cada uma delas operando separadamente, foram tomados em consideração. Foram também realizadas medições da pressão diferencial para 40%, 60%, 70% e 90% da plena carga de cada uma delas.

A pressão diferencial h_{Δ} , foi obtida da diferença entre as leituras das pressões manométricas nos dois ramos do penstock, o que cor

responde à perda de carga desde a bifurcação (estando uma das turbinas sem alimentação) até o "manifold" instalado para as medições.

A pressão diferencial é função da vazão:

$$h = f(Q), \text{ ou melhor}$$

$$Q = K\sqrt{h_{\Delta}}$$

A partir do valor η_t adotado, é calculado o valor P_D .

Conhecidos P_D , a , z_1 , z_2 , H_n e p é determinado também pelo cálculo, o valor desconhecido V .

O diâmetro interno da tubulação \emptyset , sendo conhecido, é obtido o valor:

$$Q = V.S, \text{ sendo } S = 0,395 \text{ m}^2 \quad (\emptyset = 710 \text{ mm})$$

Para um h_{Δ} e um Q , conhecidos define-se o coeficiente K .

Este coeficiente é atribuído às diferentes pressões diferenciais referentes a cada abertura da turbina, obtendo-se os valores de Q e resultando finalmente o levantamento da característica desejada: "vazão versus percentual de carga" (ou abertura das agulhas).

Evidentemente que cada família de curvas, deve estar referida a um determinado nível das águas no reservatório (a montante).

3.0 RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Rejeição de carga

A partir dos registros obtidos nos seis testes (conforme exemplificado na ilustração 2.1-4), tornou-se possível avaliar os efeitos da rejeição de carga. Também foi permitido o ajuste perfeito dos defletores e das agulhas, pela análise adequada de seus deslocamentos.

Comparando-se os valores medidos antes da rejeição com os máximos obtidos após sua efetivação, verificou-se que os acréscimos de pressão, velocidade angular e tensão são aceitáveis e coerentes com as garantias da Hitachi, conforme indicado no quadro da página seguinte:

Condição operacional anterior à rejeição	2 Máquinas em operação			1 Máquina em operação
	25%	50%	100%	100%
Aumento de Velocidade %				
Indicado pelo Fabricante	4,5	12,5	31,8	-
Registrado	5,6	10,0	21,1	14,2
Acréscimo de pressão %				
Indicado pelo Fabricante	-	-	9,2	7,8
Registrado	5,3	6,0	7,7	4,4

As garantias acima indicadas referem-se à condição de queda mínima, enquanto os registros foram realizados para uma queda intermediária entre a mínima e a normal.

Mesmo assim, somente a sobrevelocidade verificada para a rejeição de 2 máquinas com 25% de abertura das agulhas, chegou a ultrapassar o valor garantido. Para a rejeição, com abertura 100%, seja para 2 máquinas, seja para 1 máquina em serviço, os valores registrados foram inferiores aos garantidos. A correção da sobrevelocidade para 25% de abertura, seria possível mediante redução do tempo de fechamento das agulhas. Tal providência não resultaria, contudo, em qualquer benefício operacional.

A sobretensão máxima registrada durante todos os testes foi de 18,8%, bastante inferior às tolerâncias relativas às condições dinâmicas, permitindo regulagem, com folga, do relé de proteção de gerador.

3.2 Ensaio de vibração

As vibrações medidas junto aos mancais entre as turbinas e o gerador, apresentaram amplitudes de 2 a 3 x 10⁻³ mm, sem alterações sensíveis antes e depois dos ensaios de rejeição.

Tornou-se desnecessária a realização de novo balanceamento dinâmico.

3.3 Ensaio de rendimento

Tomadas em consideração todas as correções estabelecidas pela IEC, com relação à queda efetivamente verificada durante os ensaios, consumo de água de refrigeração, peso específico da água para a latitude da usina etc, foram realizados os cálculos dos rendimentos para os 10 regimes de carga considerados.

As ilustrações 3.3-1, 3.3-2 e 3.3-3 estabelecem a condição comparativa desejada entre os valores garantidos e obtidos do ensaio.

Na figura 3.3-2 é caracterizada uma faixa de erro de $\pm 2,0\%$, correspondente ao valor médio quadrático dos erros de cada medida realizada.

O incidente citado em 2.3, conduziu à utilização do registrador do IPT, para as medidas de pressão.

Para tal registrador, associado aos transdutores, o fabricante assegura normalmente uma precisão melhor que 3%.

Sua calibração no local, realizada com um manômetro de precisão HEISE, tomadas como referência as pressões estáticas e alturas de que da medidas, acusou sempre uma precisão melhor do que $\pm 1\%$. O erro médio quadrático das medidas, considerada esta precisão para a medida das pressões, não ultrapassa sensivelmente a $\pm 2\%$.

Nas medidas realizadas pelo IPR, os resultados foram bons; a maioria com desvios inferiores a 1% e somente o último (com 3 medidas) superior a 2%.

Devido ao atraso dos testes, conseqüente das necessárias manobras na usina, verificou-se um decaimento do Br^{82} ($t_{1/2} = 36$ horas). A atividade específica foi um pouco baixa, apresentando o registro uma relação sinal-ruído um pouco alta.

Em razão disto, os tempos de trânsito foram calculados pelas distâncias entre os centros das áreas das curvas em lugar da distância entre os picos.

Em todos os testes a velocidade do papel no registrador foi conferida a cronômetro.

O injetor especialmente construído para introduzir 5 cm^3 , sob 32 atmosferas, funcionou bem.

A fotografia da ilustração 3.3.4 refere-se à bomba especial, preparada pelo IPR, para realizar a injeção.

Os resultados destes ensaios permitiram alcançar os objetivos destacados em 1.0, não sendo constatada discrepância digna de registro com relação às garantias da Hitachi.

Acresce notar, que, mesmo para uma queda inferior à normal e cerca de 5 m abaixo da queda máxima, a máquina debitou ao sistema 18,5 MW, portanto, 2 MW acima de seu valor nominal garantido.

3.4 Index Test

Observa-se na ilustração 3.3.2, que o melhor enquadramento do rendimento garantido em presença dos valores determinados no ensaio, cor-

responde a 80% de plena carga.

Tomou-se, portanto, como referência básica, o rendimento /

$$\eta_t = 88,96\%.$$

As curvas ilustradas em 3.4-1 e 3.4-2, poderão ser utilizadas pela C.F.L.P. em seu controle operacional e devem ser referidas à cota - 704,5 m correspondente ao nível das águas no reservatório durante a realização deste teste.

4.0 CONCLUSÕES

Todos os resultados obtidos foram satisfatórios, dispondo a Companhia Fôrça e Luz do Paraná de um conjunto de informações preciosas - no que concerne à operação da UHE de Guaricana. Tal desfecho não seria possível sem a contribuição dos técnicos que labutam em nossos Institutos de Pesquisa Aplicada.

À Diretoria da C.F.L.P. cabe o grande mérito de, em benefício da Empresa, bem aproveitar o desenvolvimento tecnológico já alcançado no Brasil.

Em atenção ao entusiástico trabalho realizado pelas diferentes equipes é apresentada em anexo a relação dos engenheiros e técnicos - que delas participaram, tanto nos trabalhos de campo, quanto na preparação dos ensaios e avaliação de seus resultados.

São Paulo, fevereiro de 1972.

A N E X OEquipes participantes dos ensaios de aceitação
da 3a. unidade da UHE de Guaricana.

Direção geral:- Engº Eliphaz Figueiredo, Diretor Técnico da CFLP.

Companhia Fôrça de Luz do Paraná

Assistente: Engº Moacir de Oliveira.

Chefe de OPerações: Engº José Gonçalves.

Superintendente do Canteiro: Engº Ozir Motter.

Auxiliares Técnicos: Sr. Arno Schubert, Sr. Valentim Redrof,
Sr. Toshio Kiwara, Sr. Darcy Mendes de Brito
e Sr. Tatsuo Harada.

CoordenaçãoEscritório Técnico Carlos Berenhauser Júnior

Supervisor: Engº Henrique Mello.

Consultor: Engº Hilton Fiuza de Castro

Coordenadores: No Rio e em Curitiba

Engº Roberto Meira Chaves

Engº Álvaro de Castro

Em São Paulo

Engº Moacyr Pereira

Adjunto: Engº Arnaud A. Ribeiro

ColaboraçãoInstituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo

Chefe de Equipe: Engº Paulo Mário Rodrigues da Cunha

Ensaio Dinâmico: Engº Renno Alberto Pierri

Instrumentação: Engº Oswaldo Ziober

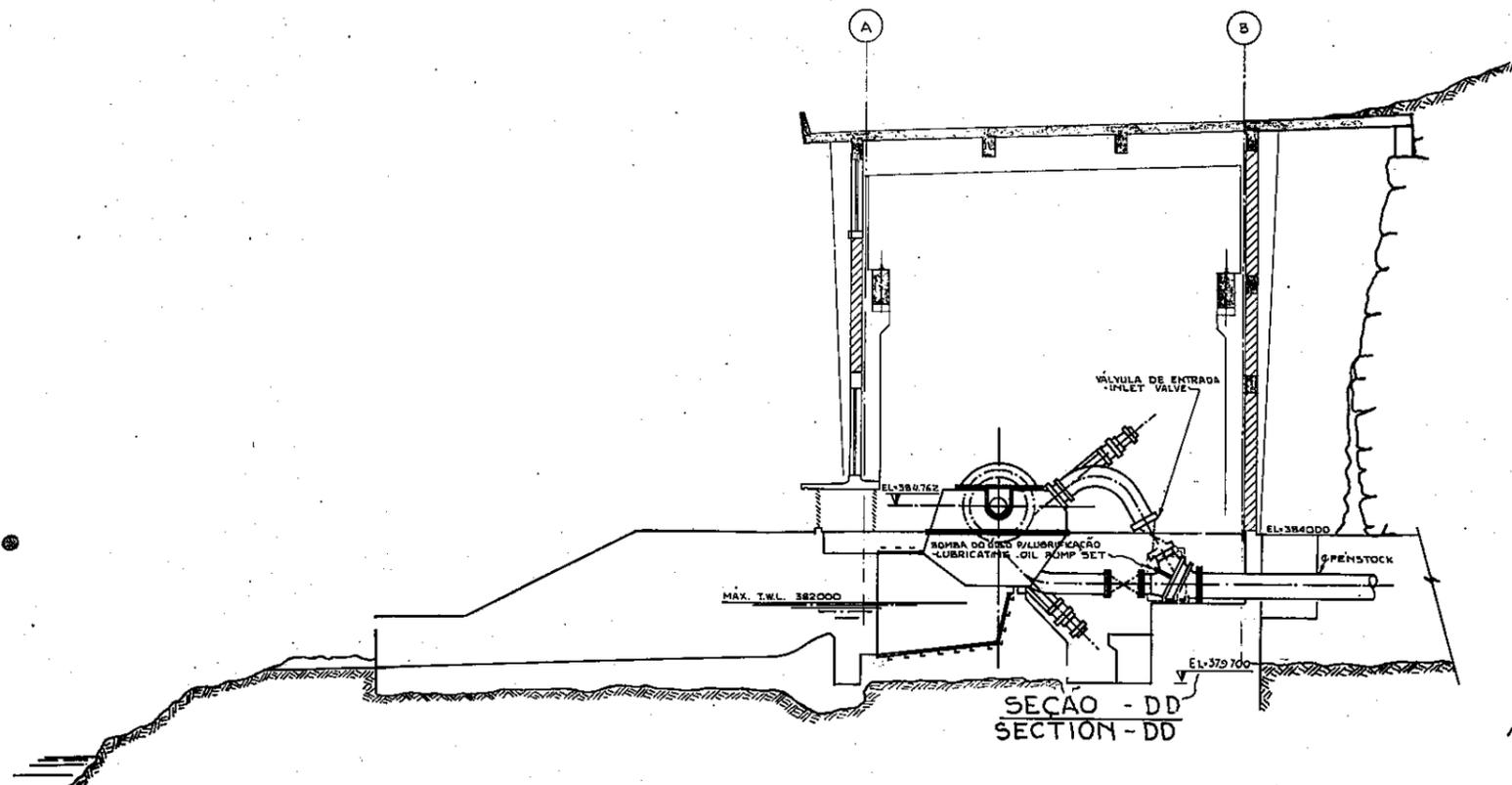
Engº Saburo Ikeda

Instituto de Pesquisa Radioativa de Belo Horizonte

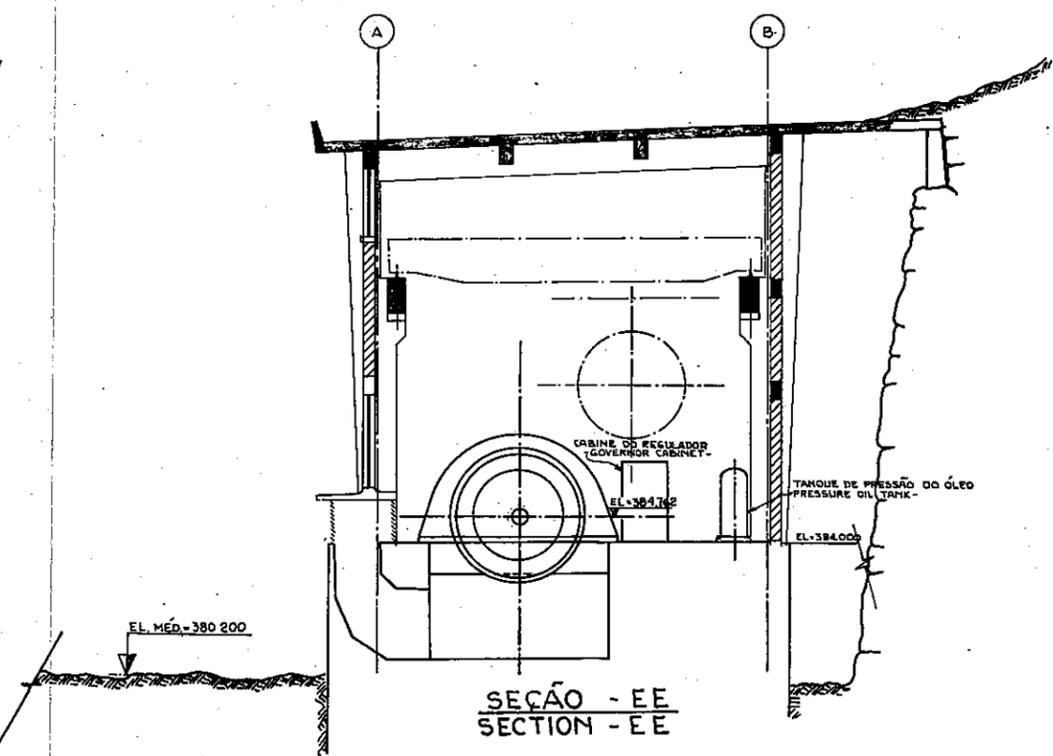
Chefe de Equipe: Engº Ângelo Alberto Maestrini

Assistente: Engº Geraldo Wilson

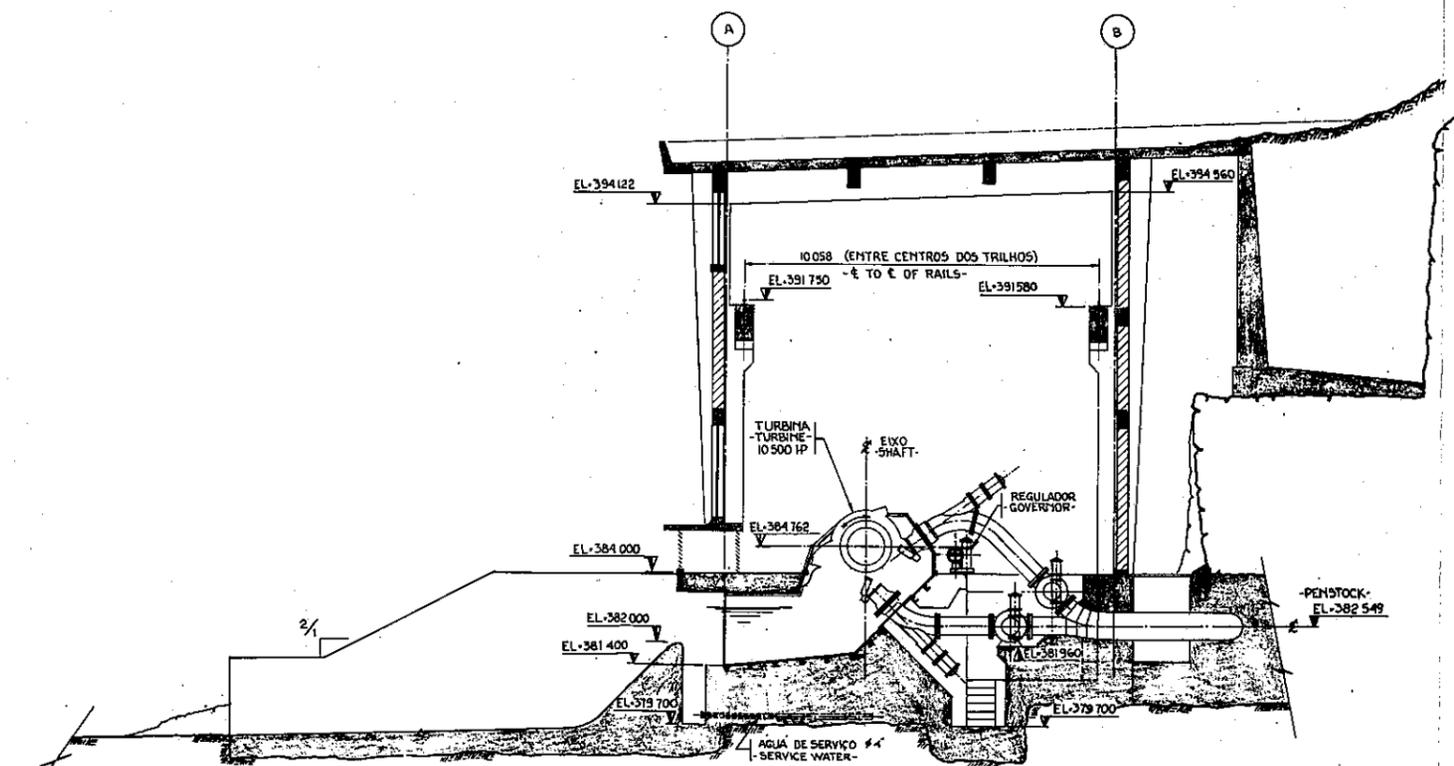
Auxiliar Técnico: Matheus Eustáquio da Silveira



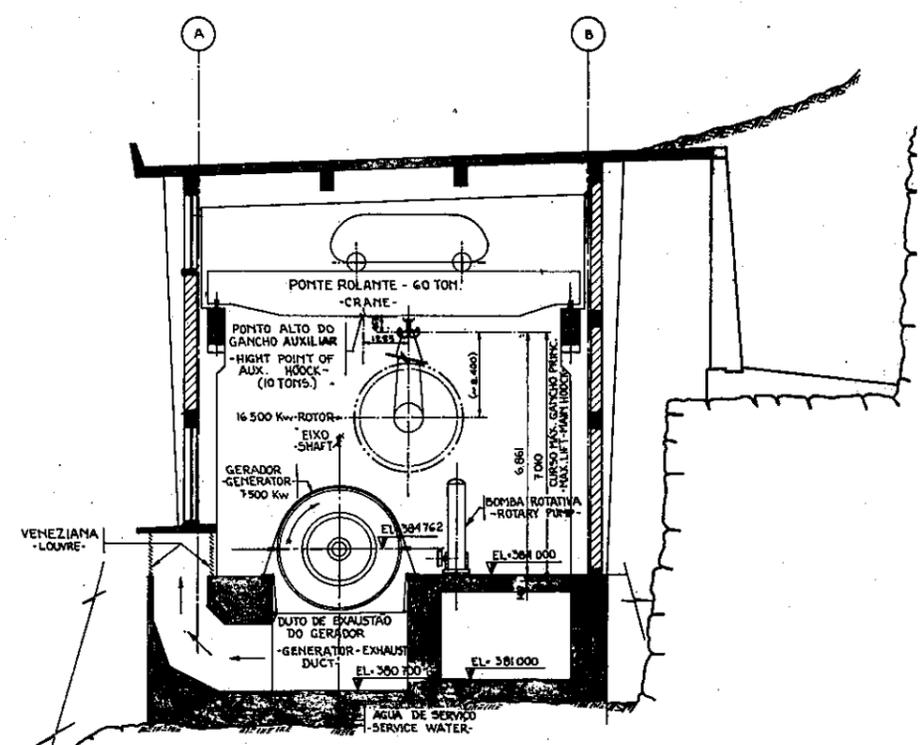
SEÇÃO - DD
SECTION - DD



SEÇÃO - EE
SECTION - EE

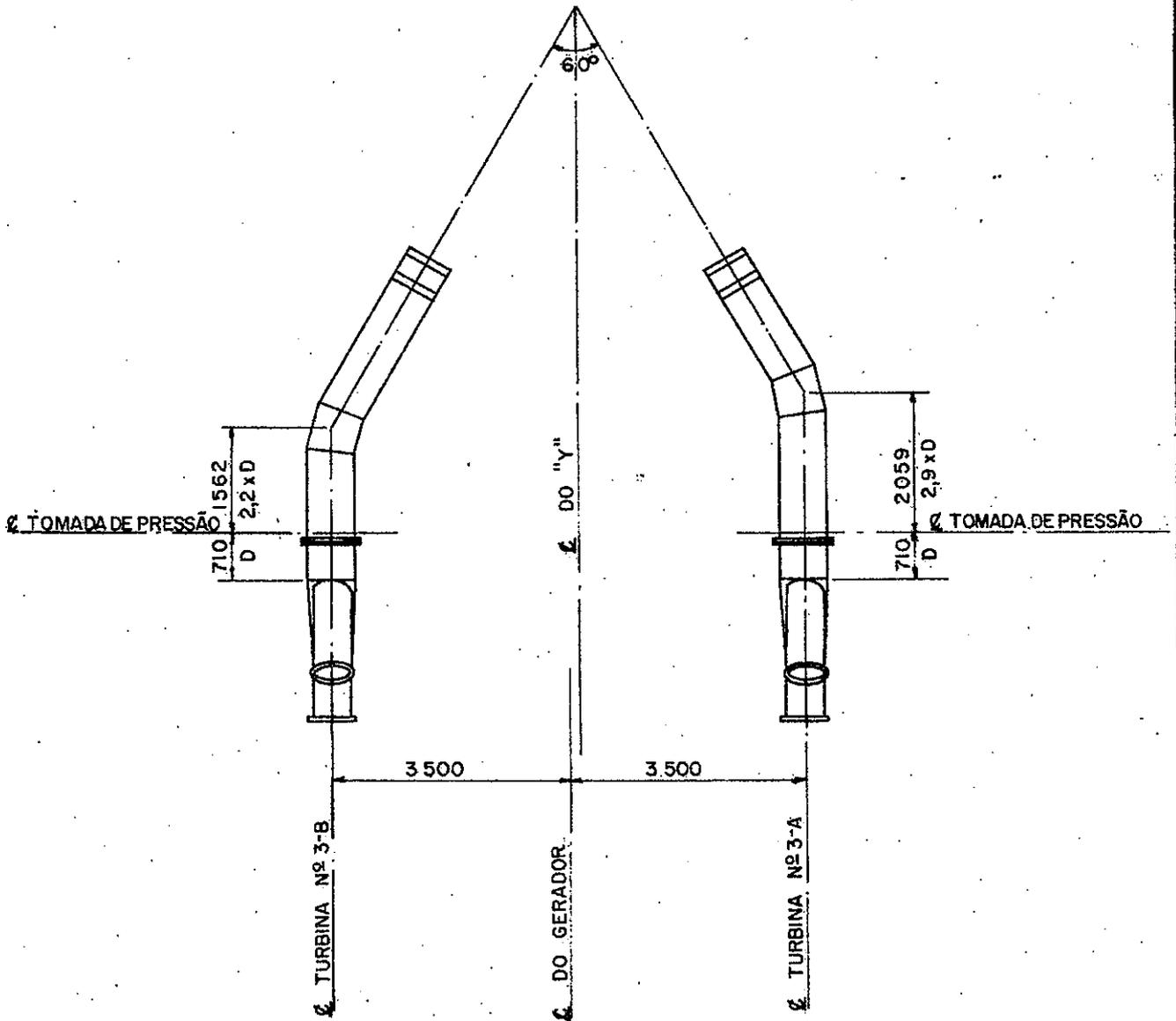


SEÇÃO - BB
SECTION - BB



SEÇÃO - CC
SECTION - CC

<p>UNIDADE Nº 3 - HITACHI, LTA.</p> <p>MODIFICAÇÃO UNIDADE Nº 3</p> <p>INSTALAÇÃO UNID. 3</p> <p>APVALIÇÕES</p>	<p>DESENHOS DE REFERÊNCIA: (REFERENCE DRAWINGS)</p> <p>1 - ETB-GR-1295 - CASA DE FÓRÇA - PLANTA & SEÇÃO LONGITUDINAL (POWERHOUSE - PLANT & LONGITUDINAL SECTION)</p> <p>2 - ETB-GR-1298 - LOCALIZAÇÃO DA CASA DE FÓRÇA & SUBESTAÇÃO (LOCATION OF THE POWERHOUSE & SUBSTATION)</p>	<p>005 - A escala refere-se ao original (The scale refers to the original)</p> <p>NOTAS: 1 - COTAS EM MILÍMETRO</p>	<p>SECRETARIA TÉCNICA</p> <p>CARLOS BERNHARDT JUNIOR</p> <p>C.F.L.P.</p> <p>COMPANHIA FÓRÇA E LUZ DO PARANÁ</p> <p>USINA H.E. DE GUARICANA - INSTALAÇÃO DA UNIDADE Nº 3 (GUARICANA H.E. DEVELOPMENT - INSTALLATION OF UNIT Nº 3)</p> <p>CASA DE FÓRÇA - SEÇÕES TRANSVERSAIS (POWERHOUSE - CROSS SECTIONS)</p> <p>ESCALA 1:100</p> <p>DES. Nº ETB-GR-1297</p>
---	---	---	--



NOTAS:

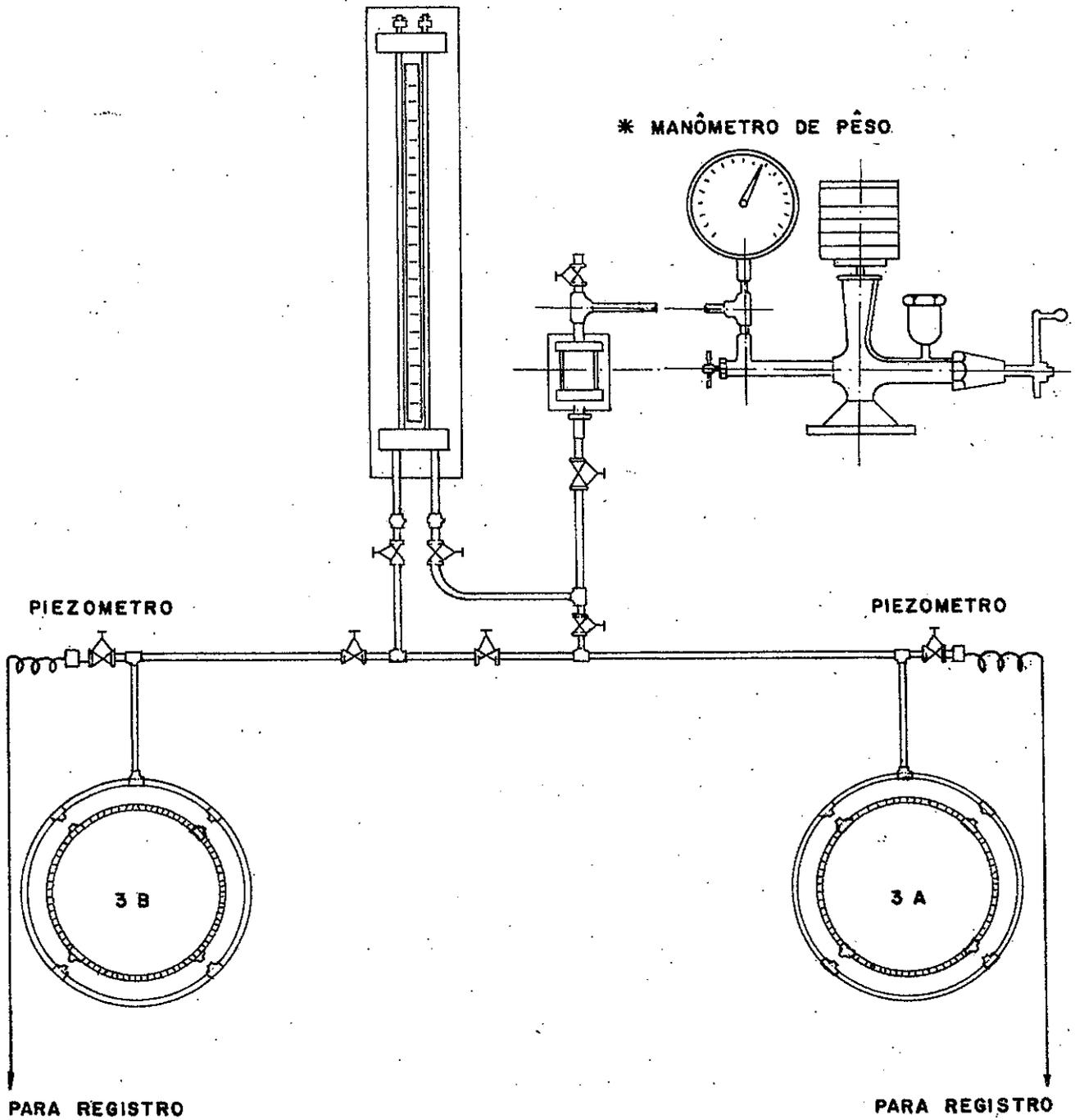
- 1- DIMENSÕES EM MILÍMETRO
- 2- D= 710
- 3- ESCALA 1: 100

SKETCH SK-20/71

**LOCAÇÃO DAS TOMADAS DE PRESSÃO
NO PENSTOK DA UNIDADE Nº 3**

* * MANÔMETRO DE MERCÚRIO

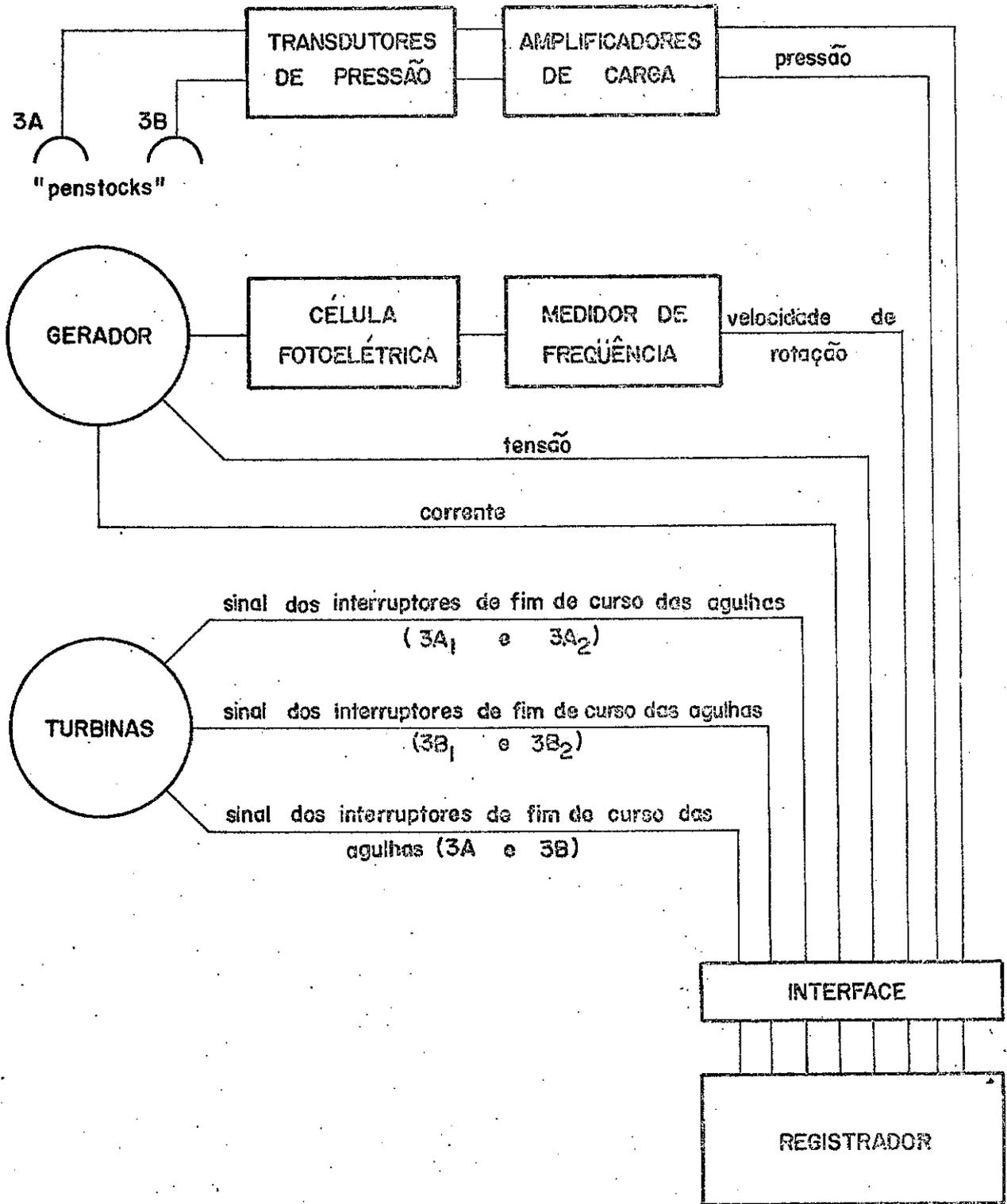
* MANÔMETRO DE PÊSO

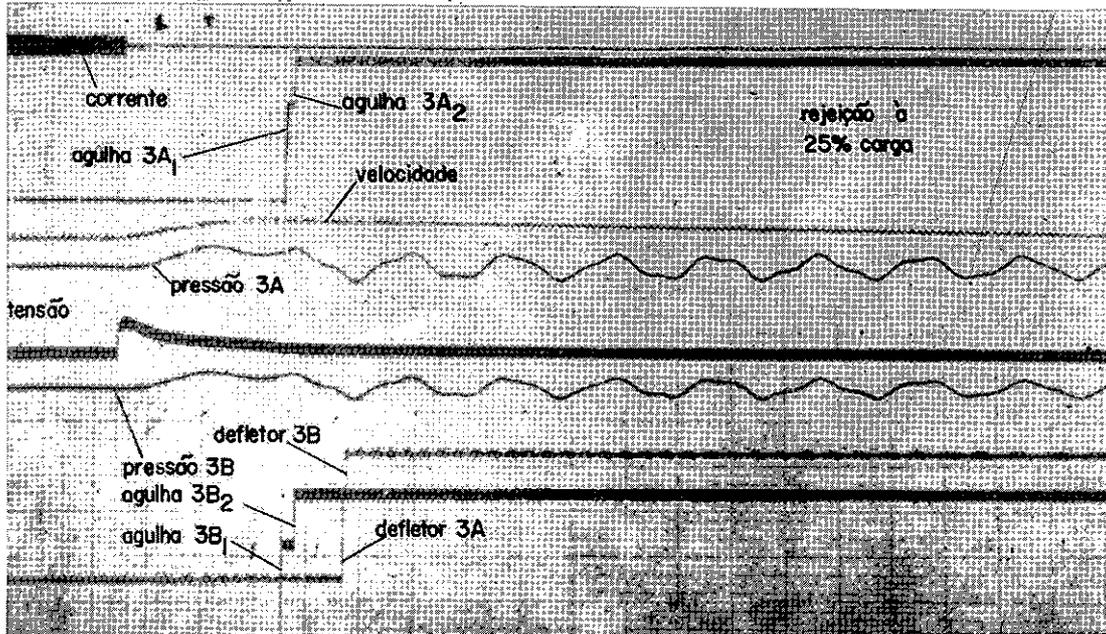


NOTAS:

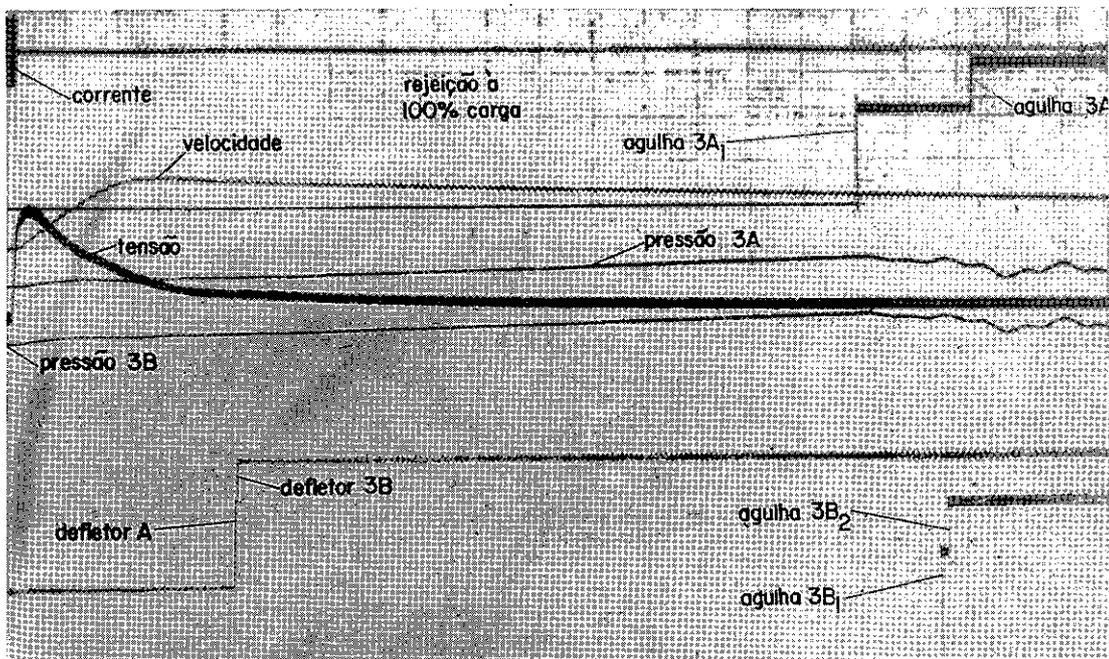
- * LIGHT (EMPRÉSTIMO)
- ** CPFL (EMPRÉSTIMO)
- DEMAIS INSTRUMENTOS IPT
- TUBULAÇÕES REGISTRO ETC- CFLP

SKETCH SK-21/71





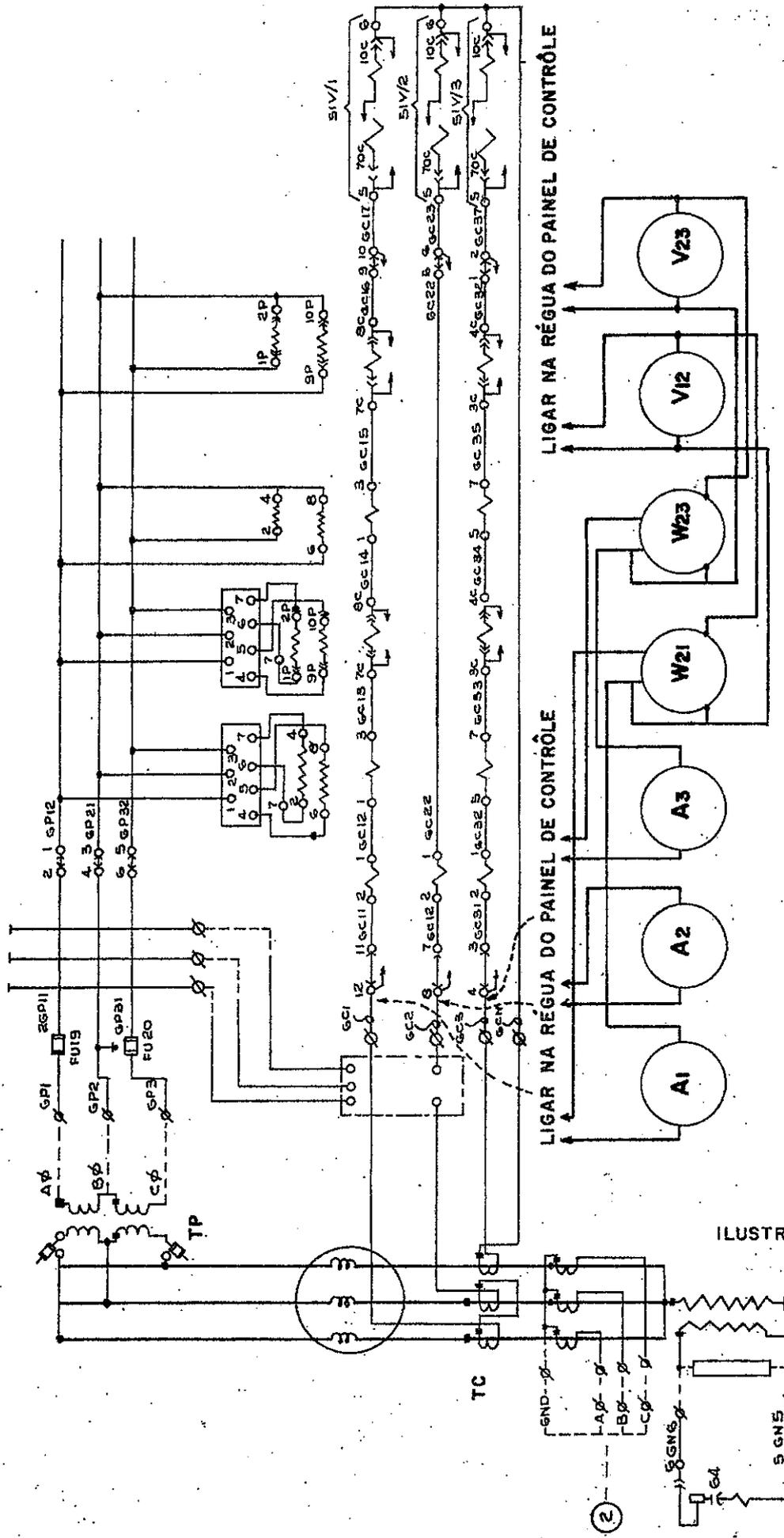
ENSAIO A 25% DE ABERTURA



ENSAIO A 100% DE ABERTURA

METODOLOGIA

SP/GPH/03



LIGAR NA RÉGUA DO PAINEL DE CONTRÔLE

LIGAR NA RÉGUA DO PAINEL DE CONTRÔLE

ILUSTRAÇÃO 2.3-1.

SP/GPH/03

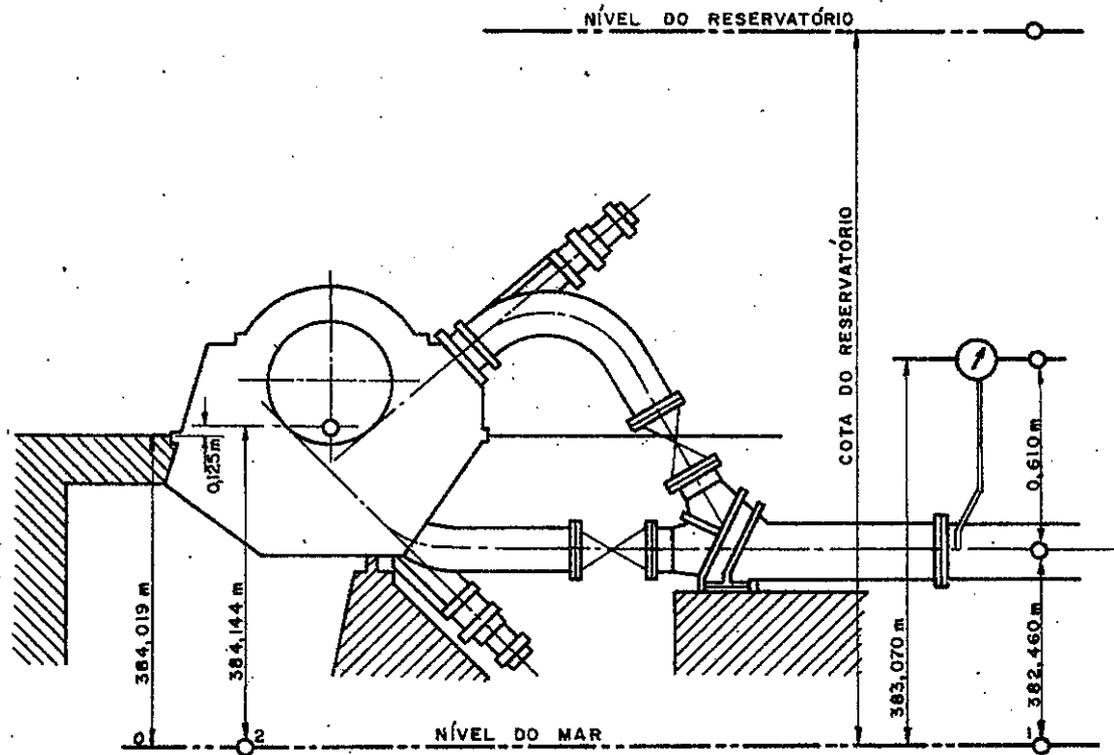
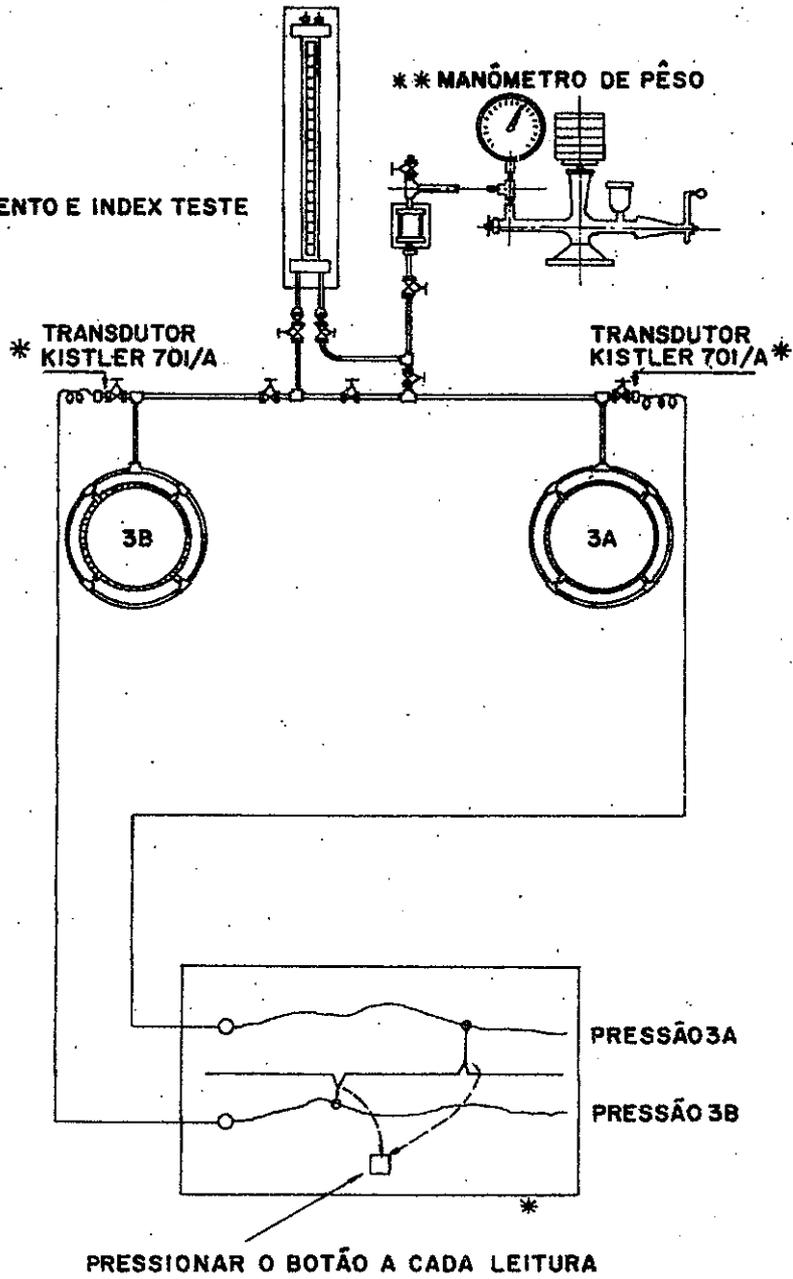


FIGURA 2 - COTAS DE PONTOS IMPORTANTES DA USINA

ENSAIO DE RENDIMENTO E INDEX TESTE



LEGENDA

- CFLP
- * IPT
- ** LIGHT
- *** CPFL

SK 24/71

SP/GPH/03

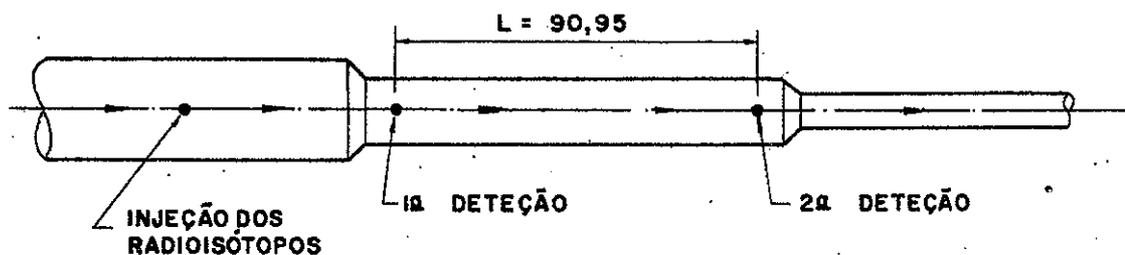
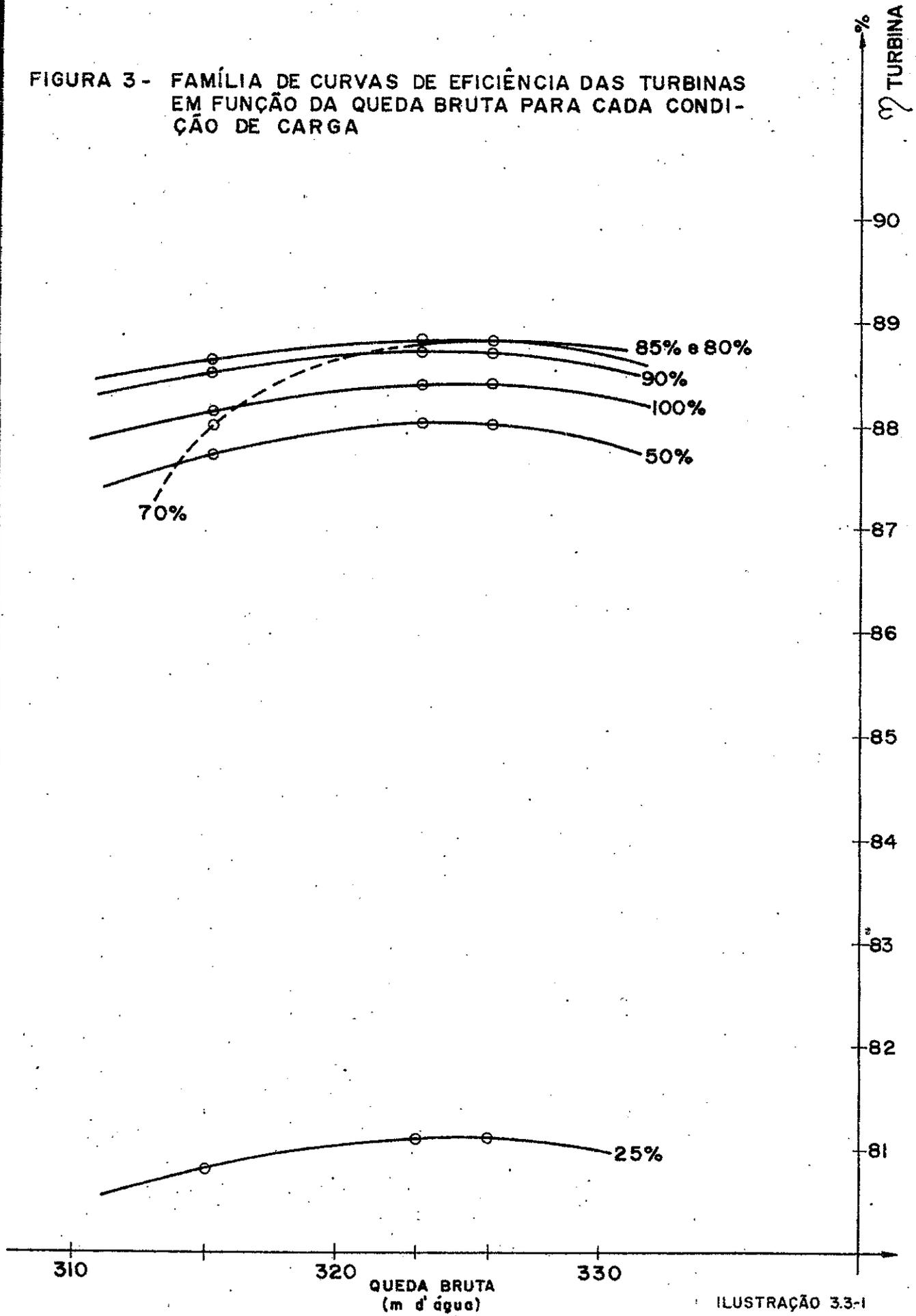


FIGURA 1

**CURVAS DAS EFICIÊNCIAS DAS TURBINAS
GARANTIDAS PELA HITACHI**

**FIGURA 3 - FAMÍLIA DE CURVAS DE EFICIÊNCIA DAS TURBINAS
EM FUNÇÃO DA QUEDA BRUTA PARA CADA CONDIÇÃO
DE CARGA**



η TURBINA
%

CURVAS DE EFICIÊNCIAS DETERMINADAS COMPARADAS COM AS GARANTIDAS PELA HITACHI

QUADRO DE VALORES DAS CURVAS

TURB.	CARGA %	EF. DET.	EF. HITACHI
3 A	50	88,07	87,95
	80	89,15	88,96
	100	88,31	88,30
3 B	50	87,86	87,95
	80	88,70	88,96
	100	87,03	88,30

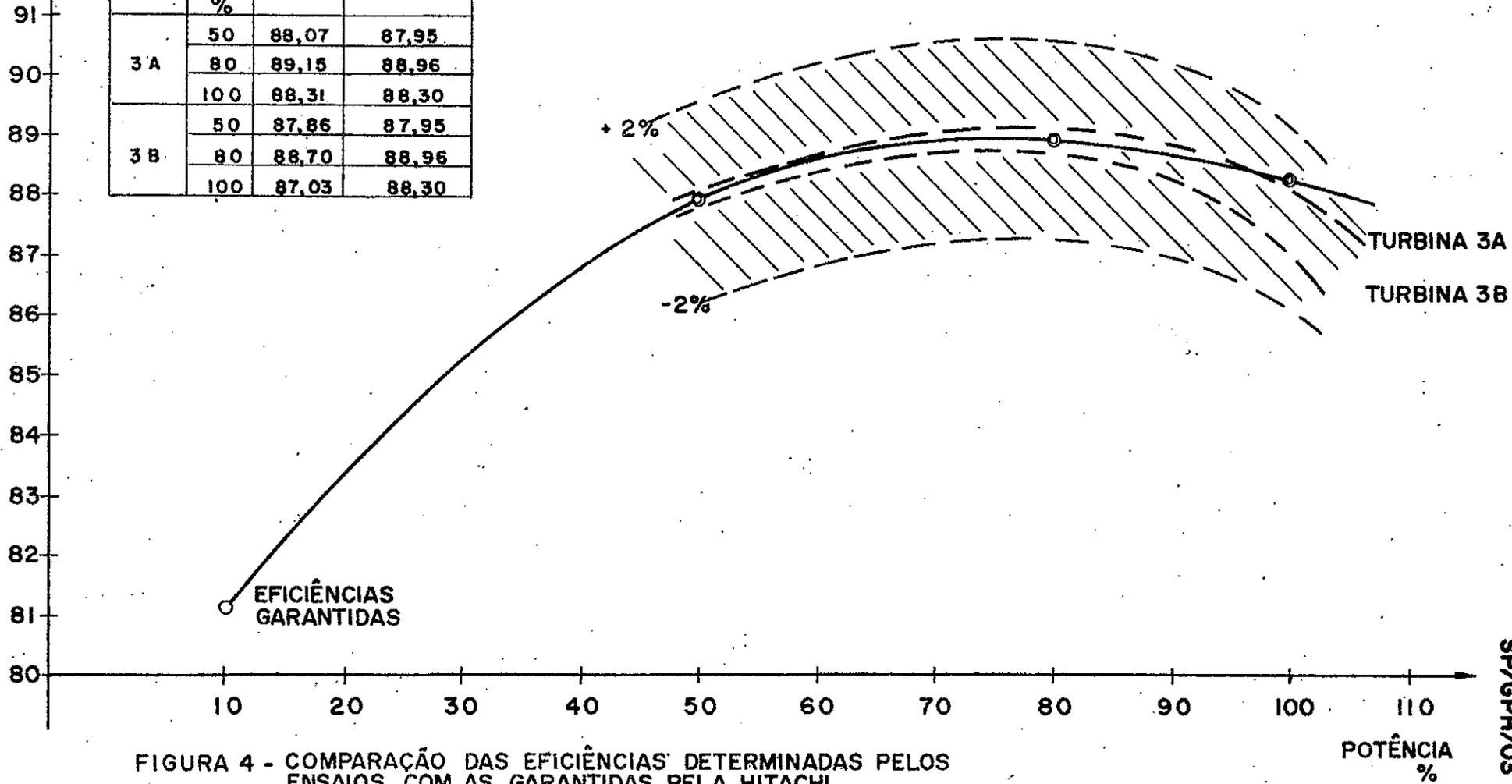


FIGURA 4 - COMPARAÇÃO DAS EFICIÊNCIAS DETERMINADAS PELOS ENSAIOS COM AS GARANTIDAS PELA HITACHI

SP/GPH/03

EFICIÊNCIAS GARANTIDAS DO GERADOR

η GERADOR %

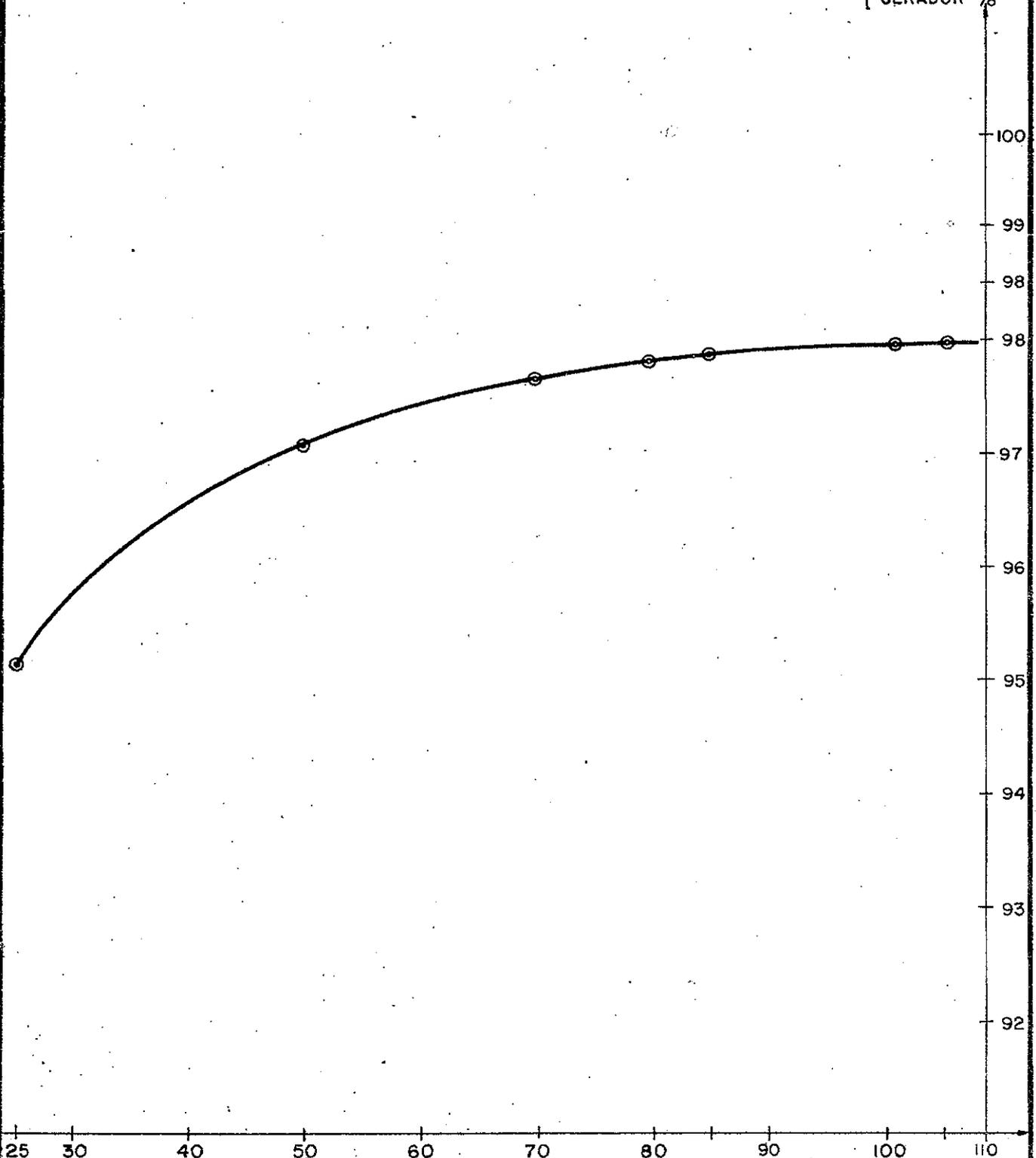
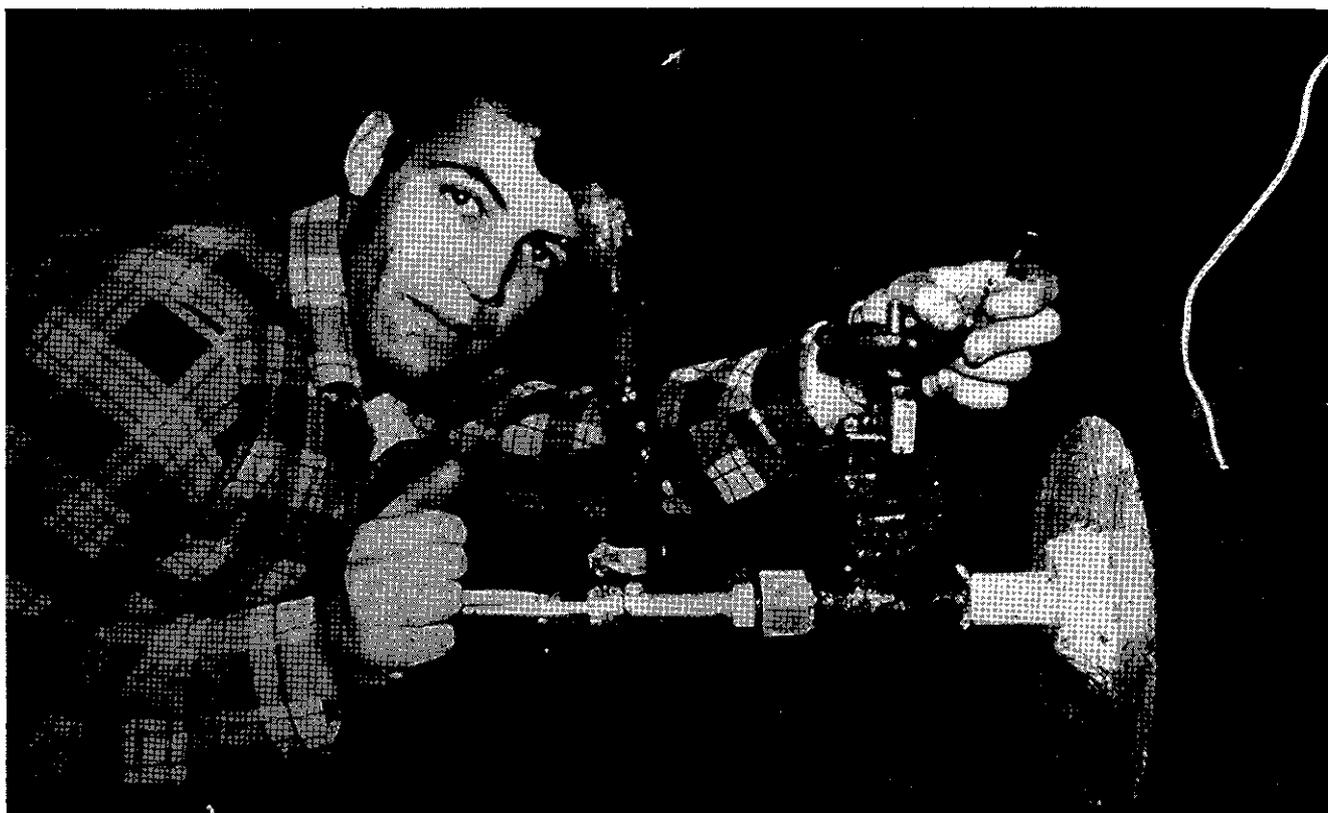


FIGURA 5 - CURVA DAS EFICIÊNCIAS GARANTIDAS DO GERADOR

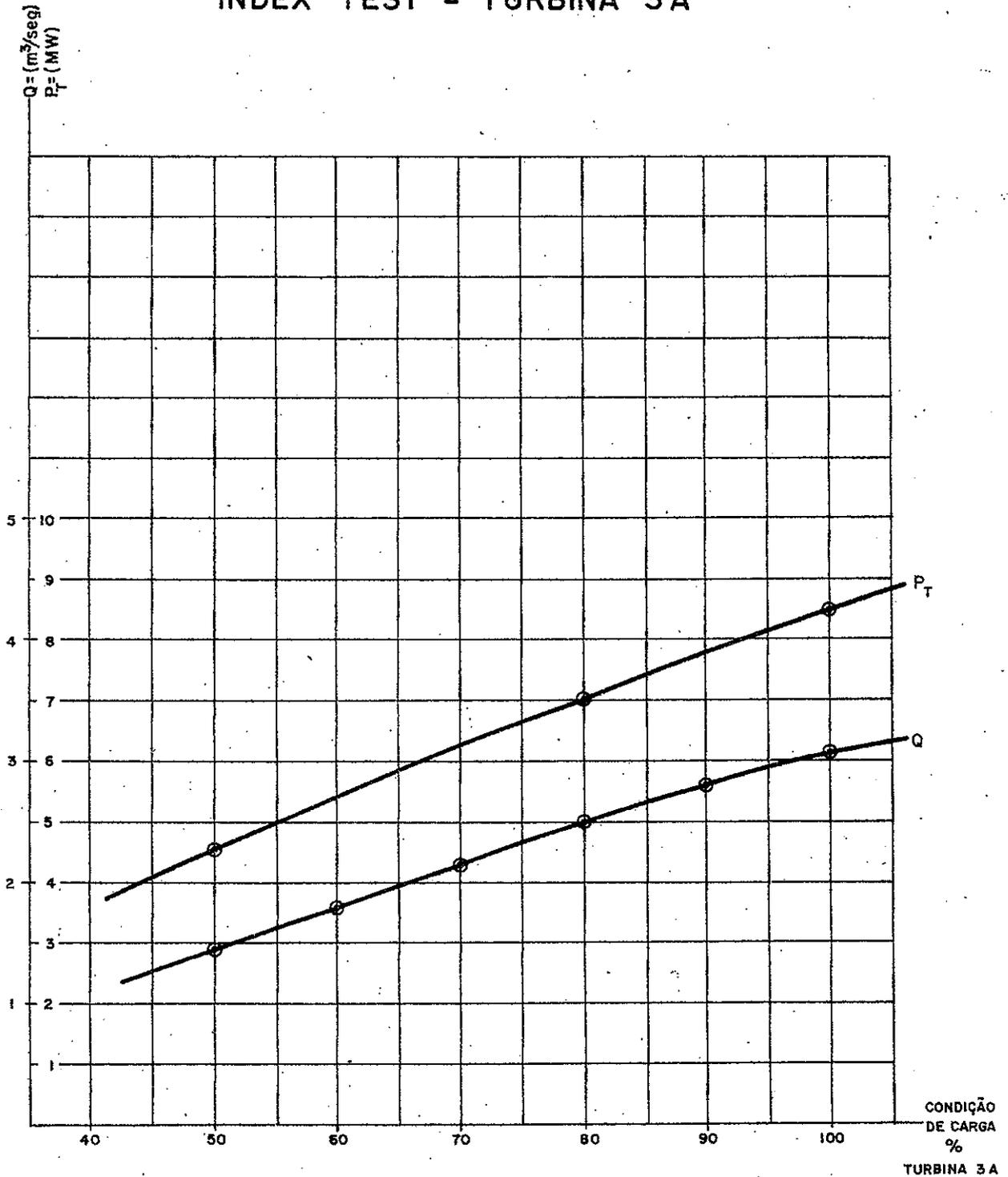
ILUSTRAÇÃO 3.3-4



SP/GPH/03

FIGURA 6

INDEX TEST - TURBINA 3A

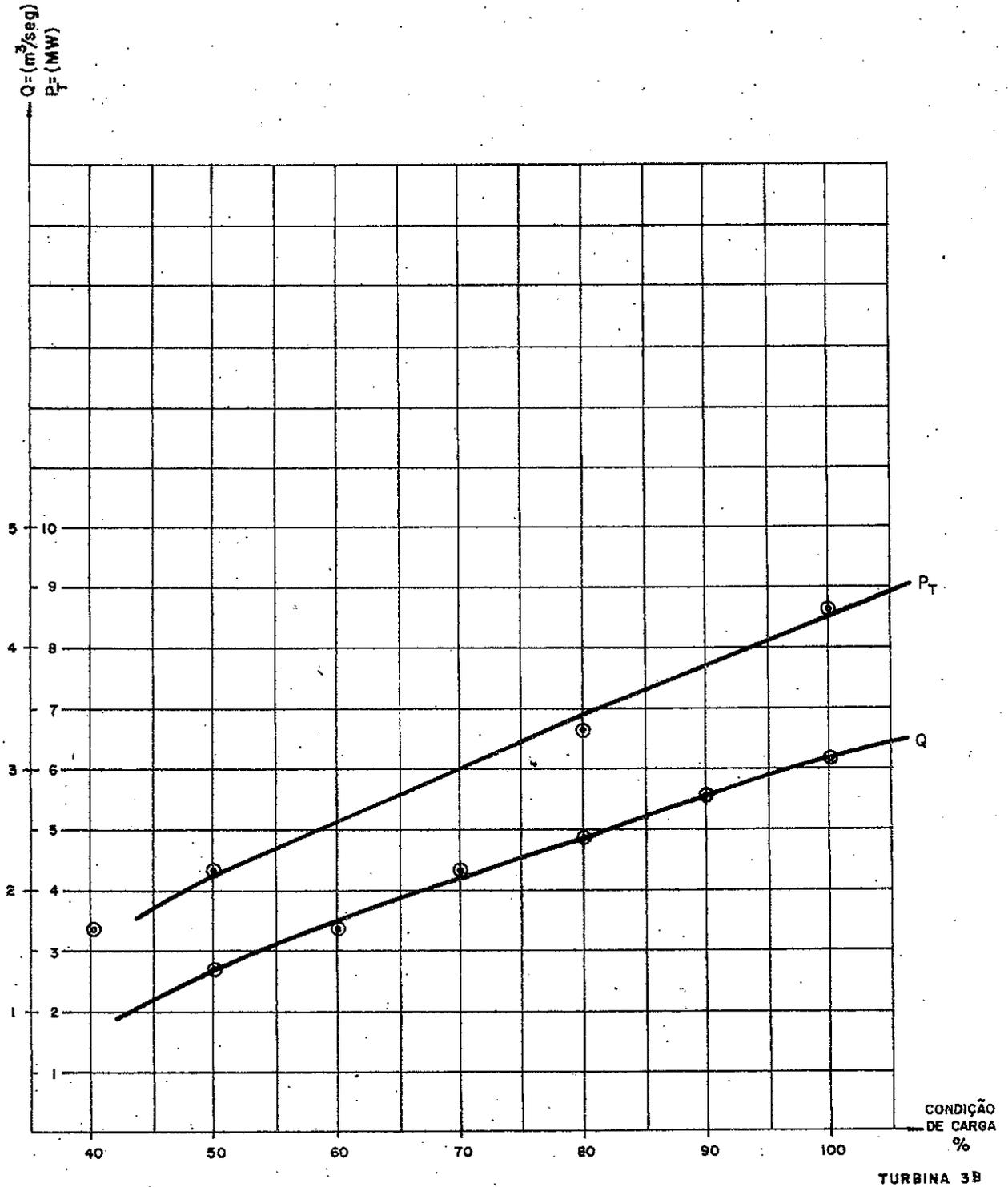


CURVA DE VAZÃO E POTÊNCIA TRANSFERIDA EM FUNÇÃO DA CARGA DA TURBINA

SP/GPH/03

FIGURA 7

INDEX TEST - TURBINA 3 B



CURVA DE VAZÃO E POTÊNCIA TRANSFERIDA EM FUNÇÃO DA CARGA DA TURBINA