

Um Novo Tipo de Tomada de Água para Máquinas Hidráulicas

Pelo General de Divisão — **Leonino Junior**, Engenheiro Civil e Militar — Professor e Supervisor do Laboratório de Hidráulica e de Mecânica dos Fluidos do Instituto Militar de Engenharia — IME.

I — CONSIDERAÇÕES GERAIS

Sabem muito bem, aqueles que se dedicam à hidráulica, que um dos elementos principais para o bom funcionamento de uma usina hidro-elétrica são as suas tomadas de água, destinadas a realizar a difícil e importante transposição da água, de parte mais elevada a montante, ou seja do reservatório de acumulação, da bacia de sedimentação ou mesmo de um conduto de adução, conforme o caso, até a entrada dos condutos forçados (ou "pennstocks") que vão ter às máquinas ou turbinas, onde a energia da água será então convertida em energia mecânica.

Evidentemente o problema é bastante antigo e vem de tempos remotos, desde que o homem começou a empregar a energia da água em seu proveito.

Naturalmente, daí até os nossos dias, com a constante e recentemente formidável evolução da ciência, muito tem sido feito nos domínios da Hidráulica.

Todavia, a técnica e a ciência não podem nem devem parar nunca, na luta prodigiosa que trava o homem, em busca de um desenvolvimento cada vez maior dos imensos e ilimitados domínios dos seus conhecimentos, que hoje já se ampliam até os espaços interplanetários e cujos limites, dentro do universo, somos ainda incapazes de avaliar.

Assim pensamos sempre no nosso trabalho diário, buscando constantemente a evolução, procurando sempre melhorar e, sem perder tempo, percorrendo caminhos já trilhados ou campos já dominados, tudo fazemos, no nosso modesto e limitado domínio de ação para, dentro desse programa grandioso, abranger, tanto quanto nos é possível, algo mais que nos dê alento e que pelo menos nos dê a impressão de que não estamos marcando passo e sim estamos, no mínimo, tentando galgar mais um degrau ou obter um pouco mais de progresso.

Somos por isso, dentro do nosso trabalho, fundamentalmente contra o tradicionalismo, contra o apego enraizado às velhas idéias, que revelam tendências para o obsoletismo.

É claro, é evidente, que o cabedal, que o tiorcinio do passado, existem, têm valor, e que sôbre êles se fundamenta todo o desenvolvimento do presente, graças ao trabalho, à dedicação, ao valor, dos que souberam, através dos tempos, ir acrescentando novos marcos na marcha ascendente dos conhecimentos humanos.

Mas nós, que estamos vivendo a época presente, também temos uma tarefa a cumprir e é nosso dever tentar, pelo menos, dentro do nosso domínio de atividades, no máximo de nossas possibilidades, fazer algo em prol dessa evolução.

Sob tais aspectos, além disso, a Hidráulica em nosso país apresenta características especiais, pois que, devido aos nossos limitados recursos nesse setor até então, eramos obrigados a apelar para laboratórios estrangeiros e a aceitar e utilizar elementos, dados e valores, talvez muito compatíveis com as condições peculiares ali existentes, mas provavelmente muito em desacordo com o panorama brasileiro, com as nossas condições naturais.

Felizmente, de alguns anos para cá, tais aspectos têm mudado consideravelmente e nos dias que correm estamos perfeitamente capacitados e aparelhados para enfrentar e resolver nossos casos, nossos problemas, nossos projetos, por mais amplos e complexos que êles sejam. E ai estão, para exemplo e prova do que estamos afirmando, as formidáveis realizações da engenharia hidráulica brasileira nos últimos anos, algumas delas citadas como exemplo de obras impares no mundo todo, como é o caso do novo sistema de abastecimento de água do Rio de Janeiro.

Foi com tais pensamentos que, mais uma vês, procurando bem cumprir nossas obrigações na so-

lução de importantes problemas ligados a uma das nossas maiores realizações nos domínios da hidráulica, qual seja a Usina Hidro-Elétrica de Paulo Afonso, obtivemos resultados excepcionais na parte referente às tomadas d'água e que, julgando ser novidade absoluta, resolvemos divulgar para conhecimento dos que se interessam pelo assunto.

Acontece que a Companhia Hidro-Elétrica do São Francisco que, de longa data já, vem nos honrando com a sua confiança, utilizando a nossa colaboração para a solução de vários casos relacionados com as suas atividades, tem as suas atenções voltadas para a instalação de mais 8 grandes unidades que, adicionadas às 9 primeiras, darão a Paulo Afonso um considerável aumento de potencial na sua missão altamente patriótica, de fornecer energia para vários Estados do Brasil.

Como não poderia deixar de ser, a Direção Técnica daquela entidade vem muito acertadamente lançando mão dos valiosos e modernos estudos sôbre modelos reduzidos, visando, com isso, obter as soluções mais adequadas, mais econômicas e mais perfeitas para cada caso. Foi assim que, através da experimentação, pesquisando o tipo de tomada de água que melhor se adaptaria às condições impostas, fomos levados a uma solução muito interessante, de grande simplicidade e eficiência, e que, devido ao aspecto que apresenta, resolvemos denominar de tipo "cachimbo".

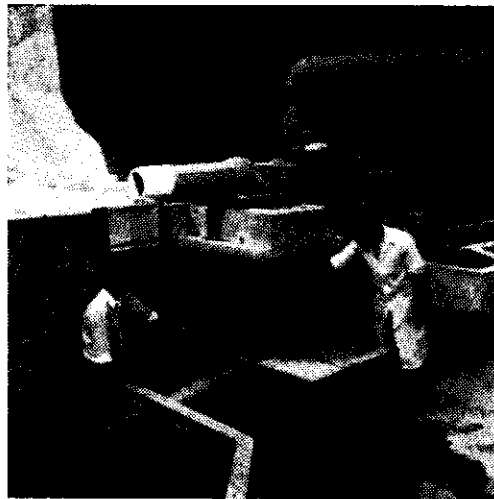
Antes porém de passar a descrever a referida tomada, faremos, no ítem que se segue, algumas considerações sôbre tomadas de água, de um modo geral.

II — ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SÔBRE TOMADAS D'ÁGUA

De um modo geral, as tomadas d'água destinadas às turbinas hidráulicas, estão filiadas a três tipos principais, que vêm sendo universalmente adotados, que passaremos a citar e que estamos apresentando esquematicamente nas Figs. 1, 2 e 3.

1 — O tipo Tulipa

Para empregar expressão de nossa língua — que poderíamos também chamar de "bôca de sino" ou "margarida" (Fig. 1) e que na língua inglesa tem as denominações de "shaft", "bell-mouth", "morning glory" ou ainda "glory hole".



Fotografia 1 — A equipe de trabalho, operando o modelo de uma tomada isolada.

2 — O tipo Torre

Que se caracteriza por uma estrutura dessa natureza (Fig. 2), constituída por pilares de concreto, dispostos em círculo ou semi-círculo.



Fotografia 2 — Vista de detalhe do modelo notando-se a moldagem em gesso, para obtenção da forma final.

3 — O tipo Convencional

Formado por uma embocadura, no interior da qual se situa uma comporta, geralmente de tipo "setor" ou "radial" (Fig. 3).

Para bem justificar o nosso partido, façamos algumas considerações sôbre os tipos acima.



Fotografia 3 — O conjunto de tomadas já pronto, para ser instalado no modelo geral, de estudo da bacia.



Fotografia 4 — Vista em perspectiva das tomadas, em funcionamento no modelo geral.

1 — O TIPO TULIPA

Este tipo de tomada, até a presente data, ao que sabemos, tem tido as suas aplicações limitadas, ainda desperta controvérsias sobre a sua eficiência e, a nosso ver, ainda não foi convenientemente estudado com vistas à sua aplicação como tomada d'água.

Seu emprego mais difundido tem sido como **extravador ou sangrador** em barragens de terra, pelas razões que bem conhecemos, peculiares a essas barragens. Mesmo assim, ainda apresenta êle certos aspectos particulares bastante controversos, sendo sua aplicação, em tais casos, relativamente

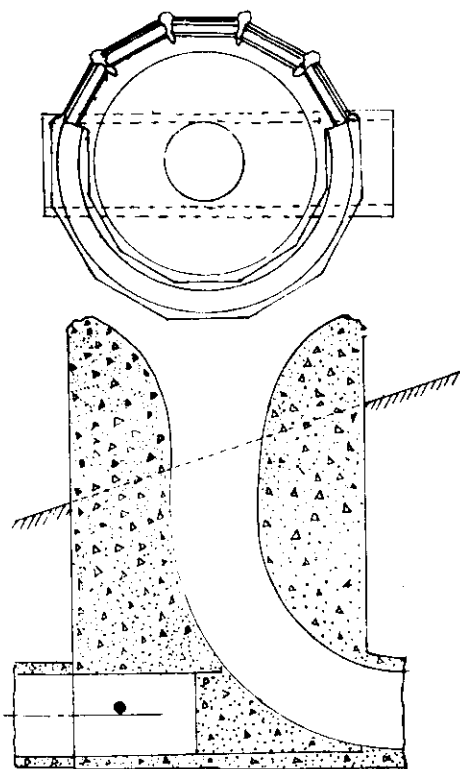


Fig. 1 — Tomada do tipo tulipa, vista em planta e em corte.

recente e não muito freqüente. Com sua posição invertida, êle vem a constituir a embocadura dos condutos de aspiração ou sucção das bombas, com aplicação muito mais ampla, porém com certos aspectos de funcionamento totalmente diferentes, mais ainda sujeitos a certas imprevisões ou deficiências. Tanto é assim que, simpósios têm sido realizados a seu respeito ("Morning Glory Shaft Spillways — A Symposium" American Society of Civil Engineers — Transactions Paper n.º 2802 — Vol. 121 — 1956 — Págs. 311, 409 — New York — E. U. A.) e ainda recentemente e erudita e respeitável "Societè Hydrotechnique de France", realizou uma investigação ou pesquisa dentre os laboratórios e organizações especializadas no mundo todo, no intuito de verificar até que ponto haviam evoluído os conhecimentos dos estudiosos e pesquisadores sobre importantes aspectos ligados ao funcionamento e ao emprego do dispositivo. Essa investigação, que foi feita por meio de questionários especiais, foi denominada de "Enquete Vortex" e os seus resultados, bem reduzidos a nosso ver, foram divulgados em um interessante e útil folhêto, organizado pela Sociedade e publicado em novembro de 1964.

Em nosso laboratório, visando principalmente o problema de Paulo Afonso, realizamos interessantes estudos com vistas ao emprego desse tipo de

tomada, tendo chegado a importantes conclusões, que infelizmente não podemos aqui relatar, para não alongar demasiadamente este trabalho e para não fugir ao tema visado. Seria bem o caso de voltar a tratar do assunto em publicação posterior, tais as considerações que êle comporta, face aos resultados por nós obtidos. Cumpre, no entanto, destacar que as tomadas das máquinas de 1 a 6, já em funcionamento em Paulo Afonso e, dentro em breve, mais as de números 7 a 9, obedecem ao tipo considerado. Faremos, dentro em breve, uma publicação a respeito do assunto.

2 — O TIPO TORRE

Salvo ligeiras modificações, peculiares a cada caso, julgamos que este tipo de tomada já tem as suas aplicações perfeitamente definidas e já se acha devidamente estudado e aperfeiçoado atualmente.

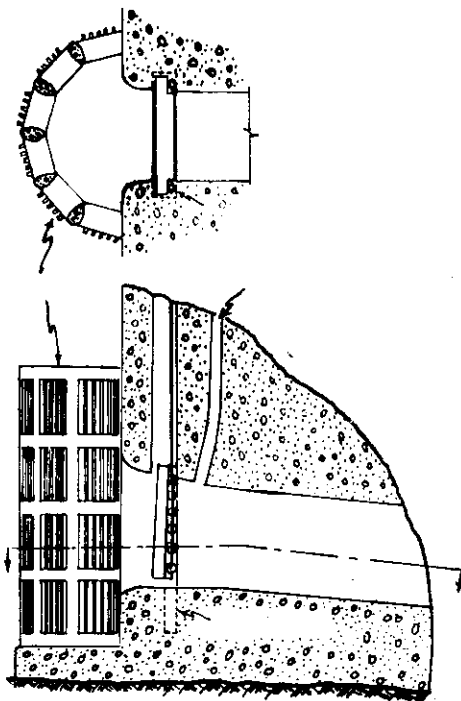


Fig. 2 — A tomada clássica do tipo torre, vista em corte e em planta

Qualquer falha ou deficiência que por acaso ocorrer, resultará apenas, pensamos, de emprêgo inadequado ou de defeito no projeto. Os tratados especializados e a farta documentação existente a respeito, poupam-nos o trabalho de tecer maiores considerações sobre este tipo, cumprindo-nos destacar apenas que êle não se presta, em princípio, para tomadas das chamadas usinas a fio d'água, ou seja, para as instalações que não dispõem de reservatório de acumulação.

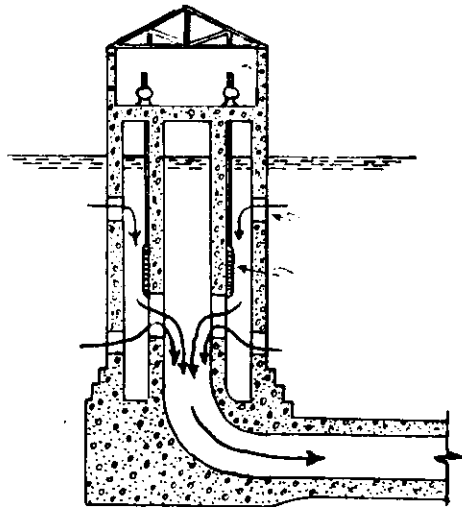


Fig. 2A — Corte vertical de um outro sistema de tomada tipo torre.

3 — A TOMADA CONVENCIONAL

Corresponde este tipo ao que vem sendo comumente e tradicionalmente empregado na maioria das instalações hidro-elétricas, existentes no mundo todo. Conforme está indicado na fig. 3, dispõe êle de uma embocadura, que apresenta certas modificações para cada caso, no interior da qual se situa o dispositivo de controle de admissão da água, ou seja, uma comporta, normalmente do tipo radial ou setor e eventualmente tipo vagão ou plana. Pela sua freqüência de aplicação, tem sido ampla e detalhadamente estudado e projetado para inúmeras instalações, já realizadas no mundo todo. Sua origem data provavelmente dos tempos em que a hidráulica experimental ainda não havia assumido o papel de relêvo que hoje desempenha na técnica moderna, quando os projetos, por mais importantes que fossem, eram fruto dos conhecimentos teóricos, do tirocínio, do bom senso e do sentimento do projetista. Daí, julgamos, vir ela sendo adotada tão frequentemente, porque é apresentada na totalidade dos livros especializados, porque é encontrada em grande número de obras já construídas, tal como se passa com tantos outros aspectos e princípios da hidráulica, que já deviam estar totalmente modificados ou corrigidos em publicações recentes.

A respeito de tais reproduções em nossa ciência, já temos nos referido mais de uma vez, alertando os inexperientes, os menos avisados sobre os erros e perigos de tal procedimento. O fato é que, lidando há bastante tempo na experimentação, como é o nosso caso, e tendo a oportunidade de por a prova, experimentalmente, através da ferramenta formidável do modelo reduzido, certas indicações contidas em obras de autores altamente credenciados, temos sido surpreendidos por verdadeiros dis-

parates, que nos deixam em sérias dificuldades para esclarecer os contrastes e para chegar finalmente à conclusão de que o modelo está falando corretamente como sempre, com a fidelidade impressionante que normalmente o caracteriza, a ponto de nos deixar a nós, os experimentadores, verdadeiramente espantados, tal a coerência e a veracidade dos resultados fornecidos.

Pois bem, que atentem para o que vamos declarar e que nos contestem os que tiverem argumentos positivos e reais para fazê-lo:

- o tipo de tomada a que estamos nos referindo, vem apresentando sérias e acentuadas deficiências quando estudado experimentalmente, com vistas à sua adoção em projetos importantes, a tal ponto que nos levam a pensar na **necessidade de introdução de importantes modificações em sua concepção, por estar se tornando cada vez mais obsoleto.**

Caso temos tido em que êsse tipo de tomada tem sido totalmente abandonado, tais os inconvenientes que apresenta.

E aqui vai, em acréscimo ao que declaramos, a razão fundamental do que está se verificando, face as conclusões obtidas nos estudos experimentais:

- o tipo de tomada clássica, possui um dispositivo de contrôle que cria uma solução de continuidade, uma perturbação séria, justamente no ponto mais crítico do dispositivo, ou seja, na região em que se dá, de modo mais acentuado, a conversão da energia de posição nas outras formas de energia a utilizar, ou seja, pressão e velocidade
- $$\text{(correspondentes as ordenadas } \frac{p}{\gamma} \text{ e } \frac{v^2}{2g} \text{ do teorema de Bernoulli).}$$

Como consequência disso, impõe-se a retirada desse dispositivo da situação em que se encontra, prejudicando o escoamento, dando margem ao aparecimentos de fenômenos altamente nocivos, especialmente vórtices, turbulências anormais, descontinuidades no escoamento, carregamento de ar, com tôdas as sérias e insolúveis consequências que daí resultam, em acréscimo à acentuada perda de carga que tais perturbações acarretam.

Foi pensando em tais fatos reais e positivos, foi sentindo na prática tais dificuldades, foi tentando saná-las, que chegamos às conclusões apresentadas e fomos levados a criar um nôvo tipo de tomada, não apegado a tradições dos velhos tempos da hidráulica, mas sim como fruto de sua evolução, à luz dos formidáveis e modernos recursos da experimentação.

Resolvemos denominá-lo de "cachimbo", dada a sua semelhança com êsse objeto, e passamos a apresentá-lo, justificando ainda mais as razões de sua adoção. Sua simplicidade e eficiência são impressionantes.

III — A TOMADA TIPO CACHIMBO

Como resultado do nosso trabalho de pesquisa sobre modelos, realizado durante anos no laboratório, procurando eliminar ou atenuar, tanto quanto possível, os inconvenientes apontados na tomada convencional, tomamos por base o seguinte princípio fundamental:

- realizar um dispositivo com apoio na teoria dos bocais da Mecânica dos Flúidos, no qual o elemento de contrôle não estivesse situado na zona crítica de conversão, apontada no ítem anterior. A solução encontrada foi de tal modo simples, que leva à incredulidade, principalmente àquelas que estão apegados aos antigos métodos e às velhas técnicas da remota e tradicional Hidráulica.

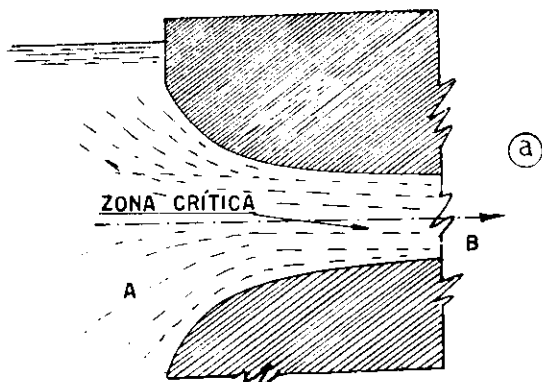
E êles então reagem e procuram contestar, tal como fariam se lhes afirmássemos os pontos fracos e as falhas de certos princípios, fórmulas e conceitos, que vem sendo transmitidos, como verdadeira herança, entre os que realizam publicações, como compiladores e não como conhecedores.

A tomada d'água por nós estudada apresenta, a nosso ver, características inteiramente originais e não temos conhecimento de que algo semelhante já tenha sido construído.

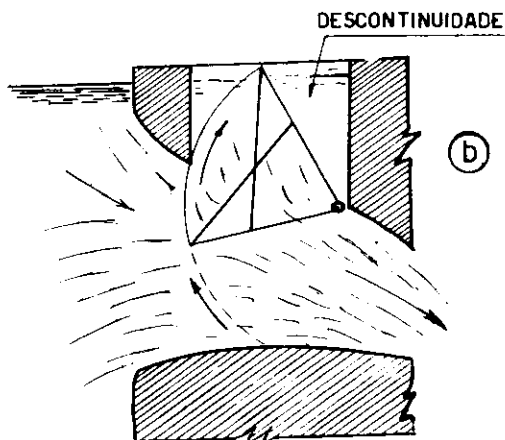
Nas figuras 4, a, b e c, estamos fazendo uma comparação entre o clássico bocal da Mecânica dos Flúidos, a tomada convencional e o nosso tipo de tomada.

Em 4-a está representada a zona crítica A-B na qual, conforme se sabe, deve se dar a transformação da energia potencial disponível, para se converter e se associar, se fôr o caso, aos dois tipos outros de energia, que poderão ser utilizados na máquina hidráulica e que, conforme já dissemos, são a energia de pressão e a energia cinética. Ora, sabemos que tal conversão deve se processar com o mínimo de perda de carga, para que o rendimento da instalação seja o máximo, conforme se deseja. Portanto qualquer acidente, qualquer solução de continuidade, que se manifestar nessa região crítica, mudará completamente o traçado da rêde de corrente (flow net), com os prejuízos daí decorrentes, que se traduzirão sob a forma de perda de energia ou seja, perda de carga.

4a — O bocal clássico da Mecânica dos Fluidos



4b — A tomada convencional com a zona de descontinuidade



4c — A tomada tipo cachimbo, com a modificação feita.

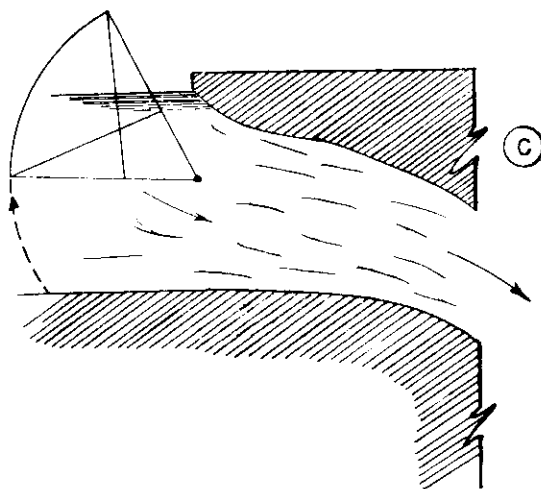


Fig. 4 — Justificativa do artifício empregado na tomada tipo cachimbo.

Ora, a chamada tomada convencional, por nós condenada, conforme estamos mostrando na Fig. 4-b, coloca, **exatamente nessa zona crítica, uma acentuada descontinuidade**, que se manifesta para qualquer posição da comporta, qualquer que seja o seu tipo, mesmo totalmente aberta. Além do mais, tal disposição complica a parte mecânica do sistema, tornando-o pouco prático e muito mais caro.

Finalmente, em 4-c estamos mostrando o simples artifício empregado no sistema cachimbo, que consiste apenas em deslocar o dispositivo de controle para montante, afastando-o da zona crítica e simplificando extraordinariamente a parte prática do sistema.

Eis portanto explicado de modo bem simples, sem o emprêgo de fórmulas ou complicadas e hipó-

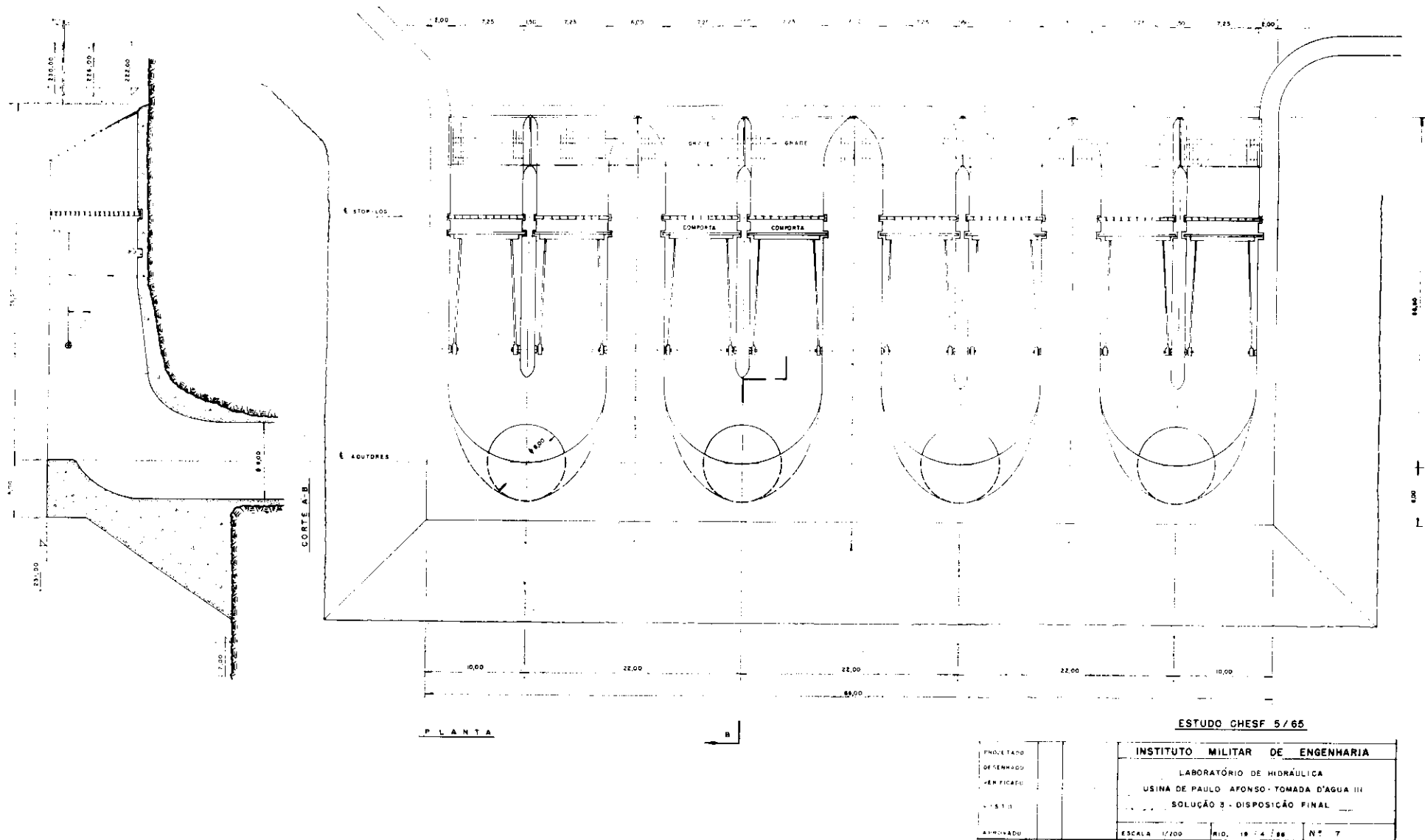


Fig. 5

téticas teorias, o que nos levou à adoção do nôvo tipo de tomada.

Analizando, minuciosamente as condições apontadas no laboratório, com o auxílio de modelos transparentes construídos de "plexi-glass" e realizando as medidas correspondentes de pressões e perdas de carga, sentimo-nos perfeitamente seguros ao fazer tais afirmações.

Passemos então a resumir o nosso julgamento sôbre a nova tomada.

A nosso ver ela reúne as vantagens e apresenta características que são peculiares à tomada clássica e ao tipo "morning glory".

São as seguintes as suas vantagens:

- 1 — É extremamente simples e portanto economicamente favorável.
- 2 — Pode ser empregada com qualquer tipo de comporta.
- 3 — Presta-se muito bem para ser associada a um sistema de retenção de material de arrastamento, de ocorrência tão comum em nossas hidro-elétricas.
- 4 — Funciona com base no princípio dos bocais da Mecânica dos Fluídos, realizando a conversão energética com um mínimo de perda de carga e ausência completa de fenômenos desfavoráveis, tais como vórtices, turbulências e descolamentos.
- 5 — Seu comprimento pode ser reduzido a valores mínimos, sem qualquer inconveniente para o funcionamento.
- 6 — Tem grande flexibilidade de emprêgo, não exigindo condições especiais para a sua instalação adequada.
- 7 — Possibilita a redução do vão livre para comportas ou "stop-logs", pelo fracionamento da entrada, com vantagens para o funcionamento.

A Fig. 5, que estamos apresentando, representa a tomada por nós estudada e indicada para a Usina-Hidro-Elétrica de Paulo Afonso, destinada às novas unidades que deverão ser ali instaladas, e cujo consumo será da ordem de 250 m³/s cada uma.

As fotografias mostram aspectos do estudo experimental feito, através do qual fomos conduzidos à obtenção da tomada tipo "cachimbo", depois de compará-la com outros tipos que poderiam ser empregados no caso.

A evidência dos resultados foi tão grande, que deixa de lado qualquer possibilidade de dúvidas e nos leva a condenar a tomada clássica, pelas razões indicadas.

IV — CONCLUSÕES

Esperamos, com a presente publicação, haver mais uma vez, apresentado um interessante e útil estudo experimental. No caso em apreço, achamos que êle se reveste de importância, pelo fato de termos a pretensão de descrever um tipo de tomada de água para instalações hidro-elétricas inteiramente nôvo e que se adapta muito bem às nossas condições naturais.

Além disso, possui êle as reais vantagens citadas, que nos levaram, com segurança, a abandonar o tipo clássico, pelas razões expostas. Aos que se interessarem pelo assunto, será com prazer que prestaremos maiores esclarecimentos, que deixamos de dar aqui para não alongar demasiadamente êste texto.

Que o nosso modesto trabalho cumpra as finalidades visadas, são os votos que fazemos, ao encerrá-lo. Mas não queremos deixar de fazê-lo sem mais uma vez alertar quanto a necessidade que temos, de adaptar os problemas de hidráulica ao nosso meio, às nossas condições naturais, fugindo, sempre que fôr o caso, ao perigo tentador das soluções convencionais que, se são muito boas para determinados casos ou situações, falham às vêzes lamentavelmente quando as condições de emprêgo se afastam daquelas para as quais foram criadas ou estudadas. No nosso caso, no nosso ambiente, para as nossas condições naturais e reais, tais fatos assumem, não raro, considerável importância e é preciso que estejamos atentos para não aceitar pura e simplesmente tudo aquilo que nos tentam impingir ou vender. Nessas situações, nada melhor do que apelar para os preciosos recursos da experimentação, feita em nossos próprios laboratórios, vendo para crer e olhando sempre para as peculiaridades e os recursos do nosso imenso e querido Brasil. A tomada tipo cachimbo, de nossa autoria, nada mais é do que uma comprovação disso.