DETERMINAÇÃO DE VAZÃO TURBINADA COM EMPREGO DE TRAÇADOR FLUORESCENTE

Rui Santiago de Sousa

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL.

Aprovada por:

Prof. João Sérgio Fajardo Roldão, M. Sc.
(Orientador)

Prof. Geraldo Wilson Júnior, Docteur d'Etat

Prof. Rubens Martins Moreira, Ph. D.

Prof. Otto Corrêa Rotunno Filho, Ph. D.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
JULHO DE 1997

SOUSA, RUI SANTIAGO DE

Determinação de Vazão Turbinada com Emprego de Traçador Fluorescente [Rio de Janeiro] 1997

XIII, 112 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M. Sc., Engenharia Civil, 1997)

Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Vazão Turbinada

I. COPPE/UFRJ II. Título (Série)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pelo graça alcançada ao concluir este trabalho.

Gostaria de agradecer também às pessoas e entidades que direta ou indiretamente me auxiliaram na elaboração desta Tese:

À minha esposa Hélen e filhas Stéphanie e Juliana, pela companhia e incentivo durante a elaboração desta Tese e pela compreensão devido às horas ausentes durante sua elaboração. Agradeço também à minha esposa pela excelente ajuda nos trabalhos de levantamentos de intensidades de fluorescências.

Aos meus pais e irmãos, pela formação moral e exemplo de força de vontade, que me incitaram a realizar, com determinação, todas as tarefas atinentes a esta Tese.

Ao professor João Sérgio Fajardo Roldão, pela amizade e objetividade de sua orientação, assim como pelo exemplo de dinamismo e liderança na chefia do Laboratório de Traçadores.

Aos componentes da banca examinadora, pela honra de tê-los como participantes deste trabalho.

A todos os professores que nos repassaram valiosos ensinamentos durante o curso de mestrado, principalmente aos professores Geraldo Wilson Júnior, José Paulo Soares de Azevedo e Flávio César Borba Mascarenhas, pelas suas amizades.

A todos os funcionários e estagiários do Laboratório de Traçadores, pelas suas amizades e auxílio no preparo, execução e análise das campanhas de determinação de vazões turbinadas na Usina Hidrelétrica de Funil, mais especificamente:
Ao Luís Cláudio Palhano Leal, pelo espírito de colaboração e dinamismo durante a preparação dos materiais e nos trabalhos de campo.
Ao José Otávio Goulart Pecly, pelo exemplo de paciência e colaboração nos trabalhos de campo e preparação de materiais elétricos.
Ao Cláudio Lima Lopes Ferreira, pelo senso de colaboração e meticulosidade no preparo do material elétrico e nos trabalhos de campo.
Ao Amauri Cavalcanti de Lima, pela indispensável colaboração atuando nos postos de injeção e nas leituras de intensidades de fluorescências.
Ao André Luís Rosa Fraga, pela grande colaboração no preparo dos equipamentos mecânicos e atuação nos trabalhos de campo.
Ao Henrique Costa de Mattos, pela disposição no preparo do
Ao Luciano Patrício, pelo apoio na preparação dos engradados. material e pelo seu trabalho silencioso e eficiente.
Ao Franklin Gonçalves de Oliveira Sobrinho, pela atuação no setor de compras e nos trabalhos de campo.
À Glória Maria Cardoso da Rocha, pelo apoio nos trabalhos burocráticos.

Ao Exército Brasileiro, pela oportunidade de aprimoramento pessoal que me foi concedida.

À empresa FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S. A., que nas pessoas dos Drs. Erton Carvalho e Antônio Maia, viabilizou a realização deste trabalho.

RESUMO DA TESE APRESENTADA À COPPE/UFRJ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS (M. Sc.)

DETERMINAÇÃO DE VAZÃO TURBINADA COM EMPREGO DE TRAÇADOR FLUORESCENTE

RUI SANTIAGO DE SOUSA

JULHO DE 1997

ORIENTADOR: João Sérgio Fajardo Roldão.
PROGRAMA: Engenharia Civil.

RESUMO

O presente trabalho discute a utilização de traçadores fluorescentes na determinação de vazões turbinadas em hidrelétricas de médio e grande porte (10 a 100 m^3/s e maiores que 100 m^3/s, respectivamente).

O método utilizado para a determinação de vazões turbinadas foi o Método da Diluição com Injeção Contínua de traçadores fluorescentes. Este método baseia-se no balanço de massa de traçador entre uma seção a montante, onde o traçador é introduzido no escoamento (posto de injeção), e uma seção a jusante, onde são coletadas amostras da água misturada com o traçador (posto de amostragem).

O posto de amostragem deve estar a uma distância suficientemente a jusante do posto de injeção para que ocorra o completo misturamento do traçador com a água do

escoamento escoamento. Esta premissa geralmente não ocorre nas grandes e médias hidrelétricas do Brasil, entre o posto de injeção e um posto de amostragem localizado antes da turbina. Porém, o funcionamento da turbina, durante as determinações de vazões, permite que se tenha, a jusante do tubo de sucção, no canal de restituição, completo misturamento do traçador com o escoamento. Procurou-se verificar a melhoria de misturamento do traçador com a água, no posto de amostragem situado a jusante do tubo de sucção, em relação ao posto de amostragem localizado na turbina.

Verificou-se que as fluorescências das amostras coletadas no posto de amostragem situado a jusante do tubo de sucção, no canal de restituição, apresentaram variações percentuais muito baixas em relação à média, o que indicou excelente misturamento do traçador com a água. O posto de amostragem localizado na turbina não apresentou a mesma performance, com variações percentuais muito elevadas em relação à média.

A influência no misturamento provocada por várias configurações de injeção (injeção multipontos) também foi objetivo de pesquisa desta Tese. Foram testadas algumas configurações práticas para injeção de traçador. Ficou constatado que as configurações de injeção com um ou dois pontos de injeção podem conduzir a um misturamento adequado do traçador no escoamento. As configurações com três ou quatro pontos de injeção também não apresentaram problemas de misturamento incompleto do traçador com o escoamento.

Três campanhas de ensaios de campo foram realizadas, na Usina Hidrelétrica de Funil (Itatiaia/RJ), que é uma usina típica de médio porte, com pequena distância de misturamento disponível entre o posto de injeção e o posto de coleta localizado na turbina.

As vazões turbinadas da segunda e terceira campanha, determinadas com o uso de traçadores fluorescentes, foram comparadas com as vazões fornecidas pelo corpo técnico da Usina Hidrelétrica de Funil.

As vazões determinadas durante a terceira campanha apresentaram valores similares para os métodos de traçadores fluorescentes e utilizado pelo corpo técnico da Usina Hidrelétrica de Funil. Durante a segunda campanha, as vazões determinadas com o uso de traçadores fluorescentes e fornecidas pelo corpo técnico da Usina Hidrelétrica de Funil, tiveram uma defasagem em torno de 10%.

ABSTRACT OF THESIS PRESENTED TO COPPE/UFRJ AS PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (M. Sc.)

TURBINE FLOW MEASUREMENTS WITH DYE TRACERS

RUI SANTIAGO DE SOUSA

JULHO DE 1997

CHAIRMAN: João Sérgio Fajardo Roldão.
DEPARTMENT: Civil Engineering.

ABSTRACT

The present work discusses the utilization of dye tracers in the determination of turbine flows in medium and large water-power plants.

The method used for the determination of turbine flows was the Method of Dilution with continuous injection of dye tracers. This method is based in the balance of tracer mass between an amount section, where the tracer is introduced in the outflow (injection post), and a downstream section, where samples of the water mixed with the tracer (sampling post) are colected.

The sampling post should be at a distant enough downstream of the injection post so that complete mixing of the tracer with water occurs. This premise usually does not occurs in the large and medium water-power plant in Brazil, between the injection post and a sampling post located before the

turbine. However, the turbine working, during the determinations of flows, allows that the complete mixing of the tracer with water occurs downstream the suction tube, in the restitution channel. An attempt was made to verify the improvement of the mixing of the tracer with the water, occured in the sampling post placed downstream the suction tube, regarding the sampling post located in the turbine.

It was verified that the dyeings of the samples collected in the sampling post located downstream the suction tube, in the restitution channel, showed very low variations in relation to the average, which indicated an excellent mixing of the tracer with the water. The sampling post located in the turbine did not have a similar performance, showing very high variations in relation to the average.

The influence in the mixing caused by various injection configurations (multipoint injections) was also objective of research of this thesis. Some practical configurations for injection of tracer were tested. It was verified that the configurations with one or two points of injection may lead to a complete mixing of the tracer in the outflow. The configurations with three or four points of injection did not reveal problems of incomplete mixing of the tracer with the outflow too.

The field essays occured in three campaigns, in the Water-Power Plant of Funil (Itatiaia/RJ), which is a typical representative of medium-sized plants, with small distance of available mixing between the injection post and the collection post located in the turbine.

The turbine flows during the second to the third campaign, determined with the use of dye tracers were compared with the flows provided by the technical body of the Water-Power Plant of Funil.

The flows determined during the third campaign showed similar values, according to the method using dye tracers and to the method used by the technical body of the Water-Power Plant of Funil. During the second campaign, the flows determined with the use of dye tracers and provided by the technical body of the Water-Power Plant of Funil, had a difference of about 10%.

SIMBOLOGIA

SÍMBOLOS LATINOS

Símbolo	Descrição	Dimensão
a	Aceleração	LT^{-2}
C	Concentração	ML^{-3}
C_{est}	Concentração estimada	ML^{-3}
C_{inj}	Concentração de injeção	ML^{-3}
C_0	Concentração natural (de background)	ML^{-3}
C_{inj}	Concentração de injeção	ML^{-3}
C_{dil}	Concentração da alíquota após diluição	ML^{-3}
e_i	Erro individual	%
e_t	Erro total	%
F_{dil}	Fluorescência da alíquota após diluição	-
F_{pat}	Fluorescência da amostra	-
K	Constante linear entre concentração e fluorescência	-
L_{tub}	Comprimento de tubulação forçada	L
m	Média populacional	-
M	Massa	M
M_{tr}	Massa de traçador	M
M_{sal}	Massa de sal	M
M_{sol}	Massa de uma solução	M
P	Pressão estática	$ML^{-1}T^{-2}$
Q	Vazão	L^3T^{-1}
q_{inj}	Vazão de injeção	L^3T^{-1}
Q_{turb}	Vazão turbinada	L^3T^{-1}
Q_{est}	Vazão estimada	L^3T^{-1}
S	Seção transversal do "pen stock"	L^2
Sd	Desvio padrão	-
T	Distribuição de Student	-
t	Tempo	T
tp	Tempo de passagem	T
V	Velocidade média	LT^{-1}
v_{sol}	Volume de solução	L^3
$\overline{X}$	Média amostral	-

OUTROS SÍMBOLOS

Símbolo	Descrição	Dimensão
δ	Fator de diluição	-
ϕ_{tub}	Diâmetro de tubulação forçada	L

ÍNDICE PÁG.

1. INTRODUÇÃO 1

1.1 JUSTIFICATIVA 1
1.2 OBJETIVO 4

2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS 5

2.1 INTRODUÇÃO 5
2.2 TRAÇADORES 5
2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O EMPREGO DE TRAÇADORES NA DETERMINAÇÃO DE VAZÕES TURBINADAS 5
2.4 TRAÇADORES FLUORESCENTES 6
2.4.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS 7
2.4.2 ESCOLHA DOS TRAÇADORES FLUORESCENTES 7
2.4.2.1 COMPORTAMENTO DA URANINA E AMIDORODAMINA G DIANTE DOS FATORES REVERSÍVEIS E IRREVERSÍVEIS 8
2.5 DISTÂNCIA DE BOM MISTURAMENTO 10
2.5.1 MISTURAMENTO EM ESCOAMENTO TURBULENTO NUM CONDUTO CIRCULAR 10
2.5.2 DBM EM TUBULAÇÕES DE HIDRELÉTRICAS 14
2.6 QUEDAS, POTÊNCIAS E RENDIMENTOS DE HIDRELÉTRICAS 16
2.7 METODOLOGIA DE DETERMINAÇÃO DE VAZÕES TURBINADAS UTILIZADA PELO CORPO TÉCNICO DA UHE FUNIL (FURNAS) 18

3. MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE VAZÃO TURBINADA 21

3.1 INTRODUÇÃO 21
3.2 MÉTODO DE ALLEN 22
3.3 MÉTODO DA DILUIÇÃO 25
3.3.1 MÉTODO DA INJEÇÃO CONTÍNUA 27
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS ERROS EXPERIMENTAIS 31

4. METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE VAZÕES TURBINADAS COM EMPREGO DE TRAÇADORES FLUORESCENTES 34

4.1 PRÉ-DIMENSIONAMENTO 34
4.2 SISTEMA DE INJEÇÃO 38
4.3 COLETA DE AMOSTRAS 43

5. ENSAIOS REALIZADOS 48

5.1 CONFIGURAÇÕES DE INJEÇÃO 49
5.2 PRIMEIRA CAMPANHA 51
5.3 SEGUNDA CAMPANHA 53
5.4 TERCEIRA CAMPANHA 53

6. RESULTADOS OBTIDOS 56

6.1 CÁLCULO DAS VAZÕES TURBINADAS 56
6.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS 58
6.2.1 CONDIÇÃO DE MISTURAMENTO 59
6.2.2 CONFIGURAÇÃO DE INJEÇÃO 62
6.2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS ERROS 62
6.2.4 COMPARAÇÃO DOS VALORES MEDIDOS COM TRAÇADORES E VALORES NOMINAIS FORNECIDOS POR FURNAS 63

7. CONCLUSÕES 64

8. RECOMENDAÇÕES 66

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 67

APÊNDICE A 70

APÊNDICE B 71

APÊNDICE C 72

1. INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

No princípio da evolução humana, a única força que o homem dispunha para realizar suas tarefas diárias era a própria força muscular. Com o passar do tempo, o homem descobriu que a natureza era uma grande aliada na busca de melhores alternativas para o seu bem-estar. Deste modo, o homem passou a utilizar alguns recursos naturais e, dentre eles, os recursos de natureza hídrica.

Dentro deste contexto, o aproveitamento da energia hidráulica surgiu como solução para vários problemas do seu cotidiano. Surgiram, assim, inúmeras máquinas hidráulicas, dentre as quais destacam-se as turbinas hidráulicas, cuja origem remonta ao ano de 1827[1].

A enorme potencialidade hidro-energética brasileira faz com que as hidrelétricas assumam papel relevante no desenvolvimento do País e bem-estar do povo. Por sua vez, a medição de vazões turbinadas é uma atividade indispensável ao diagnóstico do comportamento das hidrelétricas, e nem sempre estas vazões turbinadas são determinadas com a precisão adequada.

SALGADO et alli[2] chegaram à conclusão que as vazões turbinadas das diversas Usinas Hidrelétricas da Cascata do Rio Grande apresentavam erros bastante pronunciados na sua determinação. Recomendaram ainda que as entidades do setor elétrico acelerassem o "desenvolvimento de novos estudos de consistência de dados de vazões das usinas, a fim de melhorar a precisão desses dados e com isto aumentar a

qualidade e precisão da previsão de vazões afluentes aos reservatórios, fornecendo subsídios para otimização do planejamento energético".

Em geral, existem inúmeros métodos para determinação de vazão, que vão desde simples placas com orifícios até aqueles que empregam equipamentos com princípios de funcionamento bem sofisticados, como o eletromagnético e o ultra-sônico.

Porém, nem todos os métodos de determinação de vazão são adequados à determinação de vazão turbinada. Tal fato decorre de características físicas e operacionais, peculiares a cada usina hidrelétrica, que podem dificultar a implementação dos equipamentos necessários à determinação da vazão turbinada.

Além disto, com a crescente demanda de energia no país, sem o devido acompanhamento de investimentos no setor, o sistema energético nacional ficou sobrecarregado. Portanto, não é recomendável que se utilize um processo de determinação de vazão turbinada que obrigue a paralisação da turbina

Um dos métodos empregados no Brasil para determinação de vazões turbinadas foi o Método Pico-a-Pico (Item 3.2), que utilizava a injeção de traçadores radioativos na tubulação onde deveria ser determinada a vazão. Uma das limitações no emprego deste método é a necessidade de que a tubulação por onde a água passa seja de acesso fácil nas seções de medições, seja desenterrada e relativamente longa. Assim, a nuvem de traçador radioativo poderá ser monitorada, através da medição da taxa de contagem de emissões eletromagnéticas, para que a vazão possa ser determinada.

Um aspecto relevante na utilização de traçadores (de qualquer tipo) para determinação de vazões turbinadas é que o traçador necessita de uma certa distância para se misturar completamente ao fluxo, desde o local onde é injetado no "posto de injeção" até o local onde são coletadas amostras no "posto de amostragem" para análise (Item 2.1). No caso da utilização de traçador radioativo, não há necessidade de se coletar amostras no "posto de amostragem". Esta distância para misturamento pode ser avaliada através do parâmetro adimensional:

L_{tub}/ϕ_{tub}, onde:

L_{tub} = comprimento da tubulação entre o "posto de injeção" e o "posto de amostragem".

ϕ_{tub} = diâmetro de tubulação.

O grau de misturamento do traçador com a água cresce com este parâmetro.

Os parâmetros "L_{tub}/ϕ_{tub}" existentes durante as determinações de vazões turbinadas executadas anteriormente (na maioria utilizando traçadores radioativos), eram relativamente grandes (normalmente maiores que 100), o que garantiu um bom misturamento entre o traçador e a água (tabela 1). Porém , isto não ocorre na maioria das hidrelétricas brasileiras de médio e grande portes, que normalmente possuem pouco espaço disponível para que o traçador possa se misturar completamente com a água e onde a maioria dos parâmetros "L_{tub}/ϕ_{tub}" são menores que 30 (Tabela 2).

Em função disto, os ensaios para determinação de vazão turbinada foram realizados na UHE Funil, uma típica hidrelétrica "compacta", com comprimento de tubulação relativamente curto(Tabela 2), situada no Rio Paraíba do Sul e operada por Furnas Centrais Elétricas.

1.2 OBJETIVO

Diante disto, o objetivo desta tese é o de contribuir com uma metodologia para determinação de vazões turbinadas, que possa ser empregada universalmente em qualquer hidrelétrica de médio ou grande porte, particularmente nas hidrelétricas "compactas", quer suas tubulações sejam aparentes ou não, de modo que a turbina possa ficar funcionando durante a determinação da vazão turbinada. Com o objetivo de se avaliar se o misturamento completo do traçador com a água foi atingido, empregou-se o método da diluição com taxa de injeção contínua de traçadores fluorescentes. Dentro deste objetivo, foi alvo de pesquisa:

- A importância da localização dos "postos de amostragem" (a jusante do tubo de sucção e junto à turbina) na melhoria do misturamento do traçador com a água;
- A influência de vários dispositivos de injeção de traçador (com um, dois, três ou quatro pontos de injeção) no grau de misturamento do traçador com a água;
- A análise estatística do erro global;
- A contribuição de cada parcela de erro na composição do erro global e
- A análise de procedimentos para melhoria do método.

2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

2.1 INTRODUÇÃO

Em qualquer método de determinação de vazão turbinada que utilize traçador, não é necessário que o funcionamento da turbina seja interrompido, mas é necessário que haja um local, ao longo do escoamento do qual se quer determinar a vazão, para a injeção de traçador. Também há necessidade que haja um ou mais locais a jusante para a coleta de amostras ou medição da taxa de contagem de emissões de radiações eletromagnéticas, no caso do uso de traçador radioativo. A partir de então, o local para injeção de traçador será denominado de "posto de injeção" e um local para coleta de amostras ou contagem do número de emissões de radiações eletromagnéticas será chamado de "posto de amostragem" ou "posto de medição", respectivamente.

2.2 TRAÇADORES

Define-se como traçador todo e qualquer produto que, incorporado na massa de uma substância, permite investigar o comportamento desta em um determinado processo físico-químico[3].

Desse modo, os traçadores podem ser largamente utilizados na solução de problemas de hidrologia de águas superficiais e subterrâneas.

2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O EMPREGO DE TRAÇADORES NA DETERMINAÇÃO DE VAZÕES TURBINADAS

Devido às altas vazões envolvidas nas hidrelétricas (que implicam em consumo excessivo de traçador), existem, na prática, apenas dois tipos de traçadores que podem ser empregados pelo Método da Diluição para determinação de vazões turbinadas, com injeção contínua: os traçadores fluorescentes e os radioativos.

Embora os traçadores radioativos tenham sido bastante utilizados em processos hidrológicos, inclusive para determinação de vazões turbinadas pelo Método Pico-a-Pico (item 3.2), nos últimos anos seu uso tem declinado. Como nas determinações de vazões turbinadas desta Tese não foi utilizado traçador radioativo, no que se segue, só serão apresentados esclarecimentos sobre traçadores fluorescentes.

2.4 TRAÇADORES FLUORESCENTES

A análise de traçadores fluorescentes usa um fenômeno físico chamado fluorescência, que é uma forma de emissão de luz. As substâncias fluorescentes emitem esta luz quando submetidas a uma fonte externa de radiação.

Durante o processo de fluorescência ocorrem três fases instantaneamente, a saber:

1. Absorção da energia de uma fonte;
2. Excitação de alguns dos elétrons da substância fluorescente, e
3. Emissão de energia em forma de fótons (luz) pelos elétrons excitados.

A intensidade de energia emitida pela substância fluorescente é medida em unidades de fluorescência e é diretamente proporcional à concentração desta substância.

2.4.1 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Os equipamentos utilizados para medidas de intensidade de fluorescência são de dois tipos: os fluorímetros e os espectrofluorímetros. Os fluorímetros são equipamentos mais robustos e com sensibilidade de detecção de traçador fluorescente menor que a dos espectrofluorímetros. Portanto, os fluorímetros são equipamentos mais apropriados para emprego no campo. Já os espectrofluorímetros são utilizados em laboratório, por serem mais caros, delicados e possuírem maior sensibilidade de detecção de traçador fluorescente. Aliada à maior sensibilidade de detecção, os espectrofluorímetros possuem a vantagem de poderem analisar simultaneamente os dois traçadores (Uranina e Amidorodamina G) que foram injetados durante as determinações das vazões turbinadas.

O espectrofluorímetro Jobin-Yvon JY-3 foi o equipamento utilizado no Laboratório de Traçadores para a leitura das intensidades de fluorescência das amostras e alíquotas. Nos trabalhos de campo foi utilizado o fluorímetro Turner modelo 10.

2.4.2 ESCOLHA DOS TRAÇADORES FLUORESCENTES

Existem vários traçadores fluorescentes disponíveis no mercado para diferentes aplicações. Entretanto, apenas alguns deles dispõem de certas características que os

tornam indicados a serem utilizados no Método da Diluição para determinação de vazões turbinadas. Esta indicação particular é função do comportamento do traçador com relação a alguns fatores que podem afetar seu desempenho. Estes fatores podem ser classificados como fatores **reversíveis ou irreversíveis.**

Os fatores **reversíveis** são assim denominados porque podem ser ajustados a valores onde não ocorrem inibições de fluorescência. Os principais fatores reversíveis são a temperatura e pH.

Os fatores **irreversíveis** são aqueles que quando ocorrem provocam fotodecaimento definitivo, ou seja, uma perda definitiva de fluorescência. O principal fator irreversível, que pode ocorrer durante a determinação de vazão turbinada com emprego de traçadores fluorescentes, é o fotodecaimento proveniente da ação de radiação luminosa sobre o traçador fluorescente.

A Uranina e a Amidorodamina G foram os traçadores escolhidos para as determinações de vazões turbinadas, pois, para esta finalidade, são os traçadores que possuem a melhor performance diante dos fatores reversíveis e irreversíveis, conforme será apresentado a seguir.

2.4.2.1 COMPORTAMENTO DA URANINA E AMIDORODAMINA G DIANTE DOS FATORES REVERSÍVEIS E IRREVERSÍVEIS

A) Fatores Reversíveis

Influência do pH:

A Amidorodamina G é um traçador conservativo diante dos fatores reversíveis. O mesmo não acontece com a Uranina,

cuja intensidade de fluorescência é afetada pelo pH. Porém, esta tendência é reversível quando o pH é maior que 8, pois sob esta condição não ocorre perda de intensidade de fluorescência na Uranina. Como nem todas as amostras possuem pH maior que 8, adota-se, durante a leitura de suas intensidades de fluorescência, o procedimento de se acrescentar algumas gotas de uma solução básica às amostras e alíquotas já diluídas, de modo que os seus pH atinjam um valor acima de 8 [4].

Influência da Temperatura:

As amostras coletadas no campo não sofrem variações significativas de fluorescências, pois suas medições em laboratório são realizadas em temperaturas aproximadamente constantes.

B) Fatores Irreversíveis

Influência dos raios ultravioleta:

A fluorescência da Amidorodamina não é afetada pelos raios solares, mas se houver uma exposição muito prolongada ao sol, a ação dos raios ultravioleta pode afetar, de maneira irreversível, a fluorescência da Uranina. Porém, durante uma determinação de vazão turbinada, o desempenho dos traçadores não é afetado, pois estes não entram em contato com os raios solares: antes da injeção, a solução que contém os traçadores fica protegida do sol, dentro de um barril opaco; durante a injeção, o percurso dos traçadores é realizado dentro de tubulações sem contato com o sol e, após a injeção, as amostras que contém traçadores são coletadas e armazenadas em frascos opacos. Estes frascos são agrupados em lotes de 50 (cinqüenta) unidades e envolvidos por um saco de plástico preto.

2.5 DISTÂNCIA DE BOM MISTURAMENTO

Todos os métodos de determinação de vazão em escoamentos turbulentos, com o uso de traçadores, dependem fortemente da medição da concentração em um ponto suficientemente distante do local de injeção, onde o misturamento homogêneo tenha sido atingido. A esta distância é normalmente atribuído o nome de *distância de bom misturamento* ou simplesmente *DBM*.

Na maioria das hidrelétricas brasileiras de médio e grande portes as instalações são compactas(tabela 2), ou seja, a distância existente entre o posto de injeção e o posto de amostragem é relativamente pequena. Este aspecto faz com que a distância de bom misturamento seja o fator mais limitante para o emprego de qualquer método, na determinação de vazões turbinadas com emprego de traçadores. Entretanto, espera-se que a turbina, através do seu movimento rotativo, provoque uma ação de misturamento, reduzindo a DBM que ocorreria na mesma situação, caso não existisse a turbina.

A importância da existência da turbina em termos da redução da DBM é qualitativamente incontestável. Quantitativamente, é bastante difícil avaliar esta influência, em função das peculiaridades de cada turbina, pois em geral as turbinas são projetadas para situações específicas.

2.5.1 MISTURAMENTO EM ESCOAMENTO TURBULENTO NUM CONDUTO CIRCULAR

Devido às peculiaridades de cada instalação , não existem estudos que possam ser considerados abrangentes sobre o misturamento de traçadores com a água em hidrelétricas. Porém, com a finalidade de se ter uma avaliação preliminar sobre a distância de bom misturamento, mesmo em condutos retos e em situações de laboratório, utilizou-se um trabalho clássico, publicado por CLAYTON[5].

CLAYTON[5] realizou algumas experiências com o uso de traçadores radioativos, que tiveram como objetivo determinar, em laboratório, a distância de bom misturamento em tubulações fechadas. Suas experiências foram realizadas em uma tubulação reta e lisa de pequeno diâmetro (4").

Segundo CLAYTON[5], a *DBM* depende basicamente do Número de Reynolds e do esquema de injeção adotado. O esquema mais simples de injeção de traçadores numa tubulação é aquele executado através de um ponto localizado na parede da tubulação, mas este processo pode conduzir a uma *DBM* muito grande.

CLAYTON[5] também comprovou que a *DBM* em tubulações pode ser reduzida através de uma injeção simples no ponto central de sua seção transversal e, mais ainda, se forem utilizados vários pontos de injeção distribuídos convenientemente na seção transversal da tubulação ("injeção multipontos").

A figura 1, a seguir, mostra um gráfico que contém uma síntese das experiências realizadas por Clayton numa tubulação, com um ponto de injeção no centro da seção transversal. Neste gráfico foram utilizados valores adimensionais para se avaliar a distância de misturamento: foram plotados o comprimento da tubulação dividido pelo seu diâmetro (valor adimensional que, de agora em diante, será

chamado simplesmente de *distância adimensional de misturamento* ou *DM*) em função do número de Reynolds, para variações em torno de 5% no "grau" de misturamento do traçador com a água.

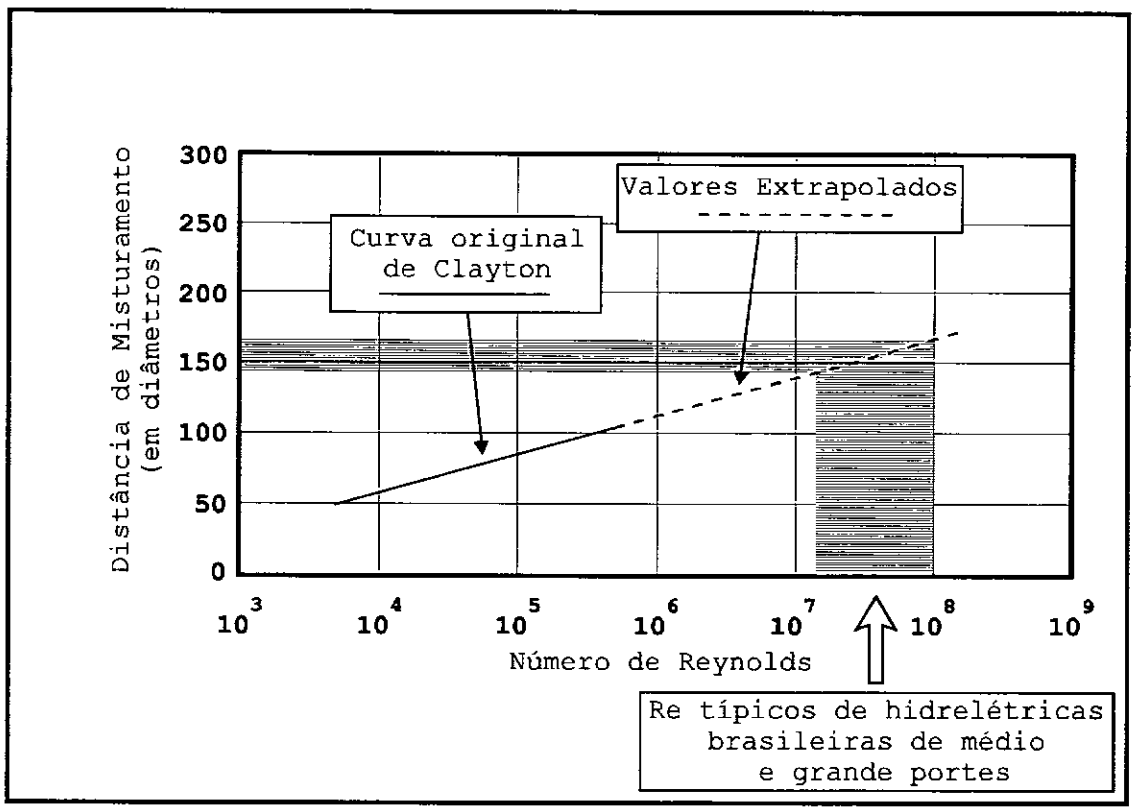


Figura 1 - Distância de misturamento em tubulações, com extrapolação para números de Reynolds típicos de hidrelétricas de médio e grande portes.

Como as velocidades e os diâmetros das tubulações das hidrelétricas são bem maiores que os valores utilizados na experiência de Clayton, a curva original de Clayton foi extrapolada para valores de Números de Reynolds típicos de hidrelétricas brasileiras de médio e grande portes. Assim, pode-se ter uma avaliação preliminar das possíveis DBMs em condutos destas hidrelétricas.

Os Números de Reynolds de algumas médias e grandes hidrelétricas brasileiras encontram-se calculados na tabela 2. Estes Números de Reynolds foram calculados para uma posição situada antes da turbina, na tubulação forçada,

utilizando-se os valores de diâmetros e velocidades nominais fornecidos por AMARANTE[6]. Para a localização citada anteriormente, o Número de Reynolds, durante a realização das experiências de determinação de vazão constantes deste trabalho, na Usina Hidrelétrica de Funil, foi da ordem de 3×10^7.

De acordo com o gráfico da figura 1 e considerando-se as condições de laboratório reinantes durante a experiência de Clayton, a DBM esperada numa tubulação de hidrelétrica de médio ou grande porte deveria ser da ordem de 150 diâmetros.

No Brasil, o Método de Allen (item 3.2) foi anteriormente utilizado para determinação de vazões turbinadas, tendo como traçador substâncias radioativas. Este método foi utilizado pelo Instituto de Pesquisas Radioativas/UFMG e CDTN/NUCLEBRÁS para determinação de vazões turbinadas em algumas hidrelétricas: Três Marias[7,8], Piau[7,8], Rio Bonito[9], Suissa[9], Sá Carvalho [10], Jacuí[11] e Guaricana[12], dentre outras.

O Método da Diluição com Injeção Contínua de Traçadores Fluorescentes (item 3.3.1) foi utilizado anteriormente para a determinação de vazões turbinadas na Usina Hidrelétrica de Macabu [13], pelo Laboratório de Traçadores da COPPE/UFRJ.

Dos trabalhos referentes às determinações de vazões turbinadas citadas anteriormente, foram colhidos os dados para a elaboração da tabela 1. Nesta tabela são exibidos os diâmetros médios das tubulações das hidrelétricas, os comprimentos utilizados para o misturamento e as relações entre os comprimentos e os diâmetros.

Tabela 1 - Dados de algumas determinações de vazões turbinadas, realizadas anteriormente com uso de traçadores.

Hidrelétrica	Tipo	Nr turb	Q_{turb} (m^3/s)	Re (X 10^6)	L_{tub} (m)	L_{tub}/ϕ_{tub}	Traçador
Três Marias	K		150	20	280	43	R
Sá Carvalho	F	3	15	13	330	220	R
Guaricana	P	4	5	4	140	88	R
Rio Bonito	F	3	5	3	195	98	R
Suissa	F	2	8	5	190	100	R
Jacuí	F	6	200	30	1219	135	R
Piau	F	2	5	4	850	531	R
Macabu	P	5	2	6	1500	4546	FL

K-Kaplan, P-Pelton, F-Francis, R-Radioativo, FL-Fluorescente, L_{tub}-Comp. tubulação, Q_{turb}-Vazão turbinada máxima, ϕ_{tub}-Diâmetro da tubulação, Re-Número de Reynolds.

2.5.2 DBM EM TUBULAÇÕES DE HIDRELÉTRICAS

Durante o misturamento de um traçador com a água, numa tubulação de hidrelétrica, ocorrem fatores diferentes daqueles considerados durante a experiência executada em laboratório por Clayton, tais como:

- Singularidades durante o percurso da água, devido às curvas e obstáculos existentes na tubulação, bem como irregularidades nas paredes da tubulação;
- Existência de maior turbulência que na experiência de Clayton, traduzida por Números de Reynolds bem maiores, e
- Misturamento provocado pela turbina.

Devido à interveniência destes fatores, espera-se que a DBM citada anteriormente para hidrelétricas de médio e grande porte, em torno de 150 diâmetros, seja, na realidade, bem menor.

A tabela 2 apresenta características de algumas hidrelétricas brasileiras de médio e grande portes[6]. Nesta tabela, os comprimentos de tubulação disponíveis para misturamento do traçador com a água foram divididos em dois

trechos: da entrada da tubulação de tomada d'água até a entrada da espiral da turbina e da saída da turbina até o início do canal de restituição.

Tabela 2 - Características de algumas hidrelétricas brasileiras de médio e grande portes.

Hidrelétrica	Tipo	Nr turb	Q_{turb} (m^3/s)	Re (X 10^7)	Entrada tubulação até entrada espiral		Saída turbina até canal fuga		Total
					L_{tub} (m)	L_{tub}/ϕ_{tub}	L_{tub} (m)	L_{tub}/ϕ_{tub}	L_{tub}/ϕ_{tub}
Água Vermelha	F	6	500	6	95	10	40	6	16
Balbina	K	5	673	7	30	3	30	4	7
Barra Bonita	K	4	195	3	40	4	30	4	8
Estreito	F	6	335	5	145	18	40	5	23
Foz do Areia	F	6	358	6	260	35	40	4	39
Funil	F	3	134	3	50	8	25	4	12
Furnas (Piumi)	F	8	242	4	220	28	30	4	32
Ilha Solteira	F	20	660	10	65	8	50	5	13
Itauba	F	5	187	3	160	20	40	4	24
Itaipu	F	18	710	9	180	17	60	7	24
Jupiá	K	14	600	6	45	3	70	6	9
Marimbondo	F	8	324	5	140	18	45	5	23
Paredão	K	3	120	3	30	5	25	5	10
Peixoto	F	10	128	5	35	12	10	2	14
Porto Colômbia	K	4	466	4	35	2	55	6	8
Promissão	K	3	420	5	40	4	45	5	9
Salto Osório	F	6	290	6	130	22	30	4	26
Salto Santiago	F	6	350	6	190	25	40	4	29

K-Kaplan, P-Pelton, F-Francis, L_{tub}-Comprimento da tubulação, Q_{turb}-Vazão turbinada máxima, ϕ_{tub}-Diâmetro da tubulação, Re-Número de Reynolds.

Verifica-se na tabela 2 que as distâncias disponíveis para misturamento do traçador com a água estão bem abaixo da faixa de 150 diâmetros, valor encontrado no gráfico extrapolado de Clayton para Números de Reynolds típicos de hidrelétricas de médio e grande portes. De acordo com a tabela 2, verifica-se também que a Usina Hidrelétrica de Funil possui uma das menores distâncias disponíveis para misturamento do traçador com a água, um dos motivos pelos quais esta foi escolhida para a realização das experiências de determinação de vazão turbinada com emprego de traçadores fluorescentes.

2.6 QUEDAS, POTÊNCIAS E RENDIMENTOS DE HIDRELÉTRICAS

Nas usinas hidrelétricas, a água é captada em uma determinada cota, aduzida a uma turbina através de uma "tubulação forçada" (em geral curta), passando pelo seu interior e restituída ao rio através do "tubo de sucção", ligado ao canal de restituição em cota inferior à primeira. Dentro deste contexto, chama-se altura de queda bruta (H_b) a diferença de cotas entre o nível de água na captação a montante e o nível de água no canal de fuga. Nem toda energia representada pela altura de queda bruta é aproveitada pela turbina, pois uma parte é consumida por atrito hidrodinâmico na tubulação, perdas de carga localizadas, vórtices e turbilhonamentos na turbina, perdas de vazão devidas à fuga de água existente entre as paredes fixas e móveis da turbina e resistências passivas mecânicas nos mancais da turbina. Subtraindo-se da altura de queda bruta (H_b) as alturas referentes às perdas citadas anteriormente, obtém-se a parcela de energia disponível para acionar o gerador, que corresponde à altura de queda útil final (H_u) [1].

As turbinas são projetadas para um certo valor de altura de queda nominal (H_n) e uma determinada vazão nominal. A altura de queda nominal (H_n) corresponde à altura com a qual o rendimento da turbina é máximo.

Se a usina hidrelétrica estiver funcionando com rendimento máximo e a altura de queda variar em função de condições hidrológicas, e se for mantida a mesma vazão, o número de rotações do rotor da turbina irá variar, o que não é desejável, pois resultará numa variação de freqüência da corrente fornecida pelo gerador elétrico. Para que seja mantido o mesmo número de rotações, a descarga deverá

sofrer variação, do que resultará uma baixa no rendimento da turbina[1].

O rendimento máximo de uma turbina (η) é dado pela relação[1]:

$$\eta = \frac{P_t}{P_d} \qquad [2.1]$$

e

$$P_d = 9{,}8 \times Q \times H_n \qquad [2.2]$$

onde:

P_t = Potência total fornecida pelo eixo da turbina ao gerador (em kW);

Q = Vazão (m^3/s);

H_n = Altura de queda nominal (m) e

P_d = Potência disponível nominal (em kW) , ou potência correspondente à descarga Q sob a altura de queda nominal H_n.

O rendimento máximo de uma turbina de pequeno porte é da ordem de 0,8, o rendimento máximo de uma turbina de médio porte é da ordem de 0,85 e o rendimento máximo de uma turbina Francis de grande porte fica em torno de 0,92 a 0,94[1].

Existem vários termos para designar a potência de uma hidrelétrica, dependendo da altura de queda que está relacionada com tal potência.

No Anexo III e em várias tabelas que serão apresentadas ao longo do texto, qualquer referência à potência de uma turbina da Usina Hidrelétrica de Funil, diz respeito à seguinte relação:

$$Pot = 9{,}8 \times \eta' \times Q \times H_b \qquad [2.3]$$

onde:

Pot = Potência gerada pela UHE Funil (em kW).

η' = Rendimento (variável para cada condição de altura de queda e vazão turbinada).

Durante os ensaios para determinação de vazão turbinada, as potências da Usina Hidrelétrica de Funil foram fixadas numa faixa de 43 até 61 MW.

A seguir serão apresentadas algumas características da Usina Hidrelétrica de Funil, por máquina[6]:

- Tipo da turbina: Francis, eixo vertical;
- Rendimento máximo: 0,93;
- Altura de queda nominal: 62 m;
- Vazão máxima: 134 m^3/s.
- Potência nominal: 72 MW.

2.7 METODOLOGIA DE DETERMINAÇÃO DE VAZÕES TURBINADAS UTILIZADA PELO CORPO TÉCNICO DA UHE FUNIL (FURNAS)

Os valores de vazões turbinadas são determinados pelo corpo técnico da Usina Hidrelétrica de Funil (FURNAS) através de gráficos que relacionam a potência gerada e a altura de queda bruta como dados de entrada. Anteriormente, existia apenas um gráfico, fornecido pelo fabricante da turbina (figura 2), para a determinação da vazão turbinada. Como este gráfico não cobria toda a gama de valores de alturas de queda bruta e potências que ocorriam na UHE Funil, este foi interpolado, originando vários outros gráficos com curvas intermediárias entre as curvas anteriormente

existentes. A partir destes gráficos extrapolados, todos os valores possíveis para alturas de queda bruta e potências foram implementados num banco de dados computadorizado, que fornece as vazões turbinadas, tendo-se como valores de entrada a altura de queda bruta e a potência gerada.

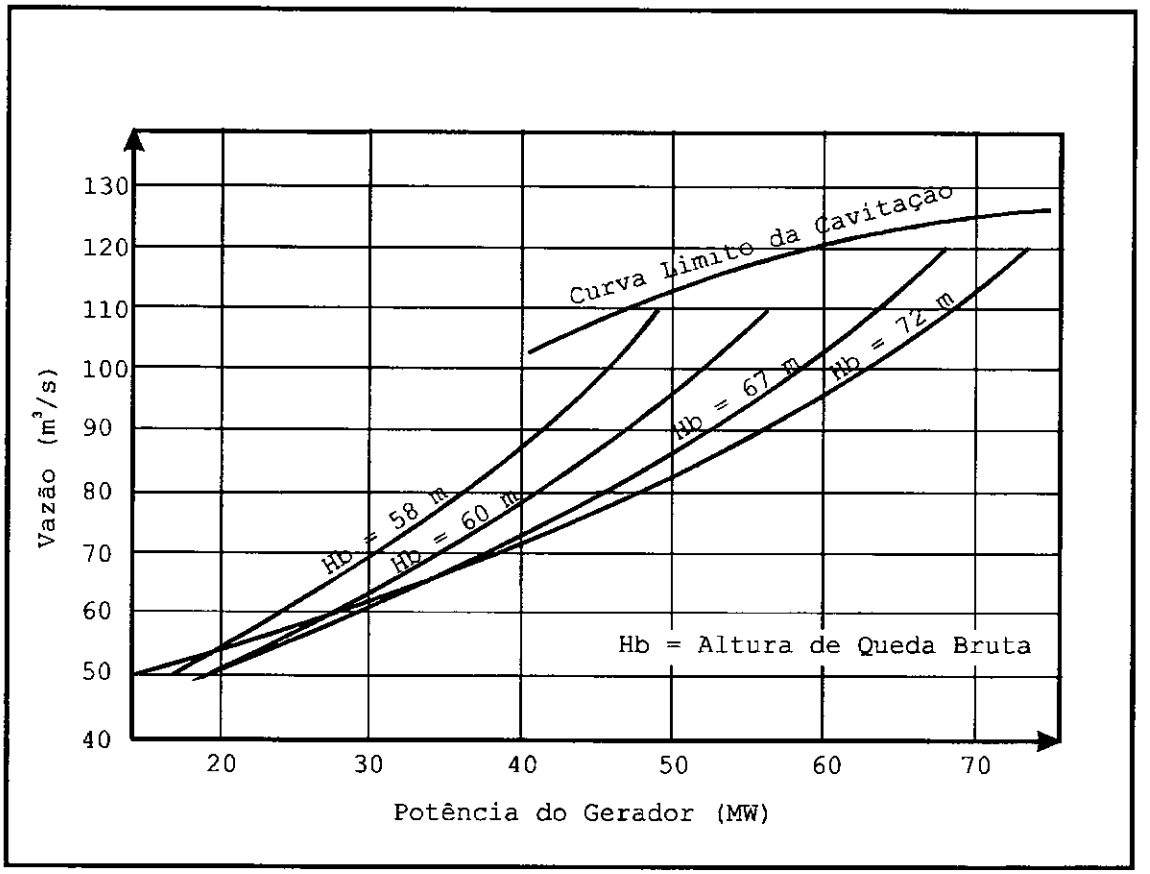


Figura 2 - Curvas de descarga pelas turbinas 1, 2 e 3 da Usina Hidrelétrica de Funil.

O banco de dados é oriundo, portanto, de gráficos que existem há quase 30 anos, desde a data em que a UHE Funil foi inaugurada sendo o mesmo utilizado para qualquer uma das três turbinas existentes na referida hidrelétrica. Com o passar do tempo, as partes da turbina em contato com a água e as tubulações sofrem um envelhecimento natural e, com isto, a determinação de vazão turbinada, da maneira como é atualmente realizada na UHE Funil, pode apresentar alguma fonte de erro, pois os gráficos do fabricante que deram origem ao banco de dados, além de não serem individualizados para cada turbina, são elaborados segundo

testes realizados em laboratório, sob condições ideais e sem levar em conta a ação do tempo sobre a turbina.

3. MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE VAZÃO TURBINADA

3.1 INTRODUÇÃO

Segundo a NB-228, Turbinas Hidráulicas - Ensaios de Campo [15], os métodos de medição de vazão turbinada podem ser assim classificados:

- Métodos apropriados para grandes vazões:
  Método de Allen;
  Pressão-tempo;
  Molinetes e
  Diluição.

- Métodos apropriados para pequenas vazões (quando as dimensões permitirem, devem ser utilizados os métodos acima e mais):
  Vertedores;
  Métodos gravimétricos e volumétricos;
  Tela móvel;
  Medidores de pressão diferencial e
  Outros métodos ainda não aceitos universalmente.

Como neste trabalho só haverá interesse por determinação de grandes e médias vazões turbinadas, utilizando injeção contínua de traçadores fluorescentes, não serão comentados os métodos apropriados para determinação de pequenas vazões, nem aqueles que não utilizam traçadores. Portanto, serão apresentados os seguintes métodos de determinação de vazão turbinada:

- Método de Allen e
- Método da Diluição.

3.2 MÉTODO DE ALLEN

O Método de Allen[16], também conhecido como Método da Mancha Salgada, foi aplicado com sucesso pela primeira vez em 1921. Ele utiliza como traçador o cloreto de sódio, que daqui em diante será chamado simplesmente de "sal".

O Método de Allen baseia-se no fato de que a solução salgada aumenta a condutividade da água. A solução salgada é injetada no posto de injeção e, após atingida a DBM, a condutividade da água é monitorada em postos de amostragem a jusante, medindo-se o tempo de passagem da mancha de água salgada entre dois postos de amostragem.

Para o cálculo da vazão é necessário que o volume compreendido entre os dois postos de amostragem seja conhecido. Quando a seção transversal da tubulação da hidrelétrica onde se pretende determinar a vazão é constante (isto ocorre em grande parte das hidrelétricas), o volume entre os dois postos de amostragem pode ser calculado de maneira simplificada, através do produto da área da seção transversal pela distância entre os dois postos de amostragem. A vazão será o volume dividido pelo tempo de passagem da nuvem de solução salgada pelos dois postos de amostragem.

O Método de Allen também é chamado de Método Pico-a-Pico, pois o intervalo de tempo (Δt) utilizado para o cálculo da vazão, simplificadamente, pode ser medido entre os picos das curvas "concentração x tempo" de dois postos de amostragem consecutivos, a jusante do ponto onde foi atingida a DBM (figura 3).

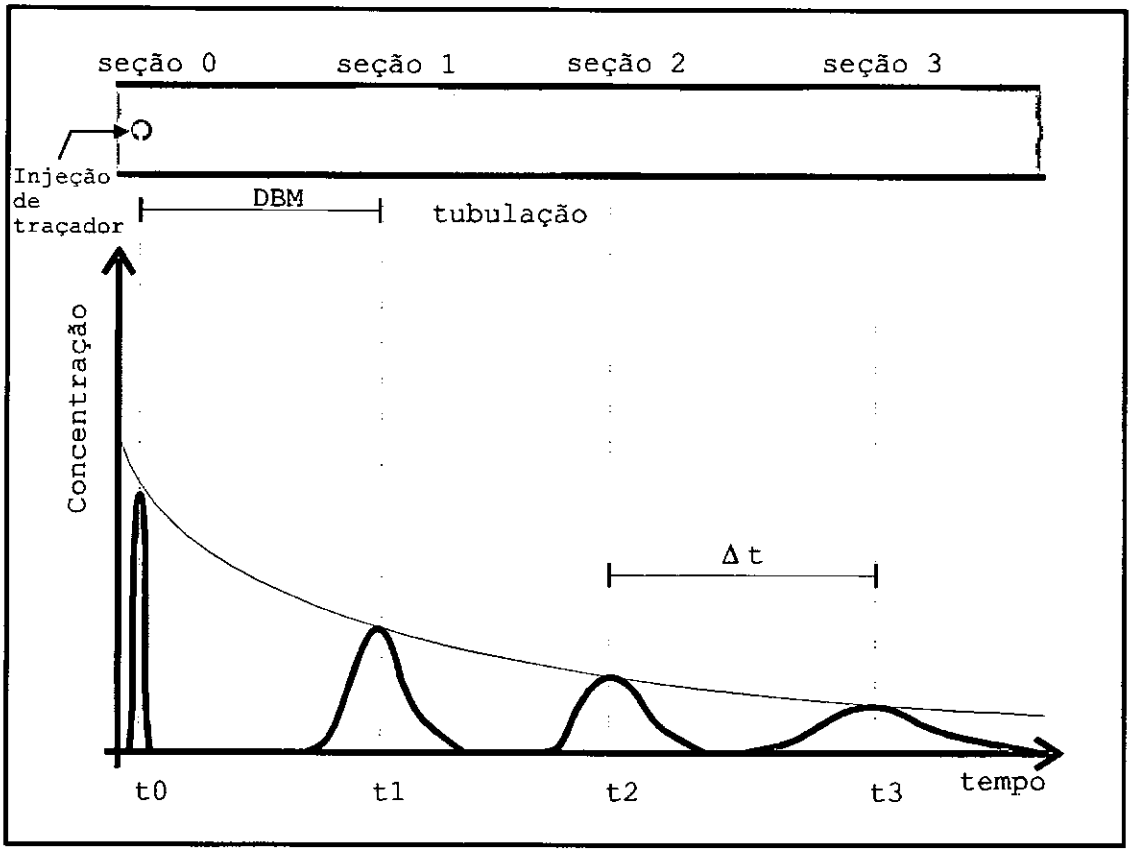


Figura 3 - Mancha de traçador após injeção numa tubulação (Método de Allen) e gráficos concentrações versus tempo para vários postos de amostragem.

A utilização de sal, tal como foi previsto por Allen, para determinação de vazões turbinadas, não é exeqüível, principalmente devido às altas vazões envolvidas em turbinas de médio e grande porte, que requerem grande quantidade de sal para sua determinação de vazão.

Para a determinação de vazão de uma turbina da Usina Hidrelétrica de Funil, utilizando-se o Método Pico-a-Pico, será necessário em torno de uma tonelada de sal, admitindo-se as seguintes hipóteses:

- A massa de sal necessária à realização da operação será:

$$M_{sal} = Q_{est} \times t_p \times C_{est} \qquad [3.1]$$

onde:

M_{sal} = Massa de sal;
Q_{est} = Vazão estimada a ser determinada;
t_p = Tempo de passagem da nuvem de solução salgada por um posto de amostragem e
C_{est} = Concentração estimada no posto de amostragem.

- Vazão turbinada estimada (Q_{est}) da Usina Hidrelétrica de Funil: 134 m^3/s[12].

- O tempo de passagem (tp) da nuvem de traçador será de aproximadamente 2 (dois) minutos;

- A concentração de sal preexistente no Rio Paraíba do Sul é de 0,034 g/l (Este valor foi obtido de uma amostra de água coletada no Rio Paraíba do Sul, num local em torno de 50 km a jusante da barragem da Usina Hidrelétrica de Funil);

- No posto de amostragem, a concentração do sal injetado deveria ser, em média, 2 (duas) vezes maior que a concentração preexistente no escoamento e

- Após ter sido atingida a DBM, haverá espaço suficiente para o monitoramento das curvas de passagem de concentração de sal.

Embora este método tenha sido utilizado originalmente com traçador salino (sal), nada impede que sejam utilizados outros traçadores, como o radioativo ou o fluorescente.

O Método de Allen para a determinação de vazões turbinadas com traçadores radioativos pode ser utilizado de maneira simples, quando a tubulação por onde passa o fluxo possuir

comprimento suficiente para o misturamento completo do traçador com a água e quando esta tubulação estiver situada em local acessível e exposto ao ar-livre. Em tubulações subterrâneas torna-se necessário fazer um furo de cerca de 10 cm de diâmetro para que o detetor à cintilação, colimado ou não, possa encostar na parede externa da tubulação. Nestas condições, os postos de amostragem podem ser instalados com aparelhos para medição da taxa de contagem de emissões de partículas radioativas.

As condições descritas anteriormente, necessárias para a determinação de vazões turbinadas, utilizando o Método de Allen com traçadores radioativos, não ocorrem em muitas hidrelétricas. Além disto, o uso de traçadores radioativos tem sofrido uma crescente e progressiva limitação devido a imposições ambientais.

A aplicação de traçador fluorescente para determinação de vazão turbinada pelo Método de Allen não é imediata, já que a análise das concentrações da nuvem de traçador durante sua passagem no posto de amostragem da tubulação requer a abertura de orifícios na mesma, o que é quase sempre indesejável ou impossível.

A grande limitação para o emprego do Método de Allen na determinação de vazões turbinadas (com qualquer tipo de traçador) decorre de que as tubulações das usinas hidrelétricas geralmente não são expostas ao ar-livre, impedindo a instalação dos equipamentos apropriados nos postos de amostragem. Portanto, a utilização deste método fica restrita a poucos casos.

3.3 MÉTODO DA DILUIÇÃO

Há dois processos de determinação de vazão pelo Método da Diluição: O Método de Injeção Contínua e o Método da Injeção Instantânea [17]. Neste trabalho será apresentado apenas o Método da Diluição com injeção contínua de traçadores fluorescentes.

São supostas válidas as seguintes hipóteses para aplicação do Método da Diluição:

- Regime permanente;
- Não há perda de massa durante o percurso do traçador até o posto de amostragem e
- Misturamento completo do traçador com o líquido do escoamento cuja vazão se deseja determinar.

Na prática, a última hipótese da relação acima é a que mais limita o emprego do Método da Diluição na determinação de vazões turbinadas, pois a maioria das hidrelétricas brasileiras são de "baixa queda", equipadas com turbinas tipo Francis ou Kaplan, possuindo tubulações com parâmetros "L_{tub}/ϕ_{tub}" relativamente pequenos (tabela 2).

As principais vantagens deste método, empregando traçadores fluorescentes são:

- A elevada eficiência de detecção dos aparelhos atualmente utilizados requer pequenas massas de traçadores;
- Baixo custo;
- Excelente precisão analítica e
- Não é necessário parar a unidade geradora durante a determinação da vazão turbinada.

Não será abordada a utilização do sal nem de traçadores radioativos neste método, tendo em vista limitações de ordem ambiental e operacional para a utilização dos

traçadores radioativos e de ordem operacional, já descrita no Método de Allen, para a utilização do sal.

3.3.1 MÉTODO DA INJEÇÃO CONTÍNUA

O Método de Injeção Contínua possui princípio de funcionamento bastante simples. Consiste em se introduzir continuamente no escoamento principal de água uma vazão constante e conhecida (q_{inj}) de uma solução de um produto químico [18] e [19], no caso o traçador fluorescente.

Esta injeção deve ser feita por um dispositivo que garanta vazão constante (q_{inj}). Normalmente este requisito é atendido por bombas peristálticas. O controle de constância da vazão pode ser realizado através de um método volumétrico. O dispositivo para esta finalidade é composto de uma proveta graduada e um cronômetro. Este dispositivo determina a vazão que está ocorrendo na bomba peristáltica através da medição do tempo necessário para que um volume, anteriormente aferido na proveta graduada, se escoe.

Estabelece-se um posto de amostragem a jusante do posto de injeção para coleta de amostras, desde que neste posto o traçador esteja completamente misturado ao escoamento. Neste local a concentração de traçador, após um período de transição, permanece constante num certo patamar, em quaisquer pontos de amostragem na seção transversal (figura 4). Este patamar constante é que permite afirmar que o misturamento completo do traçador com a água aconteceu. A figura 5 ilustra um exemplo típico de patamar ocorrido em uma seção de amostragem, para determinação de vazão turbinada na UHE Funil.

A concentração de traçador, após atingida a condição estacionária, é chamada de concentração de patamar (C_{pat}). A vazão que se quer medir no posto de amostragem é a vazão turbinada, simplesmente chamada de Q_{turb}.

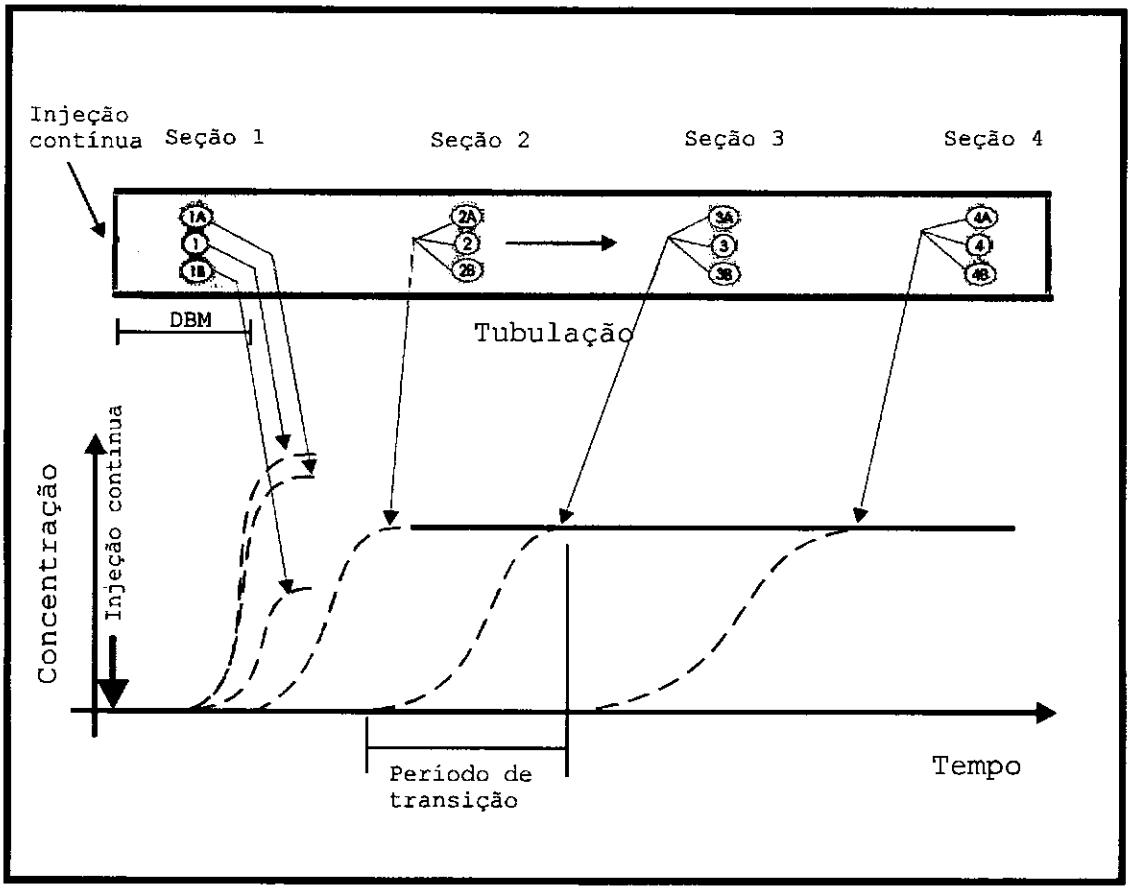


Figura 4 - Aspecto de injeção contínua numa tubulação e gráficos de concentrações em função do tempo para diversas seções transversais.

Considerando que a concentração de traçador preexistente no escoamento que se quer medir a vazão seja C_0, a vazão mássica de traçador que entra na seção onde é feita a injeção será:

$$(q_{inj} \times C_{inj}) + (Q_{turb} \times C_0) \qquad [3.2]$$

A vazão mássica de traçador na seção do posto de amostragem será:

$$\left(Q_{turb} + q_{inj}\right) \times C_{pat} \qquad [3.3]$$

Igualando-se as vazões mássicas (traçador conservativo ou perda nula de traçador), tem-se:

$$Q_{turb} = \left(\frac{C_{inj} - C_{pat}}{C_{pat} - C_0}\right) \times q_{inj} \qquad [3.4]$$

Esta é a equação utilizada para a determinação de vazão turbinada, utilizando o Método da Diluição com injeção contínua de traçadores fluorescentes.

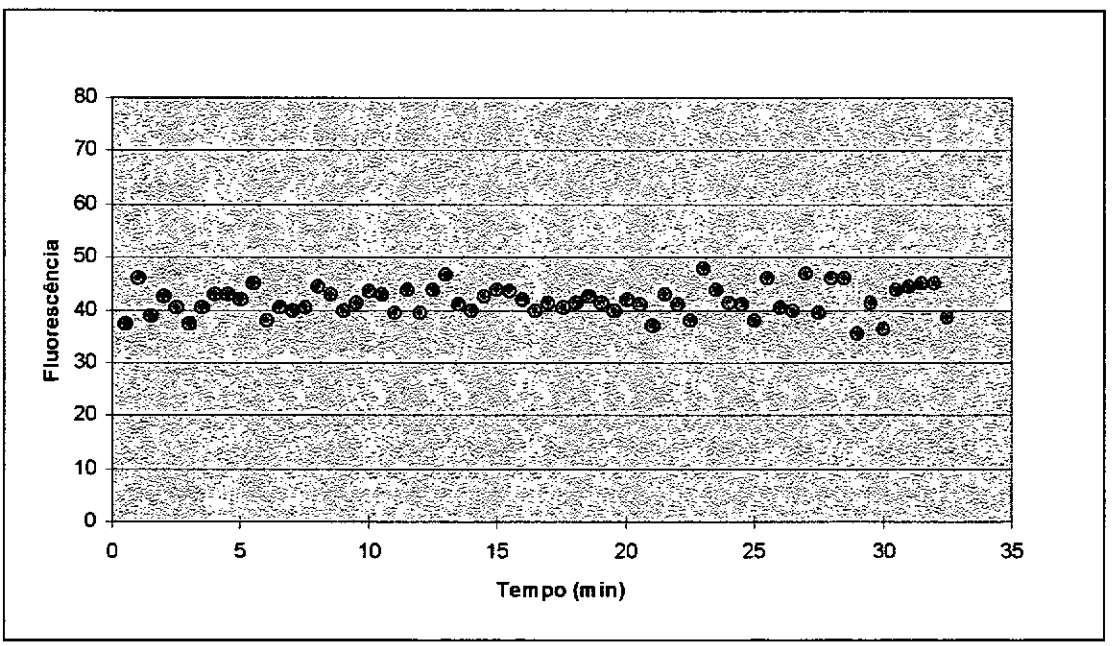


Figura 5 - Exemplo típico de patamar ocorrido durante as determinações de vazões na terceira campanha.

Em geral, a concentração de injeção é muito maior que a concentração de patamar e a concentração de patamar é muito maior que a concentração de background, de tal forma que a equação anterior pode ser simplificada:

$$Q_{turb} = \frac{C_{inj}}{C_{pat}} \times q_{inj} \qquad [3.5]$$

Como a concentração de injeção (C_{inj}) é muito maior que a concentração de patamar (C_{pat}), normalmente C_{inj} é submetida a uma diluição para que esta fique da mesma ordem de grandeza de C_{pat}. Este procedimento possibilita a medição de C_{inj} e C_{pat} sob as mesmas condições de calibragem do fluorímetro (mesmas condições analíticas).

Sob estas condições é válido afirmar que:

$$C_{inj} = \delta \times C_{dil} \qquad [3.6]$$

onde:

δ = Fator de diluição e

C_{dil} = Concentração da alíquota coletada no posto de injeção, após diluição.

Substituindo-se esta relação na equação 3.5 chega-se a:

$$Q_{turb} = \frac{\delta \times C_{dil}}{C_{pat}} \times q_{inj} \qquad [3.7]$$

Existe uma relação linear entre a concentração de traçador fluorescente e a fluorescência (item 2.4) medida em espectrofluorímetros ou fluorímetros, ou seja:

$$C_{dil} = k1 \times F_{dil} \qquad [3.8]$$

$$C_{pat} = k2 \times F_{pat} \qquad [3.9]$$

onde:

k1 = Constante de linearidade (entre a concentração de traçador fluorescente e a fluorescência) da alíquota coletada no posto de injeção;

k2 = Constante de linearidade (entre a concentração de traçador fluorescente e a fluorescência) da amostra coletada no posto de amostragem;

F_{dil} = Fluorescência da alíquota coletada no posto de injeção (após sua diluição), e

F_{pat} = Fluorescência da amostra coletada no posto de amostragem;

Substituindo-se 3.8 e 3.9 em 3.7, obtém-se:

$$Q_{turb} = \frac{\delta \times k1 \times F_{dil}}{k2 \times F_{pat}} \times q_{inj} \qquad [3.10]$$

Quando as fluorescências das alíquotas coletadas no posto de injeção e as fluorescências das amostras coletadas no posto de amostragem são analisadas sob as mesmas condições analíticas, os coeficientes k1 e k2 são iguais e a equação 3.10 se transforma em:

$$Q_{turb} = \frac{\delta \times F_{dil}}{F_{pat}} \times q_{inj} \qquad [3.11]$$

Esta foi a equação utilizada para o cálculo das vazões turbinadas, apresentadas no Anexo III.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS ERROS EXPERIMENTAIS

Durante a determinação de vazão turbinada, através do Método da Diluição, com injeção contínua de traçadores fluorescentes, podem ocorrer diversos erros na avaliação dos termos componentes da Equação 3.11, que são os seguintes:

- Fluorescência da alíquota coletada no posto de injeção (F_{dil});
- Vazão de injeção (q_{inj}) e

- Fluorescência da amostra coletada no posto de amostragem (F_{pat}).

Optou-se por realizar uma análise das médias individuais dos termos acima, utilizando-se a distribuição "T" de Student, com um intervalo de confiança de 95%.

Para isto, primeiramente calculam-se as médias ($\overline{X}$) e os desvios padrões amostrais (Sd).

A probabilidade de que a média real "m" esteja entre os "limites em torno da média amostral a serem encontrados" é de 95%, então:

$$P\left(\overline{X} - \frac{T_{n-1} \times Sd}{\sqrt{n}} \leq m \leq \overline{X} + \frac{T_{n-1} \times Sd}{\sqrt{n}}\right) = 95\% \qquad [3.12]$$

onde:

$\overline{X} - \frac{T_{n-1} \times Sd}{\sqrt{n}}$ e $\overline{X} + \frac{T_{n-1} \times Sd}{\sqrt{n}}$ = limites a serem encontrados;

T_{n-1} = Valor tabelado para a distribuição de Student;
m = Média populacional e
n = Número de elementos da amostra.

A variação percentual dos termos componentes da equação básica (Equação 3.11) para a determinação de vazão, com relação às suas médias amostrais, que convencionou-se chamar de erros individuais (e_i), será:

$$e_i = \frac{T_{n-1} \times Sd / \sqrt{n}}{\overline{X}} \times 100. \qquad [3.13]$$

Este critério foi o mesmo adotado por CLAYTON[5] na sua análise de erro. O erro total (e_t) decorre da composição dos erros individuais calculados anteriormente.

As variáveis da Equação 3.11 são dependentes. Optou-se por uma análise, a favor da segurança, considerando-se as variáveis da Equação 3.11 como independentes. Pode-se, finalmente, mostrar que a melhor representação para uma estimativa do erro total, nestas condições, é dada por [14]:

$$e_t = \sqrt{\Sigma(e_i^2)} \qquad [3.14]$$

Esta equação é utilizada para calcular os erro totais, ou variações percentuais totais, das vazões turbinadas com relação às suas médias.

4. METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DE VAZÕES TURBINADAS COM EMPREGO DE TRAÇADORES FLUORESCENTES

4.1 PRÉ-DIMENSIONAMENTO

O pré-dimensionamento objetiva estimar os seguintes parâmetros:

- Todos os termos da equação 3.5;
- Número de injeções a serem realizadas;
- Tempo de duração de cada injeção;
- Volume de solução de traçadores, a ser injetado durante cada determinação de vazão turbinada da campanha em questão;
- Volume total de solução de traçadores a ser injetado durante a campanha;
- Massa de Uranina a ser utilizada na campanha e
- Massa de Amidorodamina G a ser utilizada na campanha.

O pré-dimensionamento é feito por tentativas, utilizando-se a equação básica do método da diluição com injeção contínua de traçadores (3.4). Alguns parâmetros são conhecidos e outros estimados.

Como exemplo, será realizado o pré-dimensionamento referente à segunda campanha de determinação de vazões turbinadas na Usina Hidrelétrica de Funil.

Na Equação 3.4, estimou-se que o valor da vazão turbinada na Usina Hidrelétrica de Funil (Q_{turb}) era de 100 m^3/s, baseando-se em AMARANTE[6].

O volume máximo para colocação da solução de traçador era de 200 litros. Foram previstas seis injeções de 30

(trinta) minutos cada, que seria o tempo necessário para a coleta de até 60 (sessenta) amostras (uma amostra a cada 30 segundos) no posto de amostragem, durante cada injeção.

Com o volume disponível de 200 litros e o tempo total de injeção calculou-se a vazão de injeção (q_{inj}) de 1111 ml/min. Adotou-se a vazão real de injeção como sendo:

$$q_{inj} = 1000 \text{ ml/min.}$$

A concentração de patamar (C_{pat}) deve ficar numa faixa de concentração suficientemente acima da concentração de traçador preexistente neste escoamento (concentração de "background"). Adotou-se:

$$C_{pat}-C_0 = 2 \text{ ppb.}$$

Aplicando-se os valores de "Q_{turb}", "$C_{pat}-C_0$" e "q_{inj}" na Equação 3.4, obteve-se:

$$C_{inj} = 1,2 \text{ \%.}$$

Como a concentração de injeção (C_{inj}) da solução de traçador a ser injetada não deve ser maior que um valor próximo do limite de solubilidade do traçador (em torno de 10%), Esta limitação foi plenamente atendida.

De acordo com a vazão de injeção de 1000 ml/min, o volume total de injeção seria de 180 litros, mas utilizou-se um volume de injeção de 200 litros (20 litros reserva). A massa de Uranina calculada para 180 litros foi de 2,16 kg.

É desejável que os espectros de fluorescência de Uranina e Amidorodamina G sejam da mesma ordem de grandeza, a fim de que suas leituras em laboratório sejam executadas simultaneamente, utilizando-se o método de varredura

síncrona[20]. Como a Uranina utilizada atualmente pelo Laboratório de Traçadores da COPPE/UFRJ tem uma eficiência de fluorescência cerca de 1,8 vezes maior que a da Amidorodamina G, torna-se necessário que a massa desta última seja também maior 1,8 vezes que a massa de Uranina. A massa de Amidorodamina G para 180 litros é de 3,88 kg. Para 200 litros (20 litros em reserva) a massa empregada de Uranina foi 2,4 kg e a massa empregada de Amidorodamina G foi 4,32 kg.

Os parâmetros do pré-dimensionamento para as três campanhas de determinação de vazões turbinadas realizadas neste trabalho constam da tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros do pré-dimensionamento para as três campanhas de determinação de vazões turbinadas.

Parâmetro de injeção	Campanha		
	Primeira	Segunda	Terceir
q_{ini} (ml/min)	1000	1000	1000
C_{pat}-C_0 (ppb)	1	2	2
Q_{turb} (m^3/s)	100	100	100
C_{inj} (%)	0,6	1,2	1,2
Número de injeções previstas	2	6	6
Tempo de duração injeção (min)	50	30	30
Volume de cada injeção (l)	50	30	30
Volume total de injeção (l) *	120	200	200
Massa de Uranina (g)	720	2400	2400
Massa de Amidorodamina G (g)	1296	4320	4320

Obs: * 20 litros em reserva.

A vazão de injeção (q_{inj}) deve ficar dentro de uma faixa compatível com aquela fornecida pela bomba peristáltica empregada na medição.

Como o comprimento da tubulação de recalque é bastante significativo num sistema de injeção de traçadores fluorescentes para determinação de vazões turbinadas e este aspecto poderia influenciar no rendimento das bombas peristálticas (figura 6), foram realizados inúmeros ensaios com as bombas peristálticas do Laboratório de Traçadores da COPPE/UFRJ, para que se tivesse uma estimativa das vazões

fornecidas por cada uma das bombas peristálticas disponíveis (Anexo I).

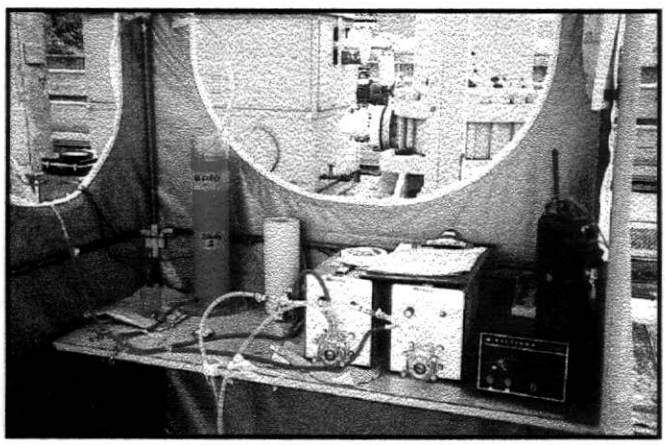


Figura 6 - Bombas peristálticas.

Após estes ensaios, ficou constatado que:

- Com o cabeçote modelo 7016-20 da Cole Parmer, uma mangueira de até 100 (cem) metros de recalque não produz diminuição significativa nas vazões de injeção, comparando-se com vazões realizadas sob mesmas rotações e com uma mangueira curta de recalque;
- Quando se utilizam os cabeçotes modelo 7018-20 e 7024-20 da Cole Parmer em baixas rotações e com mangueira de recalque até 100 (cem) metros, há uma diminuição de vazão desprezível, comparando-se com vazões realizadas sob mesmas rotações e com uma mangueira curta de recalque e
- Quando se utilizam os cabeçotes modelo 7018-20 e 7024-20 da Cole Parmer em altas rotações e com mangueira de recalque de até 100 (cem) metros, há uma diminuição de vazão em torno de 10% (dez por cento), comparando-se com vazões realizadas sob mesmas rotações e com uma mangueira curta de recalque.

As tabelas do Anexo I também podem ser utilizadas para se obter uma indicação inicial do tipo de cabeçote a ser utilizado e do número de controle de rotação a ser

implementado no motor, para que se atinja uma determinada vazão de injeção.

Conclui-se que as vazões produzidas com e sem grandes comprimentos de recalques, utilizando-se os cabeçotes 7018-20 e 7024-20 da Cole Parmer, diferem entre si mais pronunciadamente em altas rotações.

Para baixas vazões de injeção(150 a 350 ml/min), recomenda-se que seja utilizado o cabeçote 7016-20 da Cole Parmer e para altas vazões de injeção (480 a 1000 ml/min), recomenda-se que seja utilizado o cabeçote 7024-20 da Cole Parmer.

As mangueiras de recalque utilizadas nos ensaios de laboratório e nos trabalhos de campo possuiam diâmetro de 1/4" e são facilmente encontradas no mercado.

4.2 SISTEMA DE INJEÇÃO

O sistema de injeção de traçadores é um conjunto constituído por vários dispositivos, montados no posto de injeção (figura 7), que têm por finalidade garantir uma vazão de injeção contínua e uma concentração homogênea na solução de traçador a ser injetada.

O sistema de injeção é composto de diversos elementos, dentre os quais destacam-se os seguintes (figura 8):

- Barril de 200 l;
- Motor de misturamento;
- Motor de rotação controlada;
- Bomba de transferência;
- Agitador mecânico;

- Cronômetro;
- Proveta graduada;
- Bateria de 12 V ou fonte de alimentação DC;
- Bomba peristáltica;
- Pinças Hoffman;
- Conexão em "T";
- Conexões para ligação de mangueiras;
- Cabeçote e
- Mangueiras.

Figura 7 - Posto de injeção localizado no topo da barragem.

Antes de ser injetada e durante toda a injeção, a solução concentrada de traçador é misturada homogeneamente através do acionamento contínuo do agitador mecânico.

Ao ser injetada, a solução concentrada de traçador sai do barril de 200 litros e pode seguir por dois percursos distintos. Normalmente, o percurso do traçador passa antes pela proveta graduada e depois segue para a bomba peristáltica. Por segurança, existe a possibilidade de um percurso alternativo, que deriva diretamente para a bomba peristáltica. Para isto, utilizam-se pinças Hoffman colocadas convenientemente nas mangueiras(figura 8).

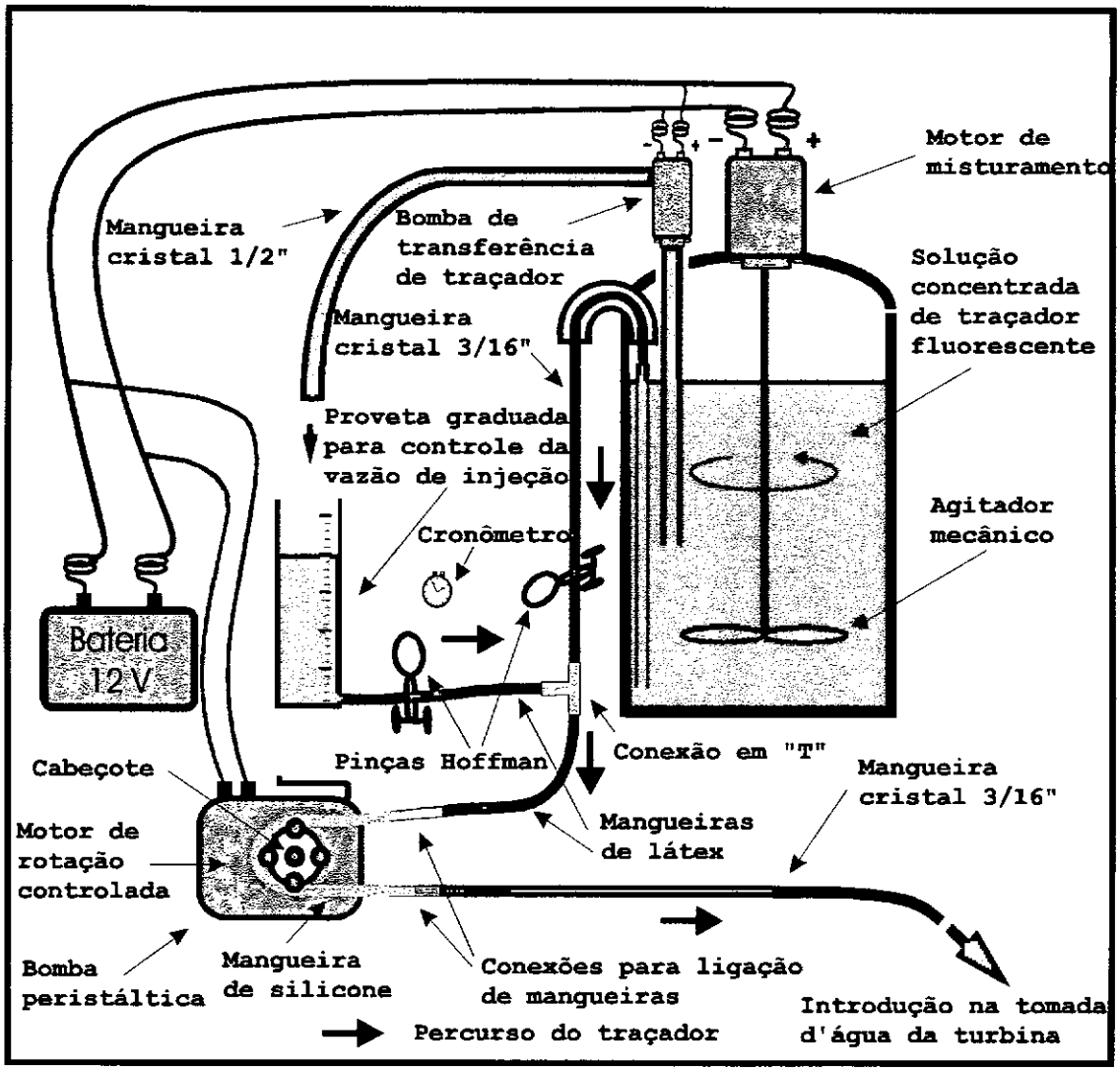


Figura 8- Dispositivo de injeção contínua de traçador.

O percurso da solução concentrada de traçador, passando pela proveta graduada, possibilita que a vazão de injeção(q_{inj}) seja medida através da marcação do tempo

correspondente ao escoamento de um certo volume previamente aferido na referida proveta graduada. Este procedimento para determinar a vazão de injeção (q_{inj}) é realizado várias vezes, a fim que seja feita uma avaliação estatística de sua precisão (item 3.4).

Quando a solução concentrada de traçador chega na bomba peristáltica, esta imprime uma vazão de injeção praticamente constante, mesmo que ocorra uma certa variação de nível da solução concentrada de traçador na proveta ou no barril, conforme será explicado a seguir.

O Anexo II apresenta os dados referentes aos ensaios realizados em laboratório para verificar a variação das vazões de injeção com relação ao desnível existente entre o eixo do cabeçote 7024-20 da Cole Parmer, que foi o cabeçote utilizado em todas as experiências para as injeções das determinações de vazões turbinadas desta tese, e a superfície livre do líquido a ser bombeado (figura 9).

Após estes ensaios, verificou-se que:

1. Se a superfície livre do líquido a ser bombeado oscilar numa altura de até 40 (quarenta) cm abaixo do eixo do cabeçote 7024-20 da Cole Parmer, não há oscilação na vazão de injeção;
2. Se a superfície livre do líquido a ser bombeado oscilar numa altura de 0 (zero) até 20 (vinte) cm acima do eixo do cabeçote 7024-20 da Cole Parmer, não há oscilação na vazão de injeção, e
3. Se a superfície livre do líquido a ser bombeado oscilar numa altura acima de 20 cm do eixo do cabeçote 7024-20, há um pequeno aumento na vazão de injeção.

Como a superfície livre da solução de traçador geralmente se encontra abaixo do eixo do cabeçote, durante as injeções realizadas para determinações de vazões turbinadas, pode-se

afirmar que não há oscilação na vazão de injeção da bomba peristáltica.

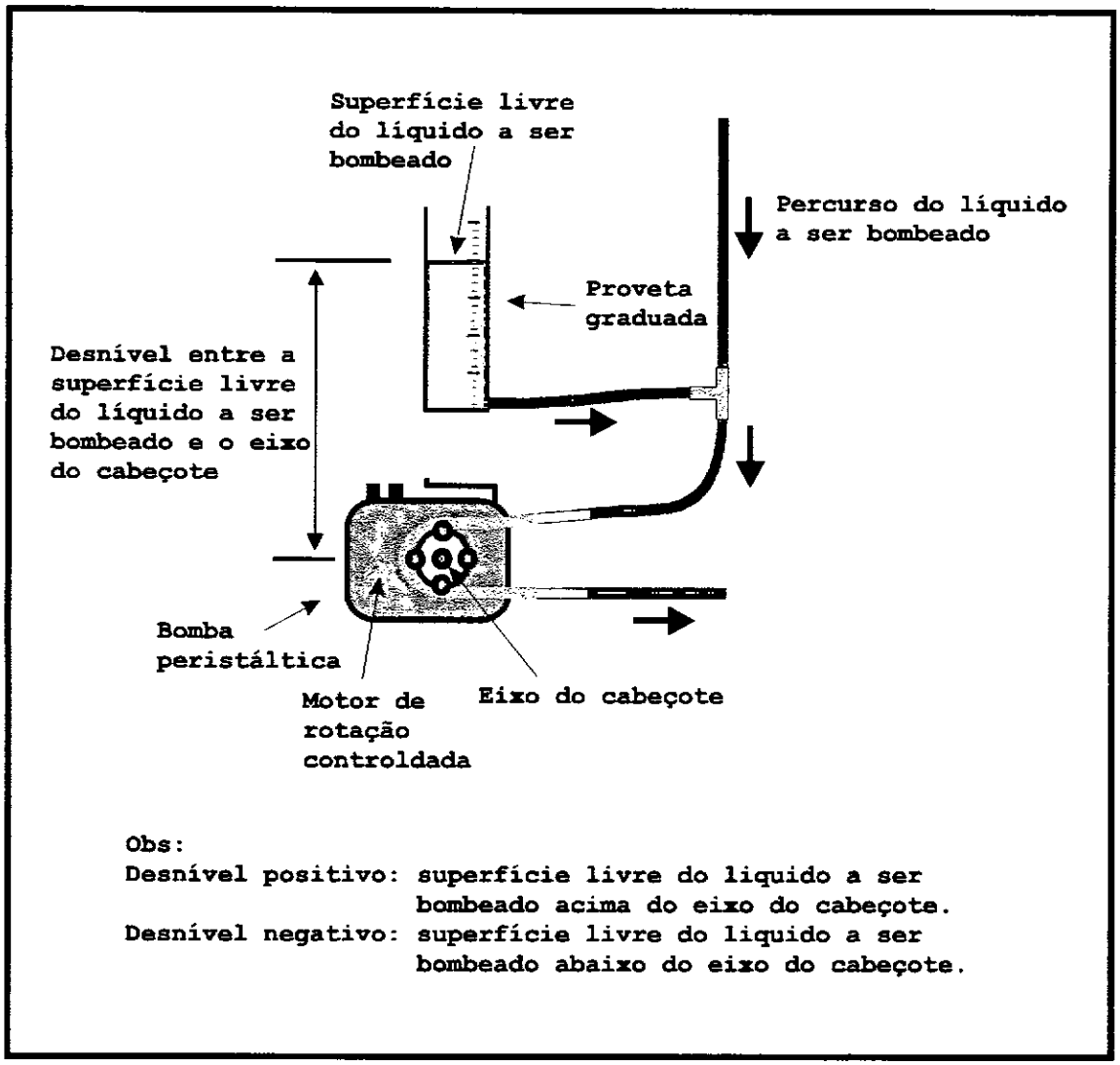


Figura 9 - Dispositivo para ensaios de verificação da variação da injeção com o cabeçote 7024-20 da Cole Parmer.

Conclui-se que para se obter uma melhor precisão na vazão de injeção, deve-se limitar a variação do nível da solução de traçador ao valor máximo de 40 cm, em cada determinação de vazão. É desejável que, no início da determinação de vazão, o nível da solução de traçador esteja localizado, no máximo, 20 cm acima do eixo do cabeçote.

Como o tempo de injeção em cada determinação de vazão turbinada realizada na UHE Funil foi da ordem de 30

minutos, a variação de nível da solução de traçador foi em torno de 25 cm.

4.3 COLETA DE AMOSTRAS

Após iniciada a injeção, deve-se fazer a coleta de amostras nos postos de amostragem para a determinação de suas fluorescências (F_{pat}) e fazer a coleta de alíquotas da solução concentrada de traçador no posto de injeção, também para a determinação de suas fluorescências (F_{dil}). Ambas as coletas devem ser feitas em número suficiente para que se possam realizar suas análises estatísticas (item 3.4).

Na Usina Hidrelétrica de Funil, as coletas de amostras foram realizadas em dois postos distintos: A primeira coleta foi realizada junto à turbina (figura 10) e a segunda coleta foi executada na saída do canal de restituição (figura 11). A escolha de tais locais de coleta foi feita de modo a permitir comparar o grau de misturamento ocorrido antes e depois da turbina e assim avaliar a importância da turbina no processo de misturamento do traçador com a água.

Durante a primeira e segunda campanhas de determinação de vazões turbinadas, o momento de início de coleta de amostras na UHE Funil, nos postos de amostragem a jusante, foi indicado, em tempo real, por registros gráficos das concentrações dos traçadores, mostrados na tela de um "lap top". Estas concentrações foram avaliadas através de dois fluorímetros TURNER modelo 10 ligados em série, equipados com filtros para leituras de intensidades de fluorescência de Amidorodamina G (figura 10).

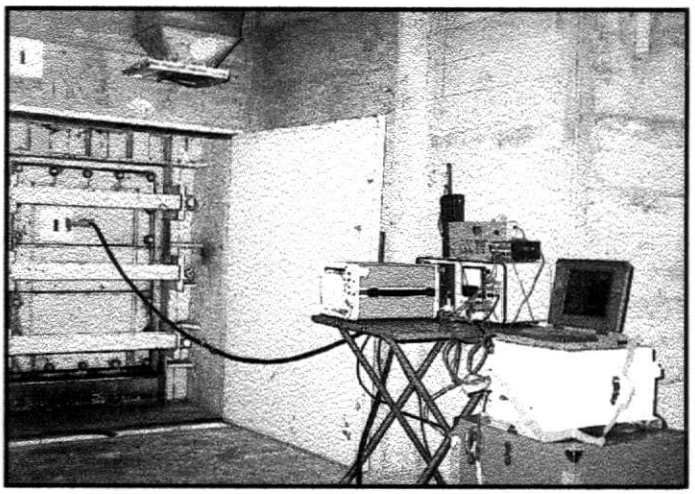


Figura 10 - Posto de amostragem situado junto à turbina.

A montagem descrita anteriormente permitiu verificar visualmente o atingimento das condições estacionárias iniciais das concentrações dos traçadores, em geral em torno de 2 ppb. A partir deste momento, foram coletadas as amostras para cada determinação de vazão.

Figura 11 - Posto de amostragem situado no canal de fuga.

Após as duas campanhas iniciais, optou-se por não se utilizar mais os dois fluorímetros TURNER modelo 10 para visualização das condições estacionárias iniciais das concentrações dos traçadores, já que este aparato não era

imprescindível. As coletas de amostras nos dois postos de amostragem foram iniciadas dois minutos após o início da injeção, tempo necessário para que o traçador percorresse o trecho entre o posto de injeção e os postos de amostragem. Dois minutos após o término da injeção as coletas foram encerradas.

A figura 12 ilustra uma seção transversal da barragem da UHE Funil, indicando o local de injeção de traçador (posto de injeção) e coleta de amostras (postos de amostragem).

Durante as determinações de vazões na UHE Funil, as coletas realizadas no posto de coleta localizado no canal se revestiu de peculiaridades especiais, já que foi necessária a utilização de uma bomba submersa atrelada a um lastro de chumbo de 50 kg para fazer face às elevadas velocidades existentes naquele local (figura 12).

Após realizada a coleta, cada amostra foi colocada em um frasco opaco de polietileno de 60 ml, previamente etiquetado, identificado com o local de medição, um número seqüencial e a hora exata de coleta.

Depois que as amostras foram coletadas, elas foram acondicionadas em um engradado especial, coberto por um saco plástico negro, de modo a evitar eventual fotodecaimento dos traçadores e, então, encaminhadas ao laboratório para análise em espectrofluorímetros Jobin-Yvon JY-3 (figura 13).

As leituras de fluorescências foram realizadas por lotes, correspondendo a cada uma das vazões a serem determinadas. Os lotes eram compostos das alíquotas já diluídas (item 3.3.1) coletadas no posto de injeção e das amostras coletadas no respectivo posto de amostragem (canal ou turbina).

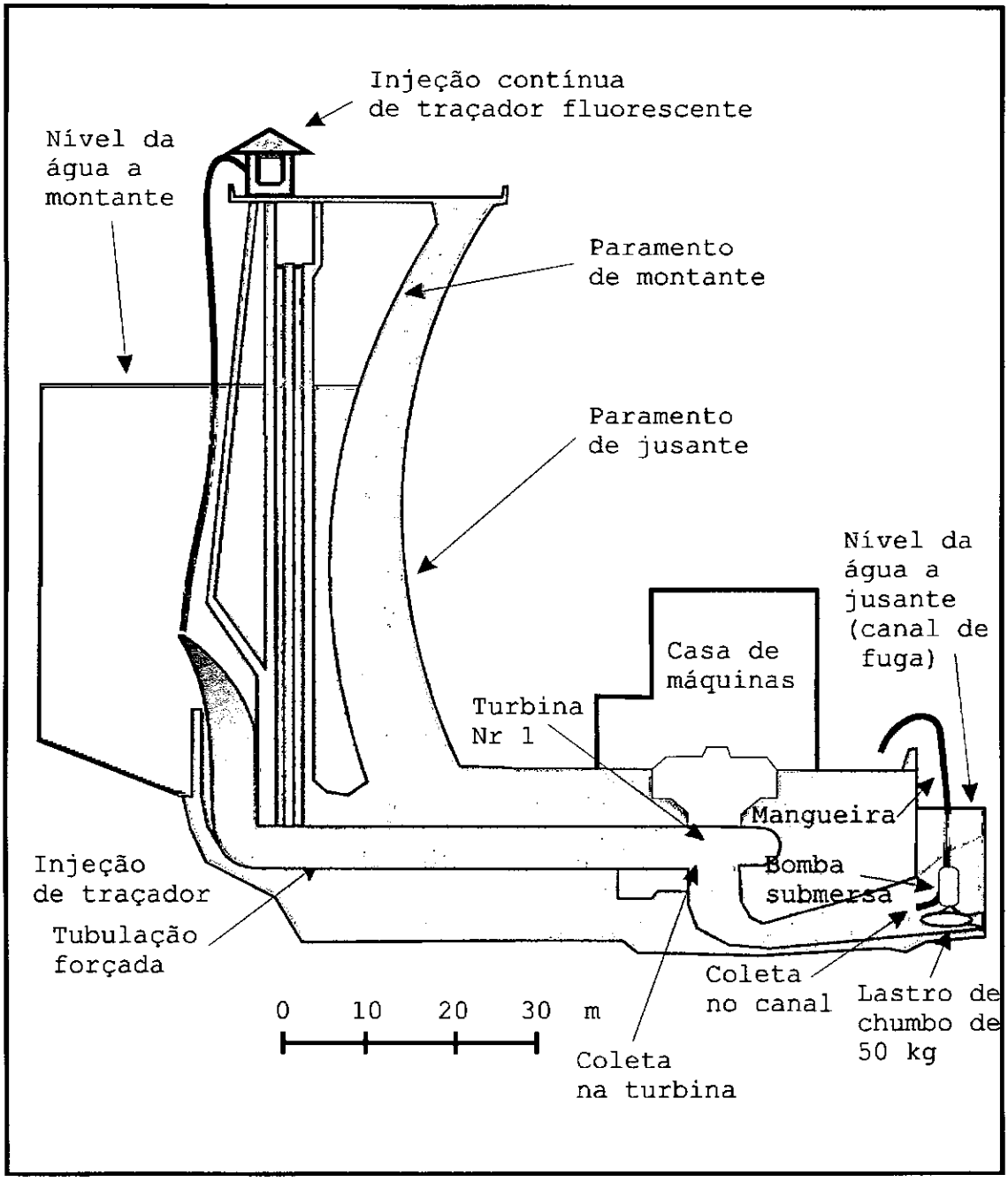


Figura 12 - Locais de injeção de traçador e coleta de amostras na UHE Funil.

Depois de iniciadas as leituras das fluorescências das alíquotas e amostras de um determinado lote, estas não poderiam sofrer paralisação, a fim de que as amostras e alíquotas fossem analisadas sob as mesmas condições analíticas.

A ordem de análise dos lotes foi a seguinte:

1.A primeira metade das amostras, coletadas no respectivo posto de amostragem(canal ou turbina);
2.As alíquotas já diluídas, coletadas no posto de injeção e
3.A segunda metade das amostras, coletadas no respectivo posto de amostragem (canal ou turbina).

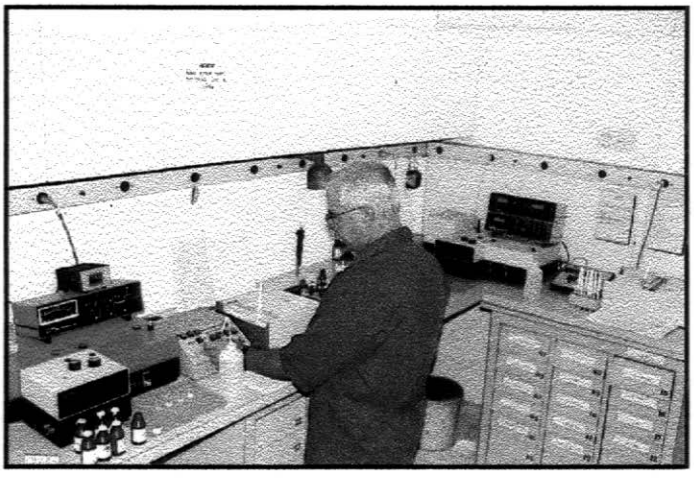


Figura 13 - Análise fluorimétrica de amostras e alíquotas.

5. ENSAIOS REALIZADOS

A Usina Hidrelétrica de Funil, situada no Rio Paraíba do Sul e operada por Furnas Centrais Elétricas (figura 14) foi escolhida para a realização dos ensaios principalmente porque esta possui uma das menores distâncias disponíveis para misturamento do traçador no escoamento entre as grandes e médias hidrelétricas brasileiras (tabela 2). Além disto, esta hidrelétrica fica situada na cidade de Itatiaia, distante cerca de 280 quilômetros da cidade do Rio de Janeiro, de onde partiram as equipes de trabalho com equipamentos para a realização das experiências.

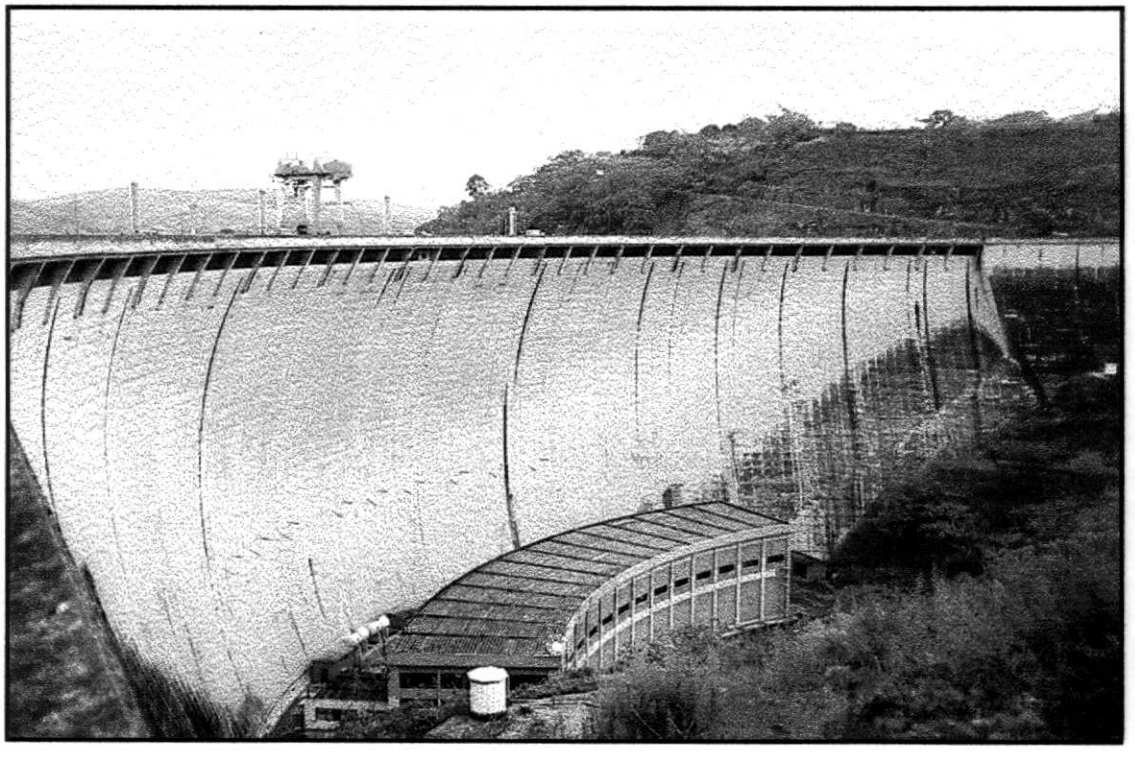


Figura 14 - Barragem da UHE Funil.

A proximidade com a "base logística" facilitou a execução dos ensaios, que puderam ser realizados em dois ou três dias, sendo um ou dois para a montagem dos equipamentos de injeção e coleta de amostras e outro para a realização dos ensaios propriamente ditos.

Foram realizadas ao todo três campanhas de determinação de vazões turbinadas, sendo todos os ensaios feitos na turbina Nº 1 da UHE Funil (figura 15).

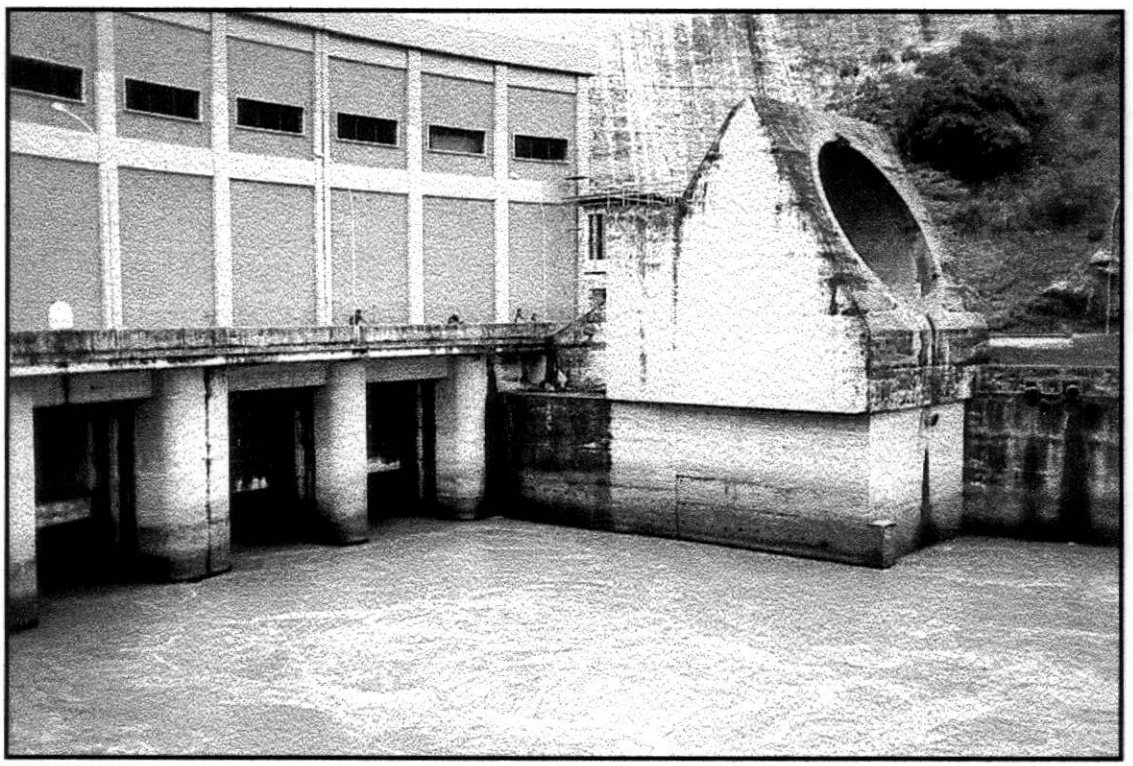


Figura 15 - Vista do Canal de fuga e saída da turbina Nº 1 da UHE Funil.

5.1 CONFIGURAÇÕES DE INJEÇÃO

Como a intensidade de misturamento de um traçador no escoamento pode melhorar com o aumento do número de pontos de injeção[5], foram adotadas várias configurações de injeção durante as campanhas de determinação de vazões turbinadas, com a finalidade de averiguar até que ponto uma determinada configuração seria vantajosa do ponto de vista "complexidade do dispositivo em função dos benefícios decorrentes da adoção do dispositivo".

Foram definidas cinco configurações para a injeção de traçadores (figura 16):

- Com um ponto de injeção;
- Com dois pontos de injeção;
- Com três pontos de injeção;
- Com quatro pontos de injeção em um mesmo nível, e
- Com quatro pontos de injeção em dois níveis diferentes.

As injeções realizadas com um, dois ou três pontos de injeção tiveram as extremidades das mangueiras de injeção localizadas em um só nível, numa cota 53 (cinqüenta e três) metros abaixo do topo da barragem. As injeções realizadas com quatro pontos de injeção tiveram as extremidades das mangueiras de injeção localizadas em um só nível (numa cota 53 metros abaixo do topo da barragem) ou em dois níveis (duas extremidades de mangueiras numa cota 51 metros abaixo do topo da barragem e duas outras numa cota 55 metros abaixo do topo da barragem).

Por motivo de simplificação, adotou-se a seguinte nomenclatura para designar as diversas configurações de injeção: dois números e entre eles a letra "x", onde o primeiro número diz respeito ao número total de pontos de injeção e o segundo número diz respeito ao número de níveis de injeção.

Desta forma, as configurações de injeção mostradas na figura 16 ficarão identificadas da seguinte forma:

- Um ponto de injeção (1 nível): configuração "1x1";
- Dois pontos de injeção (1 nível): configuração "2x1";
- Três pontos de injeção (1 nível): configuração "3x1";
- Quatro pontos de injeção (1 nível): configuração "4x1", e
- Quatro pontos de injeção (2 níveis): configuração "4x2".

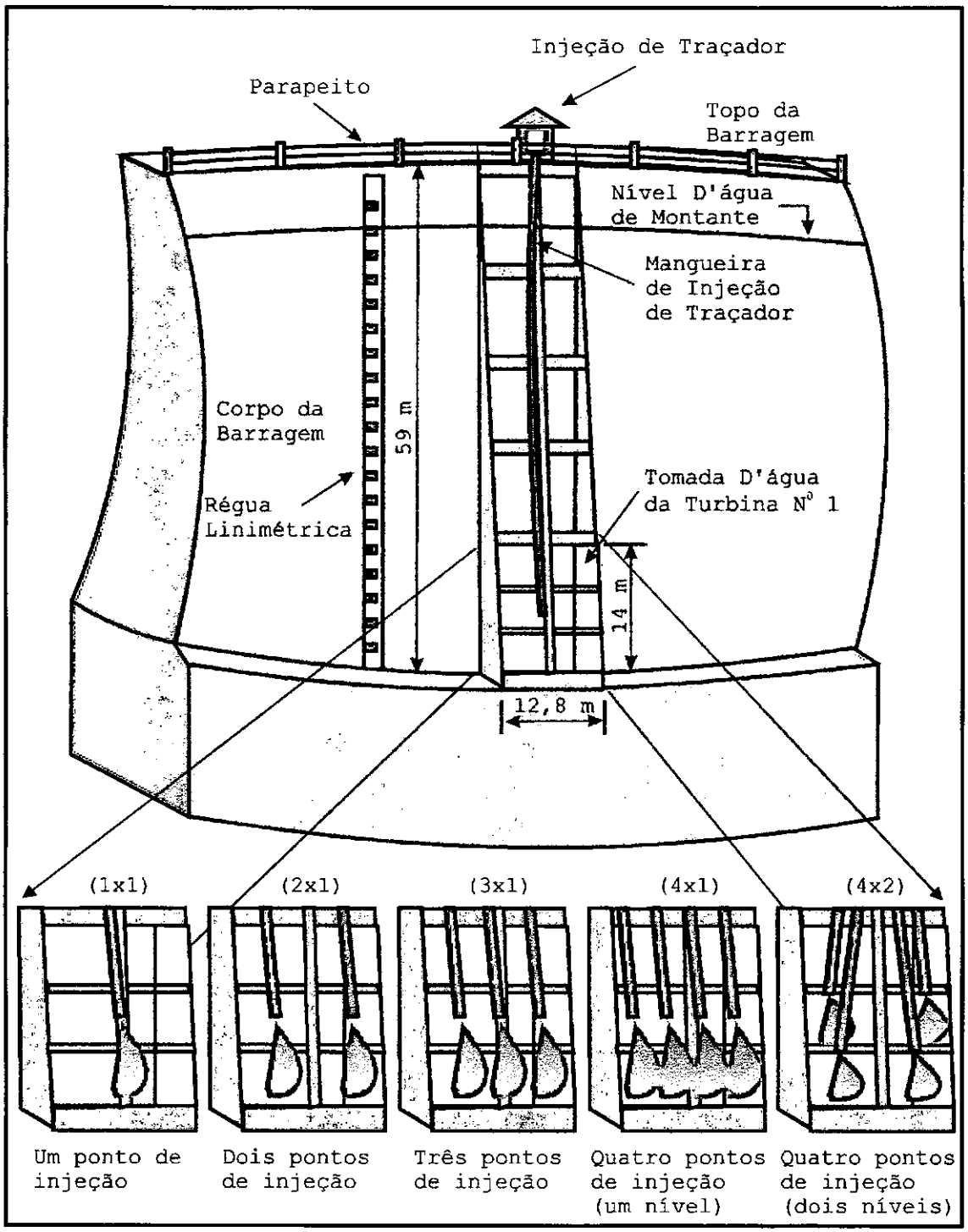


Figura 16 - Aspecto das configurações dos dispositivos de injeção.

5.2 PRIMEIRA CAMPANHA

A primeira campanha de determinação de vazões turbinadas da Usina Hidrelétrica de Funil ocorreu nos dias 25, 26 e 27 de outubro de 1995.

Nesta campanha tentou-se construir uma treliça de perfis de alumínio, que conduziria as mangueiras do sistema de injeção até a cota desejada no fundo do reservatório, a fim de que todos os terminais das mangueiras de injeção ficassem num mesmo nível. Esta tentativa se mostrou infrutífera, pois a referida treliça tinha comprimento desproporcional à largura (12 m x 0,5 m), tendo como conseqüência a formação de flechas exageradas e dificuldades no seu manuseio. A solução encontrada foi lastrear as mangueiras individualmente e medir seus comprimentos a partir do topo da barragem para que atingissem a profundidade necessária para a injeção.

A tabela 4 contém um resumo dos dados de campo colhidos durante a realização dos ensaios da primeira campanha.

Nesta tabela e nas outras referentes à segunda e terceira campanhas, a primeira linha contém a ordem da campanha, o fator de diluição (δ) e a data da injeção. Os demais dados foram divididos em quatro campos:

- Dados gerais, com a configuração de injeção, altura de queda bruta e potência gerada;
- Amostras do patamar, com o local de coleta das amostras (canal ou turbina), intervalo de tempo entre a coleta das amostras e quantidade de amostras coletadas para reanálise em laboratório;
- Controle de injeção, com a quantidade de alíquotas coletadas e a quantidade de tempos coletados para aferição da vazão de injeção, e
- Duração da injeção, com as horas de início e término da injeção.

Tabela 4 - Dados de campo da primeira campanha.

Primeira Campanha				δ = 8.000.000				Data Inj: 27/10/95	
Dados Gerais			Amostras no Patamar			Controle Injeção		Duração injeção	
Conf	Hb (m)	Pot (MW)	Local Coleta	Interv Coleta (s)	Quant amost	Quant alíq	Quant Tempos	Início (h)	Fim (h)
1x1	65,1	43	Turb	60	38	8	16	15:30	16:00
2x1	65,1	44	Turb	60	90	15	27	17:10	18:00

5.3 SEGUNDA CAMPANHA

A segunda campanha de determinação de vazões turbinadas ocorreu nos dias 22, 23 e 24 de novembro de 1995. Os dois primeiros dias foram destinados à montagem dos equipamentos, inclusive de um sistema de aquisição de dados computadorizado ("data logger"). A injeção propriamente dita ocorreu no dia 24 de novembro.

A tabela 5 contém um resumo dos dados de campo colhidos durante a realização dos ensaios da segunda campanha.

Tabela 5 - Dados de campo da segunda campanha.

Segunda Campanha				δ = 4.000.000				Data Inj: 24/11/95	
Dados Gerais			Amostras no Patamar			Controle Injeção		Duração injeção	
Conf	Hb (m)	Pot (MW)	Local Coleta	Interv coleta (s)	Quant amost	Quant alíq	Quant Tempos	Início (h)	Fim (h)
1x1	64,5	50	Can	30	56	24	11	10:50	11:19
2x1	64,5	49	Can	30	78	24	18	12:00	12:38
3x1	64,5	51	Can	30	41	24	8	13:37	14:00
4x2	64,1	59	Can	30	51	24	13	15:50	16:20
4x1	64,0	59	Can	30	69	24	15	17:00	17:40
1x1	64,5	50	Turb	30	52	24	11	10:50	11:19
2x1	64,5	49	Turb	30	77	24	18	12:00	12:38
3x1	64,5	51	Turb	30	43	24	8	13:37	14:00
4x2	64,1	59	Turb	30	53	24	13	15:50	16:20
4x1	64,0	59	Turb	30	72	24	15	17:00	17:40

5.4 TERCEIRA CAMPANHA

A segunda campanha de determinação de vazões turbinadas ocorreu nos dias 21 e 22 de maio de 1996. No primeiro dia os equipamentos foram montados e no segundo dia (22 de maio) foi realizada a injeção. Como o tempo de trânsito dos traçadores no percurso do posto de injeção até os postos de coleta eram conhecidos (em torno de 2 minutos), foi decidido que os fluorímetros não seriam levados para o campo. Isto simplificou bastante o procedimento de montagem dos equipamentos.

A tabela 6 contém um resumo dos dados de campo colhidos durante a realização dos ensaios da terceira campanha.

Tabela 6 - Dados de campo da terceira campanha.

Terceira Campanha			δ = 4.000.000					Data Inj: 22/05/96	
Dados Gerais			Amostras no Patamar			Controle Injeção		Duração injeção	
Conf	Hb (m)	Pot (MW)	Local Coleta	Interv coleta (s)	Quant amost	Quant alíq	Quant Tempos	Início (h)	Fim (h)
1x1	72	49	Can	30	20	18	4	11:36	11:51
2x1	72	51	Can	30	38	18	9	12:18	12:48
4x1	72	48	Can	30	51	18	10	13:03	13:37
4x1	71,9	61	Can	30	44	18	11	14:26	14:56
2x1	71,3	60	Can	30	53	18	12	15:00	15:32
1x1	71,3	60	Can	30	65	18	11	15:35	16:10
1x1	72	49	Turb	30	19	18	4	11:36	11:51
2x1	72	51	Turb	30	38	18	9	12:18	12:48
4x1	72	48	Turb	30	51	18	10	13:03	13:37
4x1	71,9	61	Turb	30	44	18	11	14:26	14:56
2x1	71,3	60	Turb	30	50	18	12	15:00	15:32
1x1	71,3	60	Turb	30	56	18	11	15:35	16:10

De acordo com as tabelas 4, 5 e 6, verifica-se que as alturas de queda brutas não variaram significativamente durante determinações de vazões com condições de potência gerada da mesma ordem de grandeza. A maior variação de altura de queda bruta, durante determinações de vazões com condições de potência gerada da mesma ordem de grandeza, ocorreu na terceira campanha, onde as potências geradas foram de 61 MW, 60 MW e 60 MW e alturas de queda brutas

correspondentes foram de 71,9 m, 71,3 m e 71, 3 m. Esta variação de altura de queda bruta corresponde a 0,8%.

6. RESULTADOS OBTIDOS

No anexo III são apresentados todos os dados medidos, com os quais foram realizados os cálculos das vazões turbinadas e apresentada uma análise estatística de cada um dos componentes da equação 3.4., que é a base de cálculo da vazão turbinada pelo Método da Injeção Contínua.

6.1 CÁLCULO DAS VAZÕES TURBINADAS

As vazões turbinadas foram calculadas em planilhas eletrônicas (Anexo III). A figura 17 ilustra todos os procedimentos de cálculos utilizados nestas planilhas. Elas foram divididas basicamente em quatro campos, a saber:

- Cabeçalho, contendo informações para identificação da determinação de vazão em curso.
- Dados do posto de injeção, contendo os tempos para o cálculo das vazões de injeção (q_{inj}), valores das vazões de injeção e os valores das fluorescências já diluídas das alíquotas. Neste campo também são calculados a média, desvio padrão e variação percentual das vazões de injeção e fluorescências das alíquotas já diluídas (Equação 3.13).
- Dados do posto de amostragem, contendo os valores das fluorescências das amostras coletadas neste posto. Neste campo também são calculados a média, desvio padrão e variação percentual (Equação 3.13) das fluorescências das amostras.
- Vazão turbinada calculada pela planilha, contendo seus valores médios e suas variações percentuais.

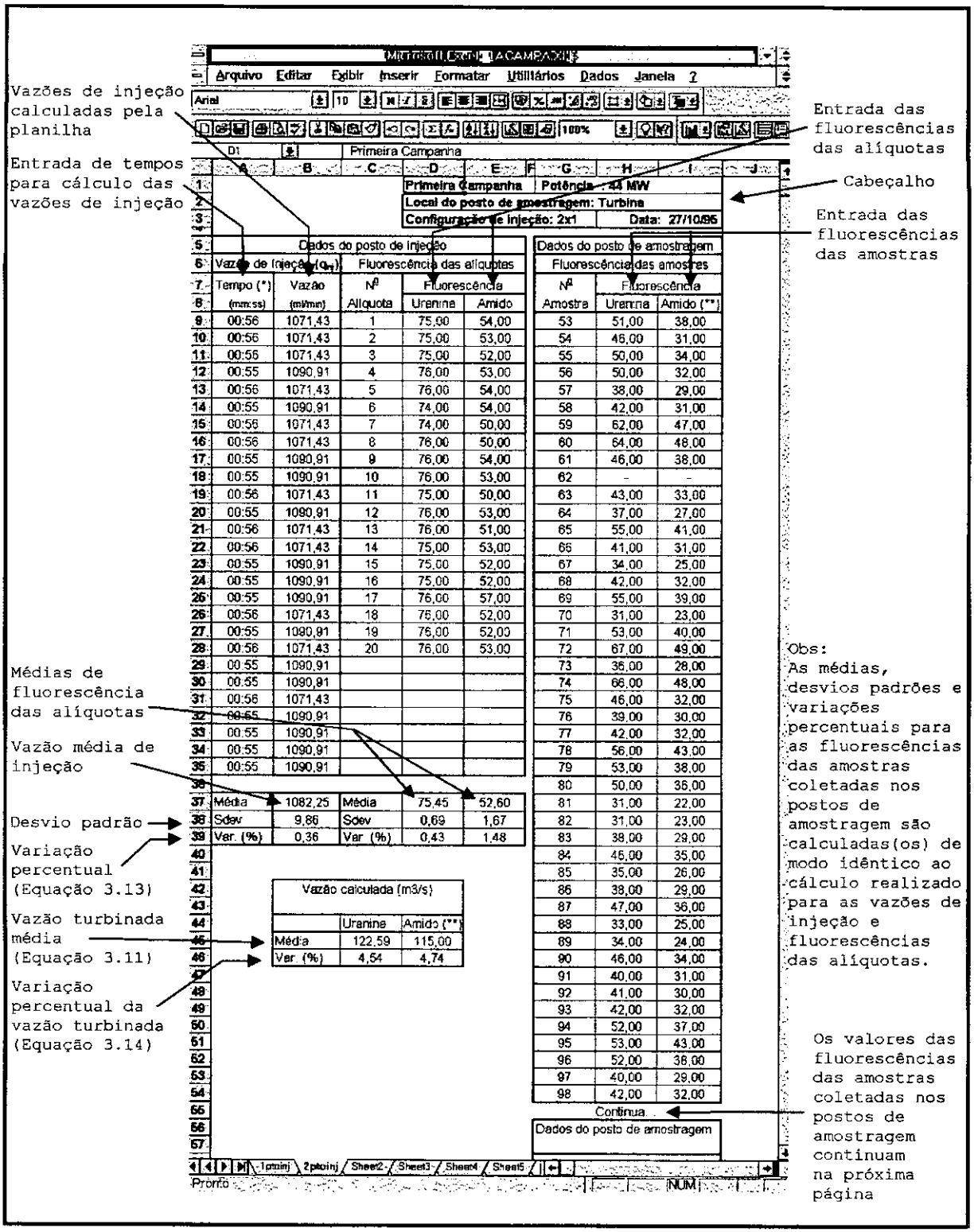


Figura 17 - Metodologia de cálculo das planilhas do Apêndice C.

6.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

A tabela 7 apresenta os dados utilizados para o cálculo da vazão turbinada com traçadores e as vazões turbinadas fornecidas por Furnas.

Tabela 7 - Dados referentes aos cálculos das vazões turbinadas calculadas e fornecidas por Furnas.

Conf	Pot mW	Dados do posto de injeção			Dados do posto de amostragem		Vazão obtida com traçadores			Vazão fornec por Furnas
		q_{inj} ml/min	F_{dil}		F_{pat}		Q_{turb} m^3/s			Q_{turb} m^3/s
			Ura	Ami	Ura	Ami	Ura	Ami	Média	
Primeira Campanha (δ=8.000.000)										
Coleta na Turbina										
1x1	43	1068	78,0	52,2	54,9	41,6	101	89	95	79
2x1	44	1082	75,5	52,6	44,4	33,0	123	115	119	86
Segunda Campanha (δ=4.000.000)										
Coleta no Canal										
1x1	50	848	87,1	88,6	48,3	49,7	102	101	102	89
2x1	49	1017	88,5	90,4	59,8	61,7	100	99	100	89
3x1	51	984	89,1	91,8	57,7	59,5	101	101	101	93
4x2	59	1173	86,7	90,2	55,9	57,3	121	123	122	111
4x1	59	1155	86,6	88,1	54,4	55,9	123	122	123	111
Coleta na Turbina										
1x1	50	848	95,3	92,7	58,1	59,4	93	88	91	89
2x1	49	1017	94,9	93,8	60,0	60,7	107	105	106	89
3x1	51	984	94,8	95,6	58,7	60,1	106	104	105	93
4x2	59	1173	87,2	88,8	63,6	65,2	107	107	107	111
4x1	59	1155	84,9	86,0	61,9	63,7	106	104	105	111
Terceira Campanha (δ=4.000.000)										
Coleta no Canal										
1x1	49	730	82,4	101,7	46,8	60,1	86	82	84	82
2x1	51	988	73,0	94,5	60,8	79,4	79	78	79	85
4x1	48	1022	74,4	96,8	61,2	79,7	83	83	83	81
4x1	61	1035	78,1	100,2	54,5	71,0	99	97	98	99
2x1	60	992	74,4	96,9	52,0	67,6	95	95	95	99
1x1	60	774	77,7	100,6	43,0	55,3	93	94	94	99
Coleta na Turbina										
1x1	49	730	93,4	112,6	40,7	52,6	112	104	108	82
2x1	51	988	88,3	107,0	51,8	65,9	112	107	110	85
4x1	48	1022	94,3	116,7	63,2	81,2	102	98	100	81
4x1	61	1035	71,5	88,2	40,2	51,2	123	119	121	99
2x1	60	992	74,4	93,9	42,1	53,6	117	116	117	99
1x1	60	774	68,5	85,4	28,9	36,5	123	121	122	99

Na tabela 7 são apresentadas(os), na ordem, as configurações de injeção, as potências médias geradas no momento das determinações de vazão, os valores das vazões médias de injeção, as fluorescências médias das alíquotas já diluídas, as fluorescências médias das amostras, as vazões turbinadas calculadas com o uso de traçadores, as médias das vazões turbinadas calculadas com os traçadores Uranina e Amidorodamina G e as Vazões turbinadas fornecidas por Furnas. Para efeito de simplificação das tabelas e gráficos que se seguem, o traçador Uranina será chamado simplesmente de "ura" e o traçador Amidorodamina G de "ami".

A tabela 8 fornece as variações percentuais (item 3.4) dos dados do posto de injeção (número de tempos tomados para aferição da vazão de injeção, vazão de injeção e fluorescência das alíquotas já diluídas) e do posto de amostragem (fluorescência das amostras) e relativas às vazões turbinadas calculadas, para Uranina e Amidorodamina G, durante às determinações de vazões realizadas nas três campanhas.

6.2.1 CONDIÇÃO DE MISTURAMENTO

O misturamento do traçador com a água, no posto de amostragem localizado na turbina, de modo geral, foi pior que no posto de amostragem localizado no canal. Este fato pode ser observado diretamente na coluna "F_{pat}" da tabela 8 e na figura 18.

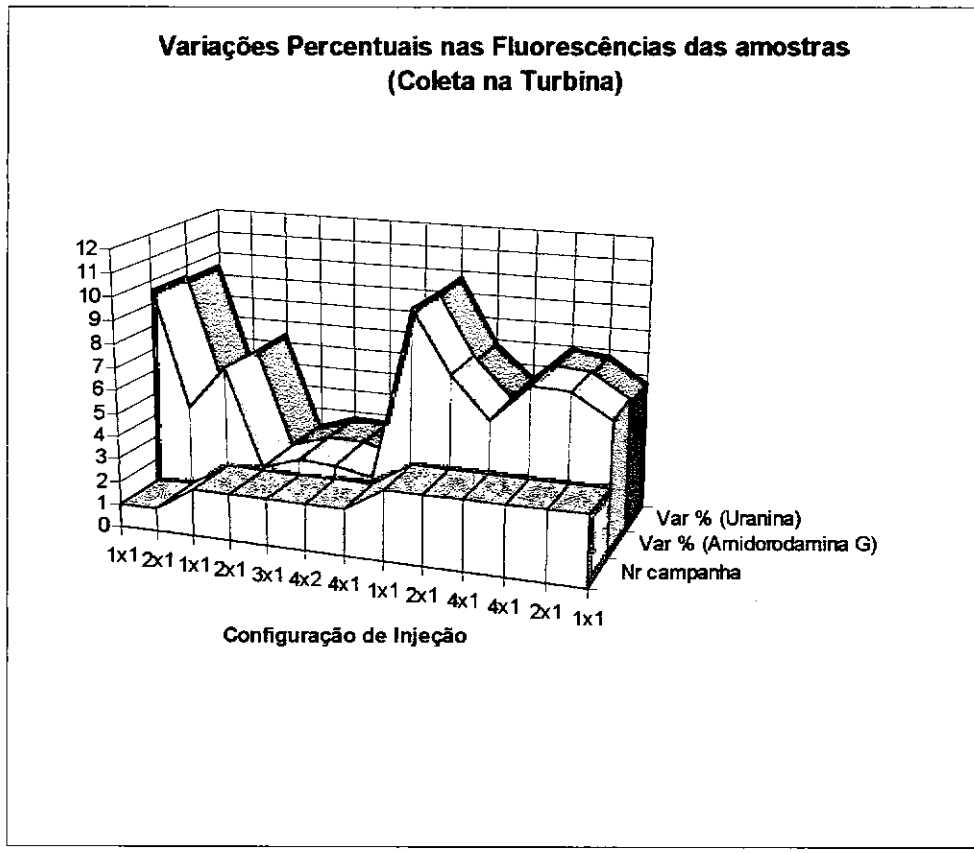
Como conseqüência, as vazões determinadas de amostras coletadas junto à turbina apresentaram imprecisões maiores, chegando mesmo a mostrar valores incoerentes. Exemplos desta incoerência podem ser vistos na coluna "vazão

calculada" da tabela 7, onde para valores próximos de potências, as vazões flutuam de modo acentuado nas três campanhas. Outro exemplo desta incoerência também pode ser visto nesta mesma coluna da tabela 7, onde , a incrementos de potência da ordem de 20%, não corresponderam incrementos proporcionais de vazão. Este resultado inadequado pode ter sido oriundo do local de coleta junto à parede da turbina.

Tabela 8 - Variações percentuais das medições

Conf	Pot (MW)	Dados do posto de injeção				Dados do posto de amostragem		Vazão Calculada	
		Nr tempos	q_{inj} (%)	$F_{alíq}$ (%)		F_{pat} (%)		Q_{turb} (%)	
				Ura	Ami	Ura	Ami	Ura	Ami
Primeira Campanha									
Coleta na Turbina									
1x1	43	16	1,1	1,0	2,7	9,4	9,6	9,5	10,0
2x1	44	27	0,4	0,4	1,5	4,5	4,5	4,5	4,7
Segunda Campanha									
Coleta no Canal									
1x1	50	11	0,9	0,6	1,1	2,5	2,4	2,7	2,8
2x1	49	18	0,0	0,6	0,9	2,4	2,5	2,5	2,6
3x1	51	8	0,0	0,5	0,7	3,5	3,5	3,5	3,5
4x2	59	13	0,4	1,0	0,7	1,7	1,6	2,0	1,8
4x1	59	15	0,6	0,7	0,8	1,3	1,3	1,6	1,7
Coleta na Turbina									
1x1	50	11	0,9	0,5	0,8	6,4	6,4	6,5	6,5
2x1	49	18	0,0	0,4	0,8	2,2	2,1	2,2	2,3
3x1	51	8	0,0	0,8	1,1	2,7	2,7	2,8	2,9
4x2	59	13	0,4	0,8	0,8	2,7	2,6	2,8	2,8
4x1	59	15	0,6	0,6	0,7	2,3	2,3	2,5	2,5
Terceira Campanha									
Coleta no Canal									
1x1	49	4	1,0	1,3	0,9	3,1	2,2	3,5	2,5
2x1	51	9	2,1	1,3	1,0	1,8	1,7	3,0	2,9
4x1	48	10	1,0	1,4	1,1	1,6	1,6	2,3	2,2
4x1	61	11	0,5	1,3	1,1	1,7	1,9	2,2	2,2
2x1	60	12	1,7	1,3	1,2	1,6	1,6	2,7	2,7
1x1	60	11	0,9	1,4	1,0	1,6	1,5	2,3	2,1
Coleta na Turbina									
1x1	49	4	1,0	1,2	1,1	9,7	9,7	9,8	9,8
2x1	51	9	2,1	1,3	1,0	6,8	7,1	7,3	7,4
4x1	48	10	1,0	1,4	1,2	5,4	5,3	5,7	5,5
4x1	61	11	0,5	1,4	1,1	6,9	7,0	7,1	7,1
2x1	60	12	1,7	1,3	1,1	6,7	6,8	7,1	7,1
1x1	60	11	0,9	1,1	0,6	5,6	5,8	5,8	5,9

Como conclusão, os valores de vazões turbinadas a partir de coleta na turbina podem ser desconsiderados.



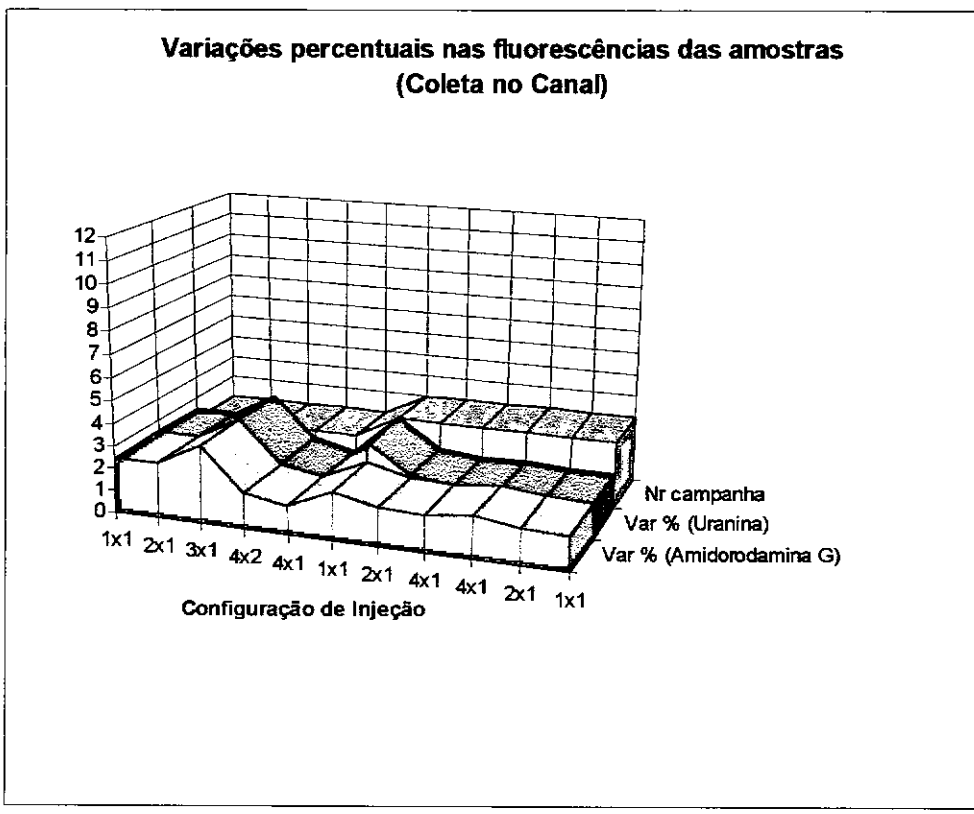


Figura 18 - Variações percentuais ocorridas nas fluorescências das amostras.

6.2.2 CONFIGURAÇÃO DE INJEÇÃO

De um modo geral, notou-se uma melhora no misturamento, utilizando-se configurações de injeção com até dois pontos de injeção. Configurações com mais de dois pontos de injeção não conduziram a melhorias significativas. Dos onze resultados obtidos (não foram computadas as medições na turbina), somente 2 casos apresentaram valores de vazão com desvios maiores, embora estes desvios sejam da ordem de precisão associada à medida.

Como conclusão, acredita-se que a configuração de injeção não contribui efetivamente para melhorar as condições de misturamento do traçador com a água, indicando que configurações mais simples podem ser adotadas sem prejuízo da precisão das vazões a serem determinadas.

6.2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS ERROS

De um modo geral, o componente que mais contribuiu para o erro associado à medição da vazão turbinada foi oriundo de "F_{pat}" (fluorescência das amostras).

Conclui-se que o erro típico oriundo da vazão de injeção foi menor que 1%, o oriundo de "F_{dil}" (fluorescência das alíquotas) ficou próximo de 1% e o oriundo de "F_{pat}" (fluorescência das amostras), que é o maior de todos , com exceção de 2 dois casos, ficou entre 1,5% e 2,5% no canal. O erro global das vazões turbinadas, com exceção de dois casos, ficou entre 1,6% e 3,0%.

Como não houve discrepância entre os valores de vazões medidas com o traçador Uranina e Amidorodamina G, conclui-se que o traçador Uranina, cuja fluorescência potencial é

mais sensível a influências ambientais, é um traçador adequado para medições de vazões turbinadas, pois, nesta condição específica, potenciais deficiências a fatores ambientais, especialmente fotodecaimento, não se fazem sentir.

6.2.4 COMPARAÇÃO DOS VALORES MEDIDOS COM TRAÇADORES E VALORES NOMINAIS FORNECIDOS POR FURNAS

Na terceira campanha, para potências em torno de 50 e 60 mW, as vazões turbinadas determinadas com traçadores estão próximas das vazões nominais fornecidas por Furnas.

Na segunda campanha, também com potências em torno de 50 e 60 mW, os resultados medidos com traçadores foram superiores em torno de 10% às vazões nominais fornecidas por Furnas. Esta defasagem não pode ser explicada de modo definitivo, pois não se conhece a precisão associada às vazões nominais originalmente fornecidas pelo fabricante da turbina.

7. CONCLUSÕES

O misturamento que ocorre em instalações de hidrelétricas "compactas", com comprimentos de tubulações relativamente curtos, parece não ser um fator efetivamente limitante na determinação de vazões turbinadas com emprego de traçadores.

A presença da turbina contribui para o misturamento localizado, eficiente e satisfatório para medições de vazões turbinadas com erros inferiores a 3%. Comprovou-se que, efetivamente, a maior origem para este erro é oriunda do grau de misturamento, uma vez que os erros oriundos da injeção podem ser minimizados pelos equipamentos utilizados nos trabalhos de campo.

Medições de vazões com amostras coletadas a jusante do tubo de sucção, no canal de restituição, forneceram resultados sempre melhores que os obtidos a partir de amostras coletadas junto à turbina.

O uso de injetores mais simples é adequado, não justificando o emprego de configurações de injeções com mais de dois pontos de injeção, que pareceram não contribuir de modo significativo para aumentar a precisão das medições de vazões.

A elevada sensibilidade de detecção do espectrofluorímetro utilizado na análise de alíquotas e amostras permitiu o emprego de quantidades de traçador muito pequenas, da ordem de 300 gramas, em cada injeção.

A Uranina, que é um traçador de fácil aquisição e, potencialmente, mais sensível às influências ambientais, obteve performance adequada às medições de vazões turbinadas.

As vazões turbinadas determinadas com traçadores e fornecidas por Furnas mostraram-se muito próximas num dos ensaios e defasadas em torno de 10% em outro ensaio, não sendo possível esclarecer os motivos desta discrepância.

A utilização simultânea de dois traçadores (Uranina e Amidorodamina G), permitiu duas determinações de vazões turbinadas distintas para cada injeção, possibilitando a comparação dos dois resultados, cuja maior defasagem entre eles foi da ordem de 0,2%.

Não é recomendada a utilização de dispositivos auxiliares (treliças) para posicionamento das mangueiras de injeção na entrada da tubulação forçada. Para este posicionamento, basta lastrear as pontas das mangueiras de injeção com um peso adequado, medindo-se na própria mangueira a profundidade em que esta deverá ser mantida.

8. RECOMENDAÇÕES

Com o objetivo de se otimizar o método de determinação de vazão turbinada proposto nesta tese, sugerem-se as seguintes recomendações:

Medições em maior número de verticais no canal de restituição, usando o dispositivo de resgate de "stop log" normalmente existente em hidrelétricas.

Utilização de outro método de injeção, como o da "injeção instantânea", de modo a simplificar as atividades de campo.

Pesquisa de dispositivo para controle automático de níveis do traçador na proveta graduada e aquisição automática de tempo entre dois níveis de traçador na proveta graduada, durante uma injeção.

Realizar aquisição de fluorescências nos postos de amostragem com fluorímetro, via "data logger" acoplado a um "lap top", de modo a permitir a integração da curva de passagem do traçador com o maior número de pontos possíves, quando se utilizar o Método da Injeção Contínua.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] MACINTYRE, A. J., Máquinas Motrizes Hidráulicas, Rio de Janeiro, Guanabara Dois, 1983.

[2] SALGADO, J. C. M., CAMPOS, J. D., CASTRO, J. E. M., Análise dos Dados de Vazões de Usinas Hidroelétricas na cascata do Rio Grande, Rio de Janeiro, 1983.

[3] BEDMAR, A., P., Isótopos em hidrologia, Editorial alhambra, 1972.

[4] BENISCHKE, R., Fluorescent Tracers in Hydrology - Principles, Instrumentation, Physico-chemical Properties, Analytics, Institute for Geothermics & Hydrogeology, Joanneum Research, *Graz*, 1989.

[5] CLAYTON, C. G., BALL, A. M., SPACKMAN, R., Dispersion and Mixing During Turbulent Flow of Water in a Circular Pipe, Isotope Research Division, Wantage research Laboratory, Berkshire, England, 1968.

[6] AMARANTE, C. A. P., Dams in Brazil - Brazilian Committee on Large dams, Editora Técnica Ltda, São Paulo, 1982.

[7] MAESTRINI, A. A., O Emprego dos Radioisótopos Para Medida de Vazão em Turbinas Hidráulicas, Instituto de Pesquisas Radioativas/UFMG - Divisão de Radioisótopos, Belo Horizonte, 1970.

[8] FERREIRA, O. C., URBAN, P. W., Medidas de Vazão em Turbinas Hidráulicas Usando Radioisótopos, Instituto de Pesquisas Radioativas/UFMG - Divisão de Radioisótopos, Belo Horizonte, 1970.

[9] MAESTRINI, A. A., Medidas de Vazão das Turbinas de Rio Bonito e Suissa Pelo Método dos Picos com Radioisótopos, Instituto de Pesquisas Radioativas, UFMG - Divisão de Radioisótopos, Belo Horizonte, 1972.

[10] MOREIRA, R. M., AUN, P. E., MINARDI, P. S. P. ET ALL, Medição de Descargas Líquidas e de Velocidades de Escoamento na Usina de Sá Carvalho - ACESITA, Divisão de Radioisótopos/DERL, CDTN/NUCLEBRÁS, Belo Horizonte, 1981.

[11] FRYDMAN, I., SOUTO, S. L. L., Medidas de Vazão com Rádio-traçadores na Usina Hidroelétrica do Jacuí, DEN UFRGS CNEN, Porto Alegre, 1974.

[12] MAESTRINI, A. A., CUNHA, P. M. R., MELLO, H., Ensaios Finais da Máquina n° 3 da UHE Guaricana, da Cia. Força e Luz do Paraná, Instituto de Pesquisas Radioativas, UFMG - Divisão de Radioisótopos, Belo Horizonte, 1972.

[13] ROLDÃO, J. S. F., Medições das vazões turbinadas na U.H.E. de Macabu através de traçadores fluorescentes, Projeto COPPETEC ET-150539, Rio de Janeiro, 1993.

[14] KLINE S. J. AND MCCLINTOCK, "Describing Uncertaints in Single-Sample Experiments", Mechanical Engineering, pp. 3-9, 1953.

[15] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NB-228, Turbinas Hidráulicas - Ensaios de Campo, Rio de janeiro, pp. 16-46, 1990.

[16] ALLEN AND TAYLOR, "The Salt-Velocity Method of Water Measurement", Mechanical Engineering, v. 46, pp. 13-16, 1972.

[17] WHITE, K. E., Hydrometry: Principles and practices, London, John Wiley & Sons Ltd., 1978.

[18] ISO 555 - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Liquid flow measurement in open channels - Dilution methods for measurement of steady flow - Constant-rate injection method, pp. 1-3, 1973.

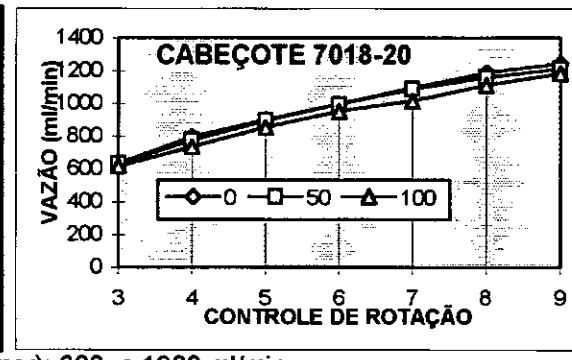
[19] KILPATRICK, F. A. AND COBB, E. D., Techniques of water-resources investigations of the United States Geological Survey, United States Government printing office, Washington, 1985.

[20] BEHRENS, H., "Untersuchungen zum Quantitativen Nachweis von Fluorezenzfarstoffen bei ihrer Anwendung als Hydrologische Markierrungsstoffe", Geologica Bavaria, Munich , pp. 64, 120-131, 1971.

APÊNDICE A

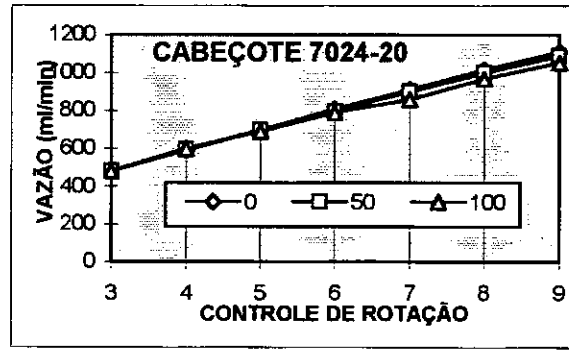
TABELAS E GRÁFICOS DE VAZÕES EXPERIMENTAIS DOS CABEÇOTES 7018-20, 7024-20, e 7016-20 COM MOTOR 7533-40, TODOS DA COLE PARMER, PARA DIVERSOS COMPRIMENTOS DE RECALQUE.

Tabela de vazão experimental (ml/min)			
Controle de rotação	COMP. RECALQUE (m)		
	0	50	100
3	632	632	618
4	796	777	734
5	899	896	855
6	992	995	951
7	1095	1087	1014
8	1187	1159	1111
9	1245	1210	1185



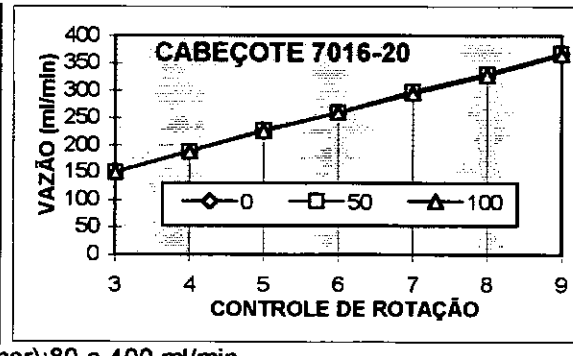
Faixa de vazão nominal (dado da Cole Parmer): 380 a 1900 ml/min

Tabela de vazão experimental (ml/min)			
Controle de rotação	COMP. RECALQUE (m)		
	0	50	100
3	480	480	480
4	588	594	600
5	697	698	690
6	806	796	789
7	909	903	857
8	1017	1000	968
9	1111	1090	1053



Faixa de vazão nominal (dado da Cole Parmer): 280 a 1400 ml/min

Tabela de vazão experimental (ml/min)			
Controle de rotação	COMP. RECALQUE (m)		
	0	50	100
3	150	150	150
4	188	188	188
5	227	227	226
6	259	259	259
7	298	298	295
8	330	330	327
9	368	368	366



Faixa de vazão nominal (dado da Cole Parmer):80 a 400 ml/min

Obs. Motor: 7533-40 (100 a 500 rpm)

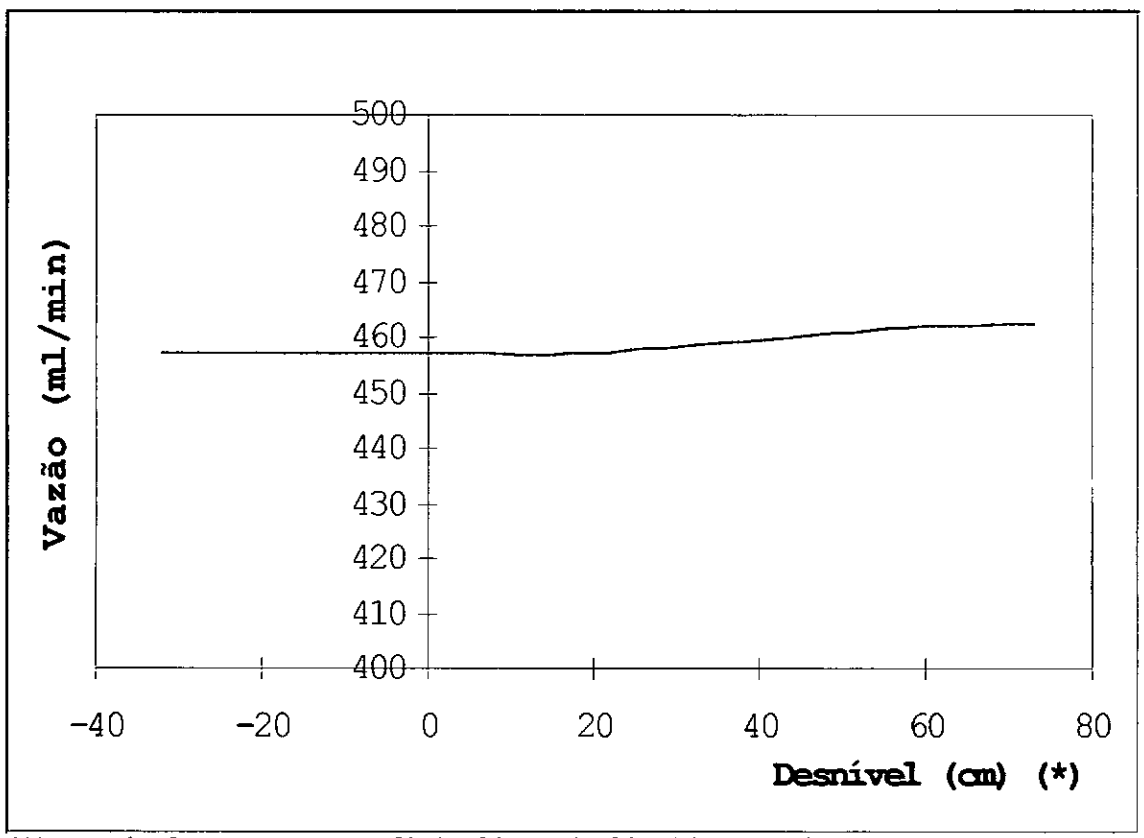
O controle de rotação é um dispositivo que altera a rotação do motor.

As mangueiras de recalque utilizadas nos testes possuíam diâmetro nominal de 1/4".

APÊNDICE B

TABELA E GRÁFICO DE VAZÕES EXPERIMENTAIS DO CABEÇOTE 7024-20 PARA VÁRIOS DESNÍVEIS ENTRE O EIXO DO CABEÇOTE E A SUPERFÍCIE LIVRE DO LÍQUIDO NA PROVETA GRADUADA.

Desnível (*) (cm)	Vazão (ml/min)					Média
73	465	462	462	462	462	462
57	462	462	462	462	462	462
20	458	458	458	455	458	457
4	458	458	455	458	458	457
-16	458	458	455	458	458	457
-32	458	458	455	458	458	457



(*) Desnível entre a superfície livre do líquido e o eixo do cabeçote.
Desnível positivo: Superfície livre do traçador acima do eixo do cabeçote.
Desnível negativo: Superfície livre do traçador abaixo do eixo do cabeçote.

APÊNDICE C

DADOS DAS CAMPANHAS DE DETERMINAÇÃO DE VAZÃO

Primeira Campanha	Potência : 43 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 1x1	Data: 27/10/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
00:56	1071,43	1	79,00	55,00
00:58	1034,48	2	79,00	56,00
00:56	1071,43	3	78,00	52,00
00:56	1071,43	4	80,00	58,00
00:56	1071,43	5	78,00	54,00
00:58	1034,48	6	76,00	51,00
00:58	1034,48	7	78,00	52,00
00:56	1071,43	8	78,00	56,00
00:58	1034,48	9	79,00	54,00
00:55	1090,91	10	79,00	51,00
00:55	1090,91	11	77,00	45,00
00:55	1090,91	12	77,00	49,00
00:56	1071,43	13	80,00	53,00
00:55	1090,91	14	79,00	52,00
00:56	1071,43	15	78,00	52,00
00:55	1090,91	16	79,00	51,00
		17	80,00	55,00
		18	75,00	49,00
		19	75,00	49,00
		20	75,00	50,00
Média	1068,28	Média	77,95	52,20
Sdev	21,91	Sdev	1,64	3,05
Var. (%)	1,09	Var. (%)	0,98	2,73

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	101,13	89,41
Var. (%)	9,53	10,01

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
1	75,00	58,00
2	56,00	43,00
3	53,00	41,00
4	76,00	59,00
5	46,00	35,00
6	36,00	27,00
7	24,00	19,00
8	54,00	41,00
9	59,00	44,00
10	62,00	46,00
11	81,00	62,00
12	88,00	68,00
13	51,00	39,00
14	62,00	47,00
15	25,00	19,00
16	50,00	39,00
17	45,00	34,00
18	67,00	54,00
19	48,00	41,00
20	73,00	55,00
21	61,00	47,00
22	64,00	46,00
23	61,00	46,00
24	50,00	38,00
25	81,00	64,00
26	32,00	24,00
27	53,00	39,00
28	43,00	31,00
29	50,00	36,00
30	75,00	51,00
31	38,00	28,00
32	74,00	54,00
33	55,00	41,00
34	43,00	32,00
35	36,00	26,00
36	57,00	42,00
37	43,00	36,00
38	39,00	28,00
Média	54,89	41,58
Sdev	15,77	12,13
Var. (%)	9,41	9,56

Obs.

Sdev : Desvio padrão.

Var. : Variação percentual com relação à média.

C_{inj} e C_{pat} são medidas nas mesmas condições de operação do espectrofluorímetro.

(*) Tempo para injetar um volume de 1000 litros.

(**) Amidorodamina G.

Primeira Campanha	Potência : 44 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 2x1	Data: 27/10/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
00:56	1071,43	1	75,00	54,00
00:56	1071,43	2	75,00	53,00
00:56	1071,43	3	75,00	52,00
00:55	1090,91	4	76,00	53,00
00:56	1071,43	5	76,00	54,00
00:55	1090,91	6	74,00	54,00
00:56	1071,43	7	74,00	50,00
00:56	1071,43	8	76,00	50,00
00:55	1090,91	9	76,00	54,00
00:55	1090,91	10	76,00	53,00
00:56	1071,43	11	75,00	50,00
00:55	1090,91	12	76,00	53,00
00:56	1071,43	13	76,00	51,00
00:56	1071,43	14	75,00	53,00
00:55	1090,91	15	75,00	52,00
00:55	1090,91	16	75,00	52,00
00:55	1090,91	17	76,00	57,00
00:56	1071,43	18	76,00	52,00
00:55	1090,91	19	76,00	52,00
00:56	1071,43	20	76,00	53,00
00:55	1090,91			
00:55	1090,91			
00:56	1071,43			
00:55	1090,91			
00:55	1090,91			
00:55	1090,91			
00:55	1090,91			

Média	1082,25	Média	75,45	52,60
Sdev	9,86	Sdev	0,69	1,67
Var. (%)	0,36	Var. (%)	0,43	1,48

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	122,59	115,00
Var. (%)	4,54	4,74

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
53	51,00	38,00
54	46,00	31,00
55	50,00	34,00
56	50,00	32,00
57	38,00	29,00
58	42,00	31,00
59	62,00	47,00
60	64,00	48,00
61	46,00	38,00
62	-	-
63	43,00	33,00
64	37,00	27,00
65	55,00	41,00
66	41,00	31,00
67	34,00	25,00
68	42,00	32,00
69	55,00	39,00
70	31,00	23,00
71	53,00	40,00
72	67,00	49,00
73	36,00	28,00
74	66,00	48,00
75	46,00	32,00
76	39,00	30,00
77	42,00	32,00
78	56,00	43,00
79	53,00	38,00
80	50,00	36,00
81	31,00	22,00
82	31,00	23,00
83	38,00	29,00
84	46,00	35,00
85	35,00	26,00
86	38,00	29,00
87	47,00	36,00
88	33,00	25,00
89	34,00	24,00
90	46,00	34,00
91	40,00	31,00
92	41,00	30,00
93	42,00	32,00
94	52,00	37,00
95	53,00	43,00
96	52,00	38,00
97	40,00	29,00
98	42,00	32,00

Continua...

Primeira Campanha	Potência : 44 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 2x1	Data: 27/10/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência Uranina	Fluorescência Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência Uranina	Fluorescência Amido (**)
99	45,00	33,00
100	36,00	27,00
101	38,00	29,00
102	55,00	41,00
103	55,00	41,00
104	68,00	51,00
105	44,00	29,00
106	34,00	25,00
107	47,00	35,00
108	43,00	31,00
109	51,00	38,00
110	33,00	24,00
111	49,00	36,00
112	31,00	23,00
113	46,00	34,00
114	52,00	38,00
115	43,00	31,00
116	45,00	27,00
117	38,00	28,00
118	33,00	26,00
119	24,00	19,00
120	26,00	20,00
121	40,00	31,00
122	41,00	30,00
123	41,00	31,00
124	53,00	39,00
125	44,00	33,00
126	48,00	37,00
127	66,00	48,00
128	46,00	34,00
129	40,00	31,00
130	43,00	34,00
131	58,00	42,00
132	38,00	29,00
133	46,00	35,00
134	35,00	26,00
135	54,00	41,00
136	38,00	27,00
137	39,00	29,00
138	48,00	38,00
139	42,00	31,00
140	39,00	31,00
141	25,00	20,00
142	56,00	44,00
Média	44,40	33,00
Sdev	9,47	7,02
Var. (%)	4,50	4,49

Segunda Campanha	Potência : 50 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 1x1	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
01:13	821,92	1	87,80	87,50
01:10	857,14	2	89,80	91,00
01:10	857,14	3	86,50	88,00
01:10	857,14	4	86,50	86,00
01:11	845,07	5	88,00	87,50
01:10	857,14	6	88,50	90,50
01:11	845,07	7	85,40	85,00
01:11	845,07	8	86,00	87,60
01:11	845,07	9	87,80	-
01:10	857,14	10	85,80	83,50
01:11	845,07	11	86,50	89,00
		12	87,20	89,00
		13	88,20	87,80
		14	87,60	90,50
		15	87,30	87,00
		16	85,20	87,40
		17	89,50	90,00
		18	86,00	90,00
		19	86,00	89,80
		20	87,80	92,20
		21	86,80	89,50
		22	85,40	-
		23	87,80	92,00
		24	87,00	88,00

Média	848,45	Média	87,10	88,58
Sdev	10,67	Sdev	1,24	2,17
Var. (%)	0,85	Var. (%)	0,60	1,08

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	102,09	100,85
Var. (%)	2,67	2,80

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
5	45,00	46,20
6	42,20	42,70
7	45,20	46,60
8	36,40	38,20
9	40,20	41,50
10	44,20	46,20
11	49,20	50,60
12	45,00	46,40
13	40,60	42,00
14	50,50	52,20
15	44,40	46,00
16	50,20	51,40
17	55,00	57,00
18	51,20	52,20
19	41,60	43,40
20	53,60	55,20
21	47,00	47,70
22	43,20	44,80
23	44,20	46,00
24	44,40	46,00
25	43,50	44,20
26	51,20	52,20
27	44,50	45,50
28	45,70	47,40
29	50,20	52,20
30	44,20	45,40
31	49,20	51,00
32	53,20	54,40
33	44,20	46,00
34	55,50	57,20
35	48,80	50,50
36	48,40	50,20
37	56,00	58,20
38	50,50	52,40
39	49,70	52,00
40	48,40	50,20
41	42,20	43,60
42	51,40	52,70
43	48,40	49,20
44	47,40	48,20
45	49,00	49,80
46	45,70	47,00
47	50,40	52,20
48	50,00	51,20
49	50,40	51,40
50	48,20	49,60

Continua...

Segunda Campanha	Potência : 50 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 1x1	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência	
			Uranina	Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência	
	Uranina	Amido (**)
51	51,20	52,20
52	55,20	55,80
53	54,40	55,70
54	52,40	54,00
55	49,20	50,00
56	52,20	53,50
57	50,80	52,20
58	51,20	52,20
59	49,00	50,20
60	57,20	60,20

Média	48,26	49,68
Sdev	4,44	4,53
Var. (%)	2,46	2,44

Segunda Campanha	Potência : 49 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 2x1	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
00:59	1016,95	1	86,40	87,50
00:59	1016,95	2	90,00	92,50
00:59	1016,95	3	88,00	91,00
00:59	1016,95	4	87,50	88,70
00:59	1016,95	5	91,70	91,80
00:59	1016,95	6	88,80	91,40
00:59	1016,95	7	88,70	88,80
00:59	1016,95	8	88,00	88,90
00:59	1016,95	9	89,50	-
00:59	1016,95	10	87,50	87,20
00:59	1016,95	11	88,00	91,00
00:59	1016,95	12	88,00	89,80
00:59	1016,95	13	88,40	87,30
00:59	1016,95	14	88,90	91,00
00:59	1016,95	15	89,70	88,90
00:59	1016,95	16	87,70	89,90
00:59	1016,95	17	91,30	90,00
00:59	1016,95	18	88,00	90,50
		19	87,00	91,00
		20	89,30	92,80
		21	88,30	92,50
		22	88,00	-
		23	88,00	93,00
		24	88,00	92,50

Média	1016,95	Média	88,53	90,36
Sdev	0,00	Sdev	1,23	1,81
Var. (%)	0,00	Var. (%)	0,59	0,89

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	100,38	99,26
Var. (%)	2,49	2,61

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
78	65,20	68,20
79	62,30	64,40
80	69,20	71,20
81	53,20	54,20
82	56,20	56,40
83	37,30	38,20
84	55,70	57,10
85	52,10	52,00
86	40,00	40,20
87	68,20	70,00
88	41,20	43,70
89	61,40	64,00
90	67,40	70,00
91	48,70	50,40
92	68,00	70,20
93	52,30	54,20
94	55,20	57,20
95	48,70	49,70
96	62,20	63,70
97	52,20	53,70
98	57,20	59,50
99	59,20	60,70
100	53,20	55,20
101	58,30	59,63
102	63,50	65,70
103	47,10	48,60
104	62,20	64,20
105	61,40	64,00
106	65,20	67,20
107	48,20	49,20
108	61,00	63,00
109	66,50	69,00
110	67,70	70,00
111	62,20	64,20
112	56,40	58,40
113	61,20	63,40
114	65,70	67,70
115	57,70	60,70
116	61,20	63,70
117	63,40	63,20
118	66,60	69,20
119	63,20	65,00
120	61,20	63,20
121	67,20	69,00
122	57,20	59,40
123	61,40	63,20

Continua...

Segunda Campanha	Potência : 49 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 2x1	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência Uranina	Fluorescência Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência Uranina	Fluorescência Amido (**)
124	60,00	62,20
125	63,20	64,70
126	62,20	64,70
127	54,20	55,40
128	67,20	69,00
129	62,00	63,70
130	65,10	67,20
131	62,20	64,20
132	60,20	62,70
133	63,20	64,90
134	62,20	64,20
135	64,40	66,70
136	60,40	62,70
137	65,60	68,20
138	65,20	67,20
139	61,50	63,70
140	58,20	60,20
141	63,20	64,90
142	61,20	63,40
143	59,00	60,20
144	64,90	67,00
145	56,60	58,70
146	67,00	67,70
147	57,20	59,20
148	61,20	64,20
149	57,70	59,90
150	63,40	65,70
151	60,20	65,50
152	62,00	62,90
153	59,40	61,60
154	62,20	64,70
155	59,70	62,10

Média	59,79	61,72
Sdev	6,43	6,73
Var. (%)	2,42	2,46

Segunda Campanha	Potência : 51 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 3x1	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
01:01	983,61	1	90,00	94,00
01:01	983,61	2	90,80	93,20
01:01	983,61	3	88,50	92,00
01:01	983,61	4	89,40	91,00
01:01	983,61	5	90,00	92,20
01:01	983,61	6	88,20	92,50
01:01	983,61	7	88,50	90,00
01:01	983,61	8	89,80	92,80
		9	90,50	-
		10	90,00	89,50
		11	89,00	92,00
		12	89,00	92,70
		13	88,50	87,80
		14	89,80	93,00
		15	89,80	91,00
		16	88,90	92,00
		17	90,50	90,00
		18	87,50	92,00
		19	87,00	91,00
		20	88,20	91,20
		21	89,00	93,80
		22	87,50	-
		23	88,30	92,80
		24	88,80	92,80

Média	983,61	Média	89,06	91,79
Sdev	0,00	Sdev	1,02	1,49
Var. (%)	0,00	Var. (%)	0,48	0,72

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	101,22	101,22
Var. (%)	3,52	3,52

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
168	60,20	63,40
169	44,20	48,60
170	57,70	60,30
171	57,20	59,20
172	47,10	48,80
173	45,60	47,50
174	63,60	65,10
175	44,70	46,20
176	50,20	51,00
177	-	-
178	59,70	62,20
179	55,20	55,70
180	43,70	45,40
181	64,20	67,20
182	59,70	62,00
183	65,00	67,70
184	64,70	67,10
185	62,40	64,20
186	62,00	63,70
187	65,10	65,40
188	58,70	61,20
189	61,10	62,80
190	57,20	60,00
191	57,70	60,80
192	64,00	66,00
193	59,70	62,40
194	56,20	58,20
195	59,70	61,60
196	58,60	59,20
197	60,70	61,50
198	60,40	62,00
199	61,20	62,00
200	62,00	64,20
201	61,10	63,40
202	60,00	52,20
203	43,70	45,70
204	60,70	63,20
205	54,00	55,70
206	63,20	65,00
207	60,40	63,20
208	55,40	57,60

Média	57,70	59,47
Sdev	6,30	6,42
Var. (%)	3,49	3,45

Segunda Campanha	Potência : 59 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 4x2	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
00:52	1153,85	1	88,70	93,40
00:51	1176,47	2	87,80	90,20
00:52	1153,85	3	86,90	90,70
00:51	1176,47	4	86,90	88,00
00:51	1176,47	5	90,00	90,70
00:51	1176,47	6	87,70	92,50
00:51	1176,47	7	86,70	88,30
00:51	1176,47	8	86,00	88,80
00:51	1176,47	9	87,00	-
00:51	1176,47	10	87,20	88,00
00:51	1176,47	11	81,00	89,00
00:51	1176,47	12	86,20	90,00
00:51	1176,47	13	88,00	89,70
		14	88,20	93,00
		15	88,00	89,00
		16	87,00	91,00
		17	89,30	88,80
		18	86,00	90,50
		19	85,30	90,00
		20	81,20	90,00
		21	86,00	91,00
		22	86,00	-
		23	86,70	91,00
		24	88,00	91,00

Média	1172,99	Média	86,74	90,21
Sdev	8,50	Sdev	2,07	1,50
Var. (%)	0,44	Var. (%)	1,01	0,73

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	121,36	123,02
Var. (%)	2,01	1,79

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
224	52,10	52,10
225	52,20	53,00
226	52,70	52,90
227	45,90	47,00
228	54,70	55,20
229	54,20	55,70
230	52,10	53,20
231	56,20	58,40
232	55,20	56,70
233	57,20	58,70
234	54,20	55,70
235	53,20	54,40
236	57,20	59,00
237	58,00	60,00
238	54,70	56,90
239	52,40	54,20
240	57,20	59,20
241	53,00	54,20
242	54,20	55,20
243	61,20	62,20
244	54,20	56,20
245	58,70	60,70
246	60,70	62,20
247	57,20	58,70
248	55,20	57,20
249	58,90	60,20
250	57,00	59,20
251	54,40	56,70
252	57,50	60,40
253	55,20	57,20
254	57,20	59,00
255	52,40	54,50
256	56,20	58,20
257	56,70	58,40
258	57,20	58,90
259	59,20	61,30
260	52,40	54,40
261	54,50	55,80
262	51,90	53,20
263	59,50	61,20
264	59,50	61,40
265	57,00	59,20
266	54,70	56,70
267	62,80	65,20
268	66,70	58,60
269	54,20	55,90

Continua...

Segunda Campanha	Potência : 59 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 4x2	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência	
			Uranina	Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência	
	Uranina	Amido (**)
270	54,80	57,20
271	61,00	62,20
272	54,70	56,90
273	55,50	56,90
274	55,70	56,70

Média	55,89	57,34
Sdev	3,36	3,22
Var. (%)	1,68	1,57

Segunda Campanha	Potência : 59 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 4x1	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
00:51	1176,47	1	84,80	87,00
00:53	1132,08	2	88,00	90,00
00:52	1153,85	3	85,50	88,00
00:52	1153,85	4	88,20	88,80
00:52	1153,85	5	88,50	88,00
00:52	1153,85	6	86,50	89,80
00:52	1153,85	7	85,50	85,00
00:52	1153,85	8	86,50	88,20
00:51	1176,47	9	87,00	-
00:51	1176,47	10	86,80	86,00
00:53	1132,08	11	86,20	89,00
00:52	1153,85	12	88,00	89,00
00:52	1153,85	13	87,00	85,80
00:52	1153,85	14	87,50	90,50
00:52	1153,85	15	85,70	89,00
		16	89,30	88,00
		17	88,50	87,00
		18	85,00	87,00
		19	83,80	86,50
		20	84,00	86,50
		21	85,80	89,00
		22	85,80	-
		23	87,00	91,00
		24	87,00	89,80

Média	1155,47	Média	86,58	88,13
Sdev	13,21	Sdev	1,44	1,62
Var. (%)	0,63	Var. (%)	0,70	0,81

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	122,60	121,56
Var. (%)	1,59	1,66

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
300	52,20	53,90
301	47,70	49,20
302	52,40	54,00
303	45,20	46,00
304	46,80	48,40
305	54,50	56,20
306	52,70	54,20
307	48,40	49,20
308	51,20	52,20
309	55,00	56,20
310	52,20	53,70
311	57,20	60,00
312	53,40	54,20
313	50,50	52,00
314	50,50	52,20
315	54,20	54,50
316	54,60	56,80
317	54,70	57,00
318	51,40	52,70
319	55,70	57,60
320	55,60	57,20
321	54,20	55,60
322	56,20	57,40
323	54,40	56,20
324	54,80	56,20
325	58,20	59,70
326	54,60	55,40
327	51,40	52,40
328	53,70	55,00
329	59,20	60,80
330	58,70	60,80
331	58,70	60,80
332	57,00	58,70
333	54,60	56,20
334	54,00	56,20
335	54,20	56,20
336	54,00	55,00
337	54,60	55,60
338	54,40	56,20
339	53,80	55,20
340	55,00	56,40
341	55,20	56,40
342	55,20	56,40
343	57,20	58,40
344	53,60	55,00
345	54,40	56,20

Continua...

Segunda Campanha	Potência : 59 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 4x1	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência Uranina	Fluorescência Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência Uranina	Fluorescência Amido (**)
346	54,20	56,70
347	60,70	63,20
348	56,20	58,20
349	56,20	58,00
350	58,80	60,70
351	53,00	55,20
352	60,40	58,40
353	56,00	53,20
354	56,40	57,20
355	51,70	53,20
356	54,00	56,20
357	58,00	59,40
358	53,00	54,40
359	56,20	58,20
360	55,20	57,20
361	58,80	60,70
362	55,00	57,00
363	54,40	55,60
364	52,20	53,40
365	55,20	57,00
366	53,20	53,80
367	53,20	54,60
368	54,20	56,20

Média	54,40	55,85
Sdev	2,90	3,04
Var. (%)	1,28	1,31

Segunda Campanha	Potência : 50 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 1x1	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
01:13	821,92	1	97,00	94,00
01:10	857,14	2	96,00	95,00
01:10	857,14	3	95,00	94,80
01:10	857,14	4	96,00	93,50
01:11	845,07	5	96,00	92,00
01:10	857,14	6	93,50	90,50
01:11	845,07	7	94,00	91,00
01:11	845,07	8	94,50	91,00
01:11	845,07	9	94,50	-
01:10	857,14	10	95,00	89,80
01:11	845,07	11	95,00	96,00
		12	96,00	93,50
		13	95,50	91,00
		14	94,80	92,00
		15	96,00	93,00
		16	96,00	95,00
		17	98,50	92,80
		18	94,00	92,00
		19	96,00	95,00
		20	95,00	92,00
		21	94,00	92,00
		22	96,00	94,00
		23	94,00	92,50
		24	94,00	90,00

Média	848,45	Média	95,26	92,71
Sdev	10,67	Sdev	1,15	1,75
Var. (%)	0,85	Var. (%)	0,51	0,81

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	92,72	88,29
Var. (%)	6,52	6,51

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
1	53,00	54,20
2	41,20	42,20
3	45,70	46,70
4	54,20	55,40
5	68,20	70,20
6	73,20	76,20
7	55,40	56,20
8	49,20	50,20
9	59,40	60,70
10	48,70	50,20
11	84,20	86,20
12	54,60	55,70
13	65,20	67,70
14	74,20	77,20
15	72,20	74,20
16	65,20	66,70
17	23,20	23,20
18	47,20	49,20
19	71,70	73,20
20	64,20	65,70
21	55,20	55,20
22	32,20	33,40
23	47,70	49,20
24	63,70	56,20
25	66,70	67,70
26	54,20	56,40
27	64,20	65,50
28	-	66,70
29	58,20	58,20
30	46,70	48,20
31	75,20	77,20
32	49,70	50,40
33	63,70	64,70
34	50,20	50,20
35	63,70	64,70
36	65,70	67,00
37	61,20	63,70
38	56,20	58,70
39	56,70	57,60
40	60,40	62,70
41	53,70	54,70
42	48,20	48,20
43	59,70	61,20
44	77,20	77,70
45	68,20	70,70
46	91,20	94,20

Continua...

Segunda Campanha	Potência : 50 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 1x1	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência	
			Uranina	Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência	
	Uranina	Amido (**)
47	54,20	55,20
48	50,20	50,40
49	73,70	74,70
50	20,20	20,40
51	53,20	52,20
52	52,70	54,20

Média	58,12	59,40
Sdev	13,37	13,72
Var. (%)	6,44	6,41

Segunda Campanha	Potência : 49 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 2x1	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
00:59	1016,95	1	94,50	94,00
00:59	1016,95	2	96,30	96,80
00:59	1016,95	3	94,60	94,40
00:59	1016,95	4	94,60	92,30
00:59	1016,95	5	96,50	93,50
00:59	1016,95	6	94,50	94,80
00:59	1016,95	7	94,50	91,20
00:59	1016,95	8	94,00	92,10
00:59	1016,95	9	95,00	-
00:59	1016,95	10	94,80	91,50
00:59	1016,95	11	94,30	95,00
00:59	1016,95	12	95,30	95,00
00:59	1016,95	13	95,90	92,60
00:59	1016,95	14	95,60	95,30
00:59	1016,95	15	96,30	93,80
00:59	1016,95	16	94,20	94,80
00:59	1016,95	17	-	94,80
00:59	1016,95	18	93,00	90,00
		19	93,30	92,00
		20	-	95,00
		21	95,00	96,50
		22	96,50	-
		23	95,00	95,00
		24	95,00	93,00

Média	1016,95	Média	94,94	93,79
Sdev	0,00	Sdev	0,96	1,76
Var. (%)	0,00	Var. (%)	0,44	0,83

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	107,28	104,75
Var. (%)	2,22	2,27

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
74	55,70	60,70
75	58,20	58,20
76	62,70	64,20
77	61,20	61,70
78	61,20	61,70
79	68,20	68,20
80	60,70	61,20
81	67,20	68,20
82	54,20	54,20
83	55,20	55,20
84	56,20	57,20
85	63,20	64,20
86	63,40	64,20
87	54,20	54,20
88	54,20	54,70
89	63,20	63,20
90	63,20	64,20
91	58,20	59,20
92	59,70	61,20
93	66,20	68,20
94	71,20	71,70
95	57,70	57,70
96	55,20	57,20
97	65,20	66,70
98	70,20	70,40
99	61,20	61,70
100	-	-
101	67,20	67,20
102	62,20	62,70
103	60,20	61,20
104	56,20	58,20
105	58,20	59,20
106	53,20	54,20
107	65,70	66,70
108	-	-
109	56,20	57,00
110	58,20	58,20
111	57,20	58,20
112	70,20	61,40
113	64,20	65,20
114	51,20	52,20
115	61,20	62,70
116	56,20	57,20
117	65,00	65,40
118	73,70	74,70
119	63,20	64,70

Continua...

Segunda Campanha	Potência : 49 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 2x1	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência	
			Uranina	Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência	
	Uranina	Amido (**)
120	58,20	59,20
121	62,00	62,20
122	50,20	51,00
123	61,70	63,20
124	59,00	60,20
125	62,20	63,20
126	57,20	58,00
127	64,20	65,40
128	66,00	58,20
129	62,00	63,00
130	50,20	51,20
131	60,00	61,20
132	60,00	60,70
133	52,20	53,00
134	59,20	59,70
135	55,70	55,90
136	54,20	54,40
137	60,20	61,20
138	74,70	76,20
139	54,00	54,70
140	58,20	59,50
141	47,00	47,70
142	51,20	52,10
143	64,70	66,20
144	59,80	62,20
145	49,00	49,20
146	56,20	58,00
147	55,80	57,20
148	59,60	61,00
149	62,00	63,20
150	67,20	69,00

Média	60,00	60,70
Sdev	5,69	5,60
Var. (%)	2,18	2,12

Segunda Campanha	Potência : 51 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 3x1	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
01:01	983,61	1	95,00	95,50
01:01	983,61	2	96,00	97,00
01:01	983,61	3	98,00	101,00
01:01	983,61	4	96,20	96,50
01:01	983,61	5	94,80	93,00
01:01	983,61	6	94,00	96,00
01:01	983,61	7	92,80	91,00
01:01	983,61	8	92,50	92,00
		9	96,00	-
		10	95,30	92,80
		11	93,00	95,00
		12	94,00	93,50
		13	97,50	96,00
		14	94,20	96,00
		15	98,00	97,00
		16	94,80	96,50
		17	96,00	93,30
		18	92,80	94,00
		19	93,00	97,30
		20	96,80	99,00
		21	93,50	96,50
		22	93,50	-
		23	93,50	97,80
		24	94,50	97,00

Média	983,61	Média	94,82	95,62
Sdev	0,00	Sdev	1,68	2,38
Var. (%)	0,00	Var. (%)	0,75	1,10

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	106,01	104,39
Var. (%)	2,83	2,91

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
154	58,70	62,70
155	61,40	63,20
156	71,70	73,20
157	61,70	62,20
158	60,70	61,70
159	67,00	66,00
160	60,50	62,20
161	64,20	65,20
162	58,20	60,40
163	63,20	64,20
164	52,20	54,70
165	63,00	63,70
166	61,20	63,20
167	52,40	52,70
168	70,50	72,00
169	57,20	57,50
170	64,20	65,70
171	59,20	59,40
172	59,20	61,00
173	61,90	62,20
174	56,20	58,20
175	60,20	61,70
176	56,40	57,40
177	58,70	60,60
178	53,20	53,70
179	56,00	58,70
180	53,70	54,40
181	52,20	53,20
182	57,20	59,20
183	52,20	53,20
184	48,20	49,20
185	58,80	60,50
186	54,70	57,20
187	54,20	56,70
188	59,00	61,20
189	59,50	60,50
190	62,20	63,50
191	56,20	57,70
192	53,50	54,00
193	64,00	66,00
194	46,70	47,50
195	59,00	61,10
196	61,70	64,40

Média	58,65	60,07
Sdev	5,21	5,26
Var. (%)	2,73	2,70

Segunda Campanha	Potência : 59 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 4x2	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
00:52	1153,85	1	88,80	89,00
00:51	1176,47	2	89,50	90,00
00:52	1153,85	3	87,40	90,00
00:51	1176,47	4	87,00	87,00
00:51	1176,47	5	87,80	87,50
00:51	1176,47	6	88,50	90,80
00:51	1176,47	7	86,80	85,50
00:51	1176,47	8	86,50	87,00
00:51	1176,47	9	82,20	-
00:51	1176,47	10	87,50	86,00
00:51	1176,47	11	86,80	89,40
00:51	1176,47	12	85,60	88,00
00:51	1176,47	13	88,30	86,80
		14	88,30	91,30
		15	88,30	88,30
		16	88,30	90,00
		17	90,00	90,00
		18	86,20	90,00
		19	86,20	89,50
		20	88,20	90,00
		21	85,50	88,20
		22	85,00	-
		23	85,00	88,40
		24	88,00	90,80

Média	1172,99	Média	87,15	88,80
Sdev	8,50	Sdev	1,71	1,63
Var. (%)	0,44	Var. (%)	0,83	0,81

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	107,09	106,48
Var. (%)	2,84	2,78

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
211	56,20	65,40
212	64,40	67,20
213	67,20	66,20
214	74,70	73,50
215	61,20	60,40
216	65,40	65,20
217	57,70	57,20
218	57,00	57,00
219	65,20	65,20
220	71,70	72,20
221	72,80	73,70
222	75,70	77,20
223	68,20	69,70
224	72,10	74,50
225	60,40	63,50
226	64,20	66,70
227	52,50	53,70
228	53,20	54,00
229	52,70	54,70
230	54,40	55,70
231	57,40	58,70
232	67,20	68,60
233	57,20	58,00
234	67,20	69,00
235	71,20	72,70
236	53,00	54,90
237	56,70	58,20
238	59,20	61,50
239	64,50	66,70
240	63,20	65,70
241	58,20	59,50
242	58,40	61,10
243	62,20	64,00
244	69,70	71,20
245	65,40	67,20
246	64,70	66,20
247	64,70	67,20
248	69,40	71,20
249	62,20	63,70
250	69,70	72,10
251	61,70	63,20
252	56,20	58,20
253	67,00	69,20
254	71,20	72,70
255	63,20	64,40
256	58,20	59,50

Continua...

Segunda Campanha	Potência : 59 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 4x2	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência	
			Uranina	Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência	
	Uranina	Amido (**)
257	64,70	66,20
258	72,70	76,70
259	71,60	72,80
260	65,10	66,20
261	58,70	59,70
262	69,70	71,20
263	64,70	65,90

Média	63,64	65,21
Sdev	6,21	6,22
Var. (%)	2,68	2,62

Segunda Campanha	Potência : 59 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 4x1	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
00:51	1176,47	1	85,00	86,30
00:53	1132,08	2	84,30	85,30
00:52	1153,85	3	84,30	85,30
00:52	1153,85	4	84,00	84,30
00:52	1153,85	5	86,20	85,60
00:52	1153,85	6	86,00	88,00
00:52	1153,85	7	83,00	83,50
00:52	1153,85	8	84,50	85,00
00:51	1176,47	9	85,90	-
00:51	1176,47	10	85,00	83,90
00:53	1132,08	11	84,00	86,50
00:52	1153,85	12	85,00	86,50
00:52	1153,85	13	85,20	85,50
00:52	1153,85	14	84,90	85,50
00:52	1153,85	15	86,30	86,90
		16	85,00	88,00
		17	88,00	86,00
		18	83,30	85,50
		19	83,30	86,20
		20	88,00	88,40
		21	84,20	87,80
		22	84,20	-
		23	84,20	86,20
		24	84,20	85,90

Média	1155,47	Média	84,92	86,00
Sdev	13,21	Sdev	1,29	1,29
Var. (%)	0,63	Var. (%)	0,64	0,66

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	105,71	104,01
Var. (%)	2,45	2,50

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
270	55,20	56,70
271	72,00	75,00
272	68,20	70,20
273	66,70	69,10
274	62,20	63,90
275	59,50	61,00
276	67,00	69,20
277	64,70	68,20
278	66,00	67,40
279	63,00	64,70
280	59,20	70,20
281	60,10	61,00
282	57,40	58,80
283	60,60	62,40
284	53,70	55,00
285	49,00	49,20
286	63,20	64,00
287	67,20	69,20
288	55,20	55,70
289	61,70	63,20
290	67,20	69,40
291	61,70	63,50
292	62,40	63,70
293	54,70	55,70
294	65,20	66,20
295	59,20	61,80
296	60,20	62,20
297	60,20	61,80
298	65,90	66,20
299	74,20	75,40
300	64,40	67,00
301	55,70	57,20
302	65,20	66,70
303	61,00	62,10
304	58,20	59,70
305	58,50	59,70
306	60,00	61,20
307	61,50	61,90
308	64,10	65,40
309	55,20	57,20
310	54,00	54,90
311	69,00	70,20
312	52,20	53,40
313	59,20	60,20
314	62,20	64,20
315	57,20	59,00

Continua...

Segunda Campanha	Potência : 59 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 4x1	Data: 24/11/95

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência	
			Uranina	Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência	
	Uranina	Amido (**)
316	64,20	65,50
317	47,20	45,20
318	58,50	59,50
319	66,50	67,70
320	63,20	65,70
321	60,90	62,90
322	59,20	60,20
323	67,80	60,80
324	73,20	76,20
325	67,20	69,00
326	59,20	60,60
327	59,00	60,20
328	53,20	59,20
329	55,00	57,20
330	58,40	70,00
331	64,90	68,20
332	65,20	66,20
333	77,20	79,00
334	70,40	71,40
335	64,80	66,20
336	65,00	65,20
337	67,60	69,20
338	77,70	79,30
339	57,00	58,10
340	57,20	57,70
341	55,20	65,70

Média	61,88	63,70
Sdev	6,02	6,31
Var. (%)	2,28	2,32

Terceira Campanha	Potência : 49 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 1x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
01:22	731,71	1	81,03	102,23
01:22	731,71	2	82,90	102,85
01:22	731,71	3	83,53	102,23
01:23	722,89	4	84,77	104,72
		5	82,90	101,60
		6	84,15	102,85
		7	83,53	103,47
		8	81,66	99,73
		9	81,03	97,24
		10	76,05	101,60
		11	82,90	101,60
		12	84,15	103,47
		13	84,15	100,98
		14	84,15	103,47
		15	79,16	99,11
		16	81,03	99,11
		17	81,66	102,23
		18	83,53	102,85

Média	729,50	Média	82,35	101,74
Sdev	4,41	Sdev	2,17	1,89
Var. (%)	0,96	Var. (%)	1,31	0,93

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
1104	47,46	63,04
1105	48,08	61,79
1106	48,08	61,79
1107	46,83	60,55
1108	44,34	56,81
1109	44,34	58,05
1110	46,83	61,17
1111	46,21	61,17
1112	56,81	56,81
1113	46,83	61,17
1114	43,09	56,18
1115	50,57	65,53
1116	44,96	58,05
1117	48,70	64,29
1118	48,08	61,79
1119	48,08	62,42
1120	43,09	55,56
1121	44,96	58,05
1122	44,96	59,30
1123	43,72	58,68

Média	46,80	60,11
Sdev	3,12	2,77
Var. (%)	3,11	2,16

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	85,57	82,32
Var. (%)	3,51	2,54

Terceira Campanha	Potência : 51 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 2x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
01:00	1000,00	1	73,55	93,50
01:00	1000,00	2	73,55	94,75
01:00	1000,00	3	74,80	95,37
01:00	1000,00	4	75,42	96,62
01:00	1000,00	5	71,68	92,25
01:00	1000,00	6	74,80	97,24
01:00	1000,00	7	74,80	97,24
01:05	923,08	8	74,80	95,99
01:02	967,74	9	71,06	92,25
		10	67,94	92,88
		11	72,31	94,75
		12	72,31	93,50
		13	72,31	91,63
		14	74,80	95,99
		15	71,68	92,25
		16	72,31	93,50
		17	72,31	95,99
		18	73,55	94,75
Média	987,87	Média	73,00	94,47
Sdev	26,54	Sdev	1,85	1,82
Var. (%)	2,07	Var. (%)	1,26	0,96

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	79,10	78,41
Var. (%)	3,04	2,87

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
1144	66,16	86,73
1145	60,55	80,49
1146	58,05	76,13
1147	63,66	82,99
1148	61,17	80,49
1149	56,81	74,26
1150	54,31	71,77
1151	66,78	86,73
1152	62,42	81,74
1153	67,40	87,35
1154	59,30	78,00
1155	62,42	80,49
1156	60,55	79,25
1157	59,30	78,00
1158	62,42	81,12
1159	68,03	87,35
1160	64,91	85,48
1161	61,79	81,74
1162	58,05	75,51
1163	64,29	82,99
1164	61,17	79,87
1165	58,68	76,13
1166	58,05	76,13
1167	60,55	78,00
1168	61,79	80,49
1169	59,30	76,75
1170	63,66	82,36
1171	61,17	79,87
1172	56,81	74,26
1173	54,94	73,01
1174	63,66	82,99
1175	59,30	78,00
1176	61,79	80,49
1177	59,30	77,38
1178	56,81	74,26
1179	59,92	76,75
1180	54,94	71,77
1181	59,30	78,00
Média	60,78	79,35
Sdev	3,39	4,19
Var. (%)	1,84	1,74

Terceira Campanha	Potência : 48 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 4x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
00:59	1016,95	1	76,05	97,24
00:58	1034,48	2	74,80	97,24
00:58	1034,48	3	76,67	97,24
00:57	1052,63	4	76,67	99,73
00:59	1016,95	5	73,55	93,50
00:59	1016,95	6	74,80	95,99
00:59	1016,95	7	77,29	100,36
01:00	1000,00	8	74,80	96,62
00:59	1016,95	9	74,18	94,75
00:59	1016,95	10	68,57	93,50
		11	75,42	100,98
		12	74,18	97,86
		13	74,18	94,75
		14	74,80	96,62
		15	71,68	94,75
		16	74,18	96,62
		17	72,31	97,24
		18	74,18	96,62

Média	1022,33	Média	74,35	96,76
Sdev	14,48	Sdev	2,03	2,11
Var. (%)	1,01	Var. (%)	1,36	1,09

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	82,87	82,70
Var. (%)	2,33	2,21

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
1200	63,04	81,74
1201	66,78	87,97
1202	64,29	84,23
1203	63,66	84,23
1204	61,17	81,12
1205	61,79	81,12
1206	62,42	82,99
1207	69,27	91,71
1208	64,29	83,61
1209	68,03	89,22
1210	66,16	86,73
1211	65,53	86,73
1212	65,53	85,48
1213	59,30	79,87
1214	59,92	78,00
1215	62,42	81,74
1216	63,04	81,74
1217	64,91	83,61
1218	64,29	84,23
1219	68,03	79,25
1220	61,79	80,49
1221	61,79	81,12
1222	63,04	82,36
1223	59,30	78,00
1224	63,66	84,23
1225	62,42	81,74
1226	59,92	78,62
1227	57,43	74,88
1228	59,30	76,75
1229	59,30	77,38
1230	61,17	79,87
1231	56,81	73,01
1232	59,30	76,13
1233	62,42	81,74
1234	59,30	76,75
1235	56,81	74,26
1236	59,30	77,38
1237	56,81	74,26
1238	57,43	73,64
1239	59,30	77,38
1240	55,56	72,39
1241	62,42	81,12
1242	57,43	75,51
1243	56,81	73,64
1244	58,68	75,51
1245	61,79	79,87

Continua...

Terceira Campanha	Potência : 48 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 4x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência	
			Uranina	Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência	
	Uranina	Amido (**)
1246	57,43	75,51
1247	54,94	71,14
1248	56,18	73,01
1249	58,68	76,75
1250	58,05	76,75

Média	61,15	79,74
Sdev	3,49	4,67
Var. (%)	1,60	1,64

Terceira Campanha	Potência : 61 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 4x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
00:58	1034,48	1	79,79	101,60
00:58	1034,48	2	79,16	100,36
00:58	1034,48	3	79,16	99,73
00:58	1034,48	4	81,03	104,72
00:58	1034,48	5	77,29	96,62
00:58	1034,48	6	79,16	100,98
00:58	1034,48	7	79,79	101,60
00:59	1016,95	8	77,92	102,23
00:58	1034,48	9	77,92	96,62
00:57	1052,63	10	71,68	97,86
00:58	1034,48	11	77,29	103,47
		12	77,29	99,73
		13	77,92	97,24
		14	79,16	100,36
		15	76,67	99,11
		16	79,16	101,60
		17	76,67	100,98
		18	78,54	99,11
Média	1034,54	Média	78,09	100,22
Sdev	7,98	Sdev	1,99	2,24
Var. (%)	0,52	Var. (%)	1,27	1,11

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	98,75	97,39
Var. (%)	2,21	2,22

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
1271	49,95	64,29
1272	50,57	66,78
1273	58,05	75,51
1274	59,92	78,00
1275	56,18	73,01
1276	56,81	73,01
1277	57,43	74,26
1278	51,20	65,53
1279	51,82	68,03
1280	55,56	72,39
1281	49,95	63,66
1282	52,44	68,03
1283	51,82	68,03
1284	56,18	73,01
1285	58,05	76,13
1286	58,05	74,88
1287	60,55	78,00
1288	53,69	71,77
1289	53,07	69,90
1290	59,30	78,62
1291	51,82	67,40
1292	51,82	68,65
1293	51,82	68,65
1294	55,56	73,64
1295	49,33	63,66
1296	53,07	68,65
1297	56,81	76,75
1298	54,31	70,52
1299	51,82	65,53
1300	59,30	79,25
1301	50,57	66,16
1302	51,82	67,40
1303	51,82	66,78
1304	56,18	71,77
1305	57,43	75,51
1306	53,07	68,65
1307	51,20	65,53
1308	56,18	73,01
1309	56,18	71,77
1310	53,07	68,03
1311	56,81	73,01
1312	53,69	69,90
1313	58,68	76,75
1314	56,81	73,01

Continua...

Terceira Campanha	Potência : 61 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 4x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência	
			Uranina	Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência	
	Uranina	Amido (**)
Média	54,54	70,97
Sdev	3,10	4,33
Var. (%)	1,73	1,86

Terceira Campanha	Potência : 60 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 2x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
01:03	952,38	1	74,80	94,75
01:00	1000,00	2	75,42	97,86
01:00	1000,00	3	76,67	99,73
00:59	1016,95	4	76,67	100,98
01:00	1000,00	5	73,55	93,50
01:00	1000,00	6	75,42	96,62
01:00	1000,00	7	76,05	98,49
01:00	1000,00	8	73,55	94,75
01:05	923,08	9	74,80	93,50
01:00	1000,00	10	68,57	97,24
01:00	1000,00	11	74,80	98,49
00:59	1016,95	12	73,55	96,62
		13	73,55	93,50
		14	77,29	99,73
		15	72,31	96,62
		16	74,18	94,75
		17	73,55	99,73
		18	73,55	97,24

Média	992,45	Média	74,35	96,89
Sdev	27,09	Sdev	1,98	2,37
Var. (%)	1,73	Var. (%)	1,32	1,22

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	94,63	94,86
Var. (%)	2,69	2,67

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
1326	51,20	68,65
1327	51,20	67,40
1328	53,07	69,27
1329	50,57	64,91
1330	51,20	66,78
1331	49,33	64,29
1332	53,69	69,90
1333	51,20	66,16
1334	51,82	67,40
1335	54,31	69,90
1336	51,20	66,16
1337	49,33	64,29
1338	51,82	68,03
1339	43,72	55,56
1340	54,31	71,77
1341	49,33	65,53
1342	49,33	63,66
1343	54,94	71,77
1344	53,07	69,27
1345	53,07	68,65
1346	54,31	73,01
1347	49,95	65,53
1348	51,20	65,53
1349	56,18	73,64
1350	53,69	69,90
1351	49,95	64,91
1352	54,94	70,52
1353	53,69	69,27
1354	59,30	77,38
1355	51,20	66,16
1356	53,07	69,27
1357	53,69	69,90
1358	49,33	64,29
1359	50,57	66,16
1360	44,34	56,81
1361	53,69	68,65
1362	51,20	66,78
1363	53,07	68,65
1364	49,33	63,66
1365	56,81	73,01
1366	47,46	61,79
1367	51,20	65,53
1368	57,43	73,64
1369	52,44	68,03
1370	46,83	61,17
1371	53,07	69,90

Continua...

Terceira Campanha	Potência : 60 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 2x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
1372	53,07	68,03
1373	50,57	65,53
1374	55,56	71,77
1375	51,82	67,40
1376	57,43	74,26
1377	50,57	65,53
1378	50,57	66,78

Média	51,98	67,58
Sdev	2,98	3,98
Var. (%)	1,58	1,62

Terceira Campanha	Potência : 60 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 1x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
01:20	750,00	1	79,16	99,73
01:17	779,22	2	76,05	99,73
01:16	789,47	3	79,16	100,98
01:17	779,22	4	78,54	100,98
01:18	769,23	5	77,92	97,86
01:17	779,22	6	79,79	103,47
01:18	769,23	7	79,16	100,98
01:17	779,22	8	79,16	102,23
01:17	779,22	9	76,67	97,86
01:18	769,23	10	70,44	98,49
01:18	769,23	11	77,92	105,34
		12	76,67	100,98
		13	77,29	97,24
		14	79,16	102,85
		15	76,67	99,73
		16	79,79	100,36
		17	76,05	101,60
		18	78,54	99,73
Média	773,86	Média	77,67	100,56
Sdev	10,21	Sdev	2,20	2,08
Var. (%)	0,89	Var. (%)	1,41	1,03

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	93,16	93,87
Var. (%)	2,29	2,05

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
1021	37,48	49,95
1022	47,46	60,55
1023	39,35	51,82
1024	43,09	56,18
1025	41,85	53,69
1026	38,73	49,95
1027	41,22	53,69
1028	43,72	56,81
1029	43,72	56,81
1030	43,09	55,56
1031	46,21	59,30
1032	41,85	50,57
1033	40,60	53,69
1034	40,60	53,07
1035	41,85	53,69
1036	45,59	58,68
1037	44,34	56,81
1038	40,60	53,07
1039	43,09	54,94
1040	44,34	57,43
1041	44,34	56,81
1042	40,60	52,44
1043	44,96	58,05
1044	40,60	52,44
1045	44,34	58,05
1046	46,83	61,17
1047	41,85	54,31
1048	41,85	53,07
1049	43,72	56,18
1050	44,96	58,05
1051	44,34	57,43
1052	43,09	55,56
1053	41,85	53,07
1054	43,09	54,94
1055	41,22	53,69
1056	43,09	54,94
1057	43,72	56,18
1058	42,47	54,94
1059	40,60	53,07
1060	43,72	55,56
1061	43,09	54,31
1062	38,73	49,33
1063	43,72	56,81
1064	41,85	54,31
1065	39,98	50,57
1066	48,08	63,04

Continua...

Terceira Campanha	Potência : 60 MW
Local do posto de amostragem: Canal	
Configuração de injeção: 1x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência	
			Uranina	Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência	
	Uranina	Amido (**)
1067	45,59	58,05
1068	43,09	54,94
1069	43,09	54,31
1070	39,35	50,57
1071	46,83	60,55
1072	41,85	53,69
1073	41,85	53,07
1074	48,08	61,79
1075	40,60	52,44
1076	48,08	60,55
1077	48,08	60,55
1078	36,86	47,46
1079	43,09	54,94
1080	38,11	48,70
1081	45,59	58,05
1082	46,83	58,68
1083	46,21	59,30
1084	46,83	59,30
1085	40,60	51,20

Média	43,02	55,27
Sdev	2,71	3,42
Var. (%)	1,56	1,53

Terceira Campanha	Potência : 49 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 1x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência Uranina	Fluorescência Amido
01:22	731,71	1	95,37	117,19
01:22	731,71	2	94,75	114,69
01:22	731,71	3	95,37	112,20
01:23	722,89	4	95,99	115,94
		5	93,50	114,69
		6	95,99	114,07
		7	94,75	114,69
		8	93,50	109,08
		9	92,88	110,95
		10	87,27	113,45
		11	94,12	110,95
		12	92,88	113,45
		13	93,50	109,71
		14	94,75	113,45
		15	89,76	110,33
		16	93,50	109,71
		17	92,25	111,58
		18	91,63	109,71
Média	729,50	Média	93,43	112,55
Sdev	4,41	Sdev	2,21	2,41
Var. (%)	0,96	Var. (%)	1,18	1,07

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência Uranina	Fluorescência Amido (**)
6	30,63	39,98
7	34,37	46,83
8	31,87	41,22
9	48,08	61,79
10	53,07	68,65
11	55,56	71,77
12	46,83	59,30
13	44,96	58,05
14	37,48	48,08
15	32,50	41,85
16	49,95	65,53
17	30,63	38,73
18	40,60	51,82
19	36,24	46,83
20	33,12	43,09
21	40,60	50,57
22	52,44	68,65
23	36,86	48,08
24	37,48	48,08
Média	40,70	52,57
Sdev	8,19	10,62
Var. (%)	9,70	9,73

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	111,65	104,11
Var. (%)	9,82	9,83

Terceira Campanha	Potência : 51 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 2x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
01:00	1000,00	1	90,38	108,46
01:00	1000,00	2	89,14	109,08
01:00	1000,00	3	91,01	107,21
01:00	1000,00	4	89,76	107,84
01:00	1000,00	5	87,27	104,72
01:00	1000,00	6	89,14	107,84
01:00	1000,00	7	91,01	109,08
01:05	923,08	8	87,89	103,47
01:02	967,74	9	87,27	105,34
		10	81,03	105,97
		11	88,51	111,58
		12	87,89	107,21
		13	89,14	106,59
		14	89,14	109,08
		15	86,02	104,10
		16	87,27	105,97
		17	87,27	104,72
		18	89,76	108,46

Média	987,87	Média	88,27	107,04
Sdev	26,54	Sdev	2,28	2,11
Var. (%)	2,07	Var. (%)	1,29	0,98

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	112,15	106,93
Var. (%)	7,25	7,44

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
80	51,82	66,16
81	63,66	80,49
82	55,56	71,77
83	53,69	68,65
84	63,66	79,87
85	44,34	56,81
86	51,82	65,53
87	71,77	91,71
88	49,33	63,66
89	37,48	46,83
90	50,57	64,29
91	48,08	61,17
92	54,31	69,90
93	44,96	56,81
94	55,56	71,14
95	49,95	63,04
96	49,95	63,04
97	56,81	71,77
98	40,60	53,07
99	46,83	59,30
100	59,30	75,51
101	61,79	79,25
102	48,08	61,17
103	56,81	71,77
104	60,55	65,53
105	30,63	38,11
106	35,61	44,34
107	54,31	68,65
108	46,83	58,68
109	76,75	96,70
110	39,98	51,20
111	42,47	53,07
112	65,53	96,70
113	64,91	81,74
114	40,60	50,57
115	32,50	43,09
116	44,34	56,81
117	68,03	87,35

Média	51,84	65,93
Sdev	10,74	14,17
Var. (%)	6,82	7,08

Terceira Campanha	Potência : 48 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 4x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
00:59	1016,95	1	95,99	120,93
00:58	1034,48	2	95,37	119,06
00:58	1034,48	3	97,24	118,43
00:57	1052,63	4	97,86	120,30
00:59	1016,95	5	93,50	114,69
00:59	1016,95	6	97,24	119,68
00:59	1016,95	7	97,24	122,80
01:00	1000,00	8	93,50	114,69
00:59	1016,95	9	93,50	114,69
00:59	1016,95	10	87,27	115,32
		11	93,50	117,19
		12	93,50	115,94
		13	93,50	113,45
		14	94,75	115,94
		15	91,01	112,82
		16	95,99	115,94
		17	92,25	113,45
		18	93,50	114,69
Média	1022,33	Média	94,26	116,67
Sdev	14,48	Sdev	2,60	2,89
Var. (%)	1,01	Var. (%)	1,37	1,23

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	101,71	97,97
Var. (%)	5,68	5,54

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
135	65,53	83,61
136	68,03	87,97
137	69,27	89,22
138	59,30	74,88
139	70,52	92,96
140	53,69	69,27
141	68,03	87,35
142	55,56	71,14
143	52,44	68,03
144	58,68	75,51
145	66,78	83,61
146	61,17	80,49
147	85,48	110,41
148	71,77	93,58
149	48,08	62,42
150	56,81	72,39
151	70,52	92,96
152	59,30	76,75
153	65,53	84,23
154	66,78	86,10
155	73,01	94,83
156	43,09	55,56
157	59,92	75,51
158	48,70	63,04
159	55,56	71,14
160	42,47	55,56
161	75,51	97,95
162	100,44	122,88
163	59,30	76,13
164	74,88	95,45
165	78,00	98,57
166	69,27	89,22
167	66,16	85,48
168	53,07	69,27
169	49,95	64,29
170	55,56	71,14
171	96,70	124,13
172	73,64	94,21
173	59,30	76,75
174	73,64	94,21
175	49,95	64,29
176	83,61	107,92
177	51,20	65,53
178	52,44	66,78
179	66,78	86,10
180	51,20	66,16

Continua...

Terceira Campanha	Potência : 48 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 4x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência	
			Uranina	Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência	
	Uranina	Amido (**)
181	60,55	78,00
182	56,81	71,77
183	54,31	69,27
184	56,81	73,64
185	56,18	71,77

Média	63,16	81,17
Sdev	12,22	15,38
Var. (%)	5,42	5,31

Terceira Campanha	Potência : 61 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 4x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
00:58	1034,48	1	71,06	88,51
00:58	1034,48	2	70,44	87,27
00:58	1034,48	3	71,06	84,77
00:58	1034,48	4	73,55	91,01
00:58	1034,48	5	72,31	89,14
00:58	1034,48	6	73,55	89,76
00:58	1034,48	7	74,18	91,01
00:59	1016,95	8	72,31	88,51
00:58	1034,48	9	70,44	86,02
00:57	1052,63	10	65,45	87,27
00:58	1034,48	11	72,31	91,01
		12	71,06	87,89
		13	72,31	85,40
		14	73,55	89,76
		15	69,81	86,64
		16	72,31	89,76
		17	71,06	86,02
		18	71,06	87,27
Média	1034,54	Média	71,54	88,17
Sdev	7,98	Sdev	1,97	1,97
Var. (%)	0,52	Var. (%)	1,37	1,11

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	122,87	118,74
Var. (%)	7,08	7,07

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
190	30,63	39,35
191	27,51	35,61
192	48,08	61,79
193	31,87	41,22
194	44,34	56,81
195	45,59	58,68
196	36,86	48,08
197	38,11	48,70
198	34,37	43,09
199	46,83	59,30
200	35,61	45,59
201	41,85	53,69
202	55,56	70,52
203	47,46	59,92
204	33,12	41,22
205	51,82	66,78
206	49,95	63,04
207	42,47	53,69
208	29,38	36,24
209	30,63	39,98
210	29,38	38,11
211	36,86	47,46
212	47,46	60,55
213	53,07	68,65
214	39,35	49,33
215	48,70	61,79
216	28,13	35,61
217	36,86	46,83
218	38,11	48,08
219	44,96	56,81
220	43,09	54,31
221	31,25	40,60
222	36,24	46,83
223	38,73	49,33
224	43,72	55,56
225	44,34	56,18
226	73,01	94,21
227	34,37	43,72
228	28,13	35,61
229	36,24	45,59
230	36,24	46,83
231	26,89	34,37
232	46,83	59,30
233	43,09	54,31

Continua...

Terceira Campanha	Potência : 61 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 4x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência	
			Uranina	Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência	
	Uranina	Amido (**)
Média	40,16	51,21
Sdev	9,13	11,71
Var. (%)	6,93	6,96

Terceira Campanha	Potência : 60 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 2x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
01:03	952,38	1	74,80	94,12
01:00	1000,00	2	74,80	94,75
01:00	1000,00	3	76,67	95,37
00:59	1016,95	4	77,29	97,24
01:00	1000,00	5	75,42	94,75
01:00	1000,00	6	76,05	96,62
01:00	1000,00	7	75,42	95,99
01:00	1000,00	8	74,80	93,50
01:05	923,08	9	73,55	91,63
01:00	1000,00	10	68,57	89,76
01:00	1000,00	11	74,80	93,50
00:59	1016,95	12	74,18	93,50
		13	74,80	92,25
		14	74,80	93,50
		15	71,06	89,76
		16	73,55	93,50
		17	72,93	96,62
		18	74,80	93,50

Média	992,45	Média	74,35	93,88
Sdev	27,09	Sdev	2,00	2,13
Var. (%)	1,73	Var. (%)	1,34	1,13

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	116,96	115,91
Var. (%)	7,05	7,13

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
243	38,11	48,70
244	30,63	39,35
245	50,57	64,29
246	43,09	55,56
247	43,09	55,56
248	43,09	55,56
249	34,37	43,09
250	39,35	50,57
251	30,00	37,48
252	34,37	43,72
253	39,35	49,95
254	46,83	59,92
255	43,09	54,94
256	28,13	36,24
257	30,00	38,11
258	28,13	35,61
259	53,07	68,03
260	44,96	56,81
261	61,79	79,25
262	52,44	68,03
263	29,38	36,86
264	43,72	56,81
265	42,47	53,07
266	54,94	71,14
267	40,60	51,82
268	54,31	68,65
269	45,59	58,05
270	38,73	49,95
271	59,30	76,13
272	44,34	56,18
273	33,74	41,85
274	34,37	44,34
275	49,95	63,04
276	63,04	80,49
277	36,24	46,83
278	44,96	56,81
279	23,15	29,38
280	21,90	26,89
281	35,61	44,96
282	43,72	54,31
283	48,08	61,79
284	42,47	54,94
285	51,82	65,53
286	57,43	73,01
287	39,35	49,33
288	51,82	67,40

Continua...

Terceira Campanha	Potência : 60 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 2x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência	
			Uranina	Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência	
	Uranina	Amido (**)
289	22,52	28,13
290	42,47	53,07
291	45,59	58,68
292	46,83	59,30

Média	42,06	53,59
Sdev	9,96	12,92
Var. (%)	6,70	6,82

Terceira Campanha	Potência : 60 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 1x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*)	Vazão	Nº	Fluorescência	
(mm:ss)	(ml/min)	Alíquota	Uranina	Amido
01:20	750,00	1	68,57	84,77
01:17	779,22	2	68,57	85,40
01:16	789,47	3	69,19	86,02
01:17	779,22	4	70,44	87,27
01:18	769,23	5	67,94	84,15
01:17	779,22	6	68,57	86,02
01:18	769,23	7	69,81	86,64
01:17	779,22	8	68,57	84,77
01:17	779,22	9	68,57	83,53
01:18	769,23	10	63,58	84,77
01:18	769,23	11	68,57	85,40
		12	68,57	85,40
		13	69,81	85,40
		14	69,81	86,02
		15	67,32	84,77
		16	67,94	84,77
		17	68,57	86,64
		18	69,19	86,02
Média	773,86	Média	68,53	85,43
Sdev	10,21	Sdev	1,46	0,94
Var. (%)	0,89	Var. (%)	1,06	0,55

Vazão calculada (m3/s)		
	Uranina	Amido (**)
Média	122,57	120,78
Var. (%)	5,81	5,92

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº	Fluorescência	
Amostra	Uranina	Amido (**)
294	26,89	34,37
295	31,25	39,98
296	45,59	59,30
297	26,26	32,50
298	24,39	30,63
299	33,12	41,85
300	30,00	38,11
301	31,87	40,60
302	28,76	35,61
303	26,89	34,37
304	28,13	36,24
305	38,11	47,46
306	21,90	26,89
307	34,37	43,72
308	27,51	34,37
309	40,60	51,82
310	24,39	31,25
311	31,87	41,22
312	22,52	28,13
313	21,90	27,51
314	30,00	37,48
315	28,13	36,24
316	30,00	37,48
317	38,11	48,70
318	25,64	31,25
319	38,11	48,70
320	34,37	44,34
321	25,64	31,25
322	20,03	25,64
323	34,37	43,09
324	33,12	41,22
325	33,12	41,22
326	25,64	31,87
327	31,25	39,35
328	18,16	23,15
329	38,73	49,33
330	26,26	33,12
331	23,77	29,38
332	24,39	31,87
333	25,64	31,87
334	19,41	24,39
335	23,15	29,38
336	25,64	32,50
337	21,90	26,89
338	20,65	26,26
339	38,73	50,57

Continua...

Terceira Campanha	Potência : 60 MW
Local do posto de amostragem: Turbina	
Configuração de injeção: 1x1	Data: 22/05/96

Dados do posto de injeção				
Vazão de Injeção (q_{inj})		Fluorescência das alíquotas		
Tempo (*) (mm:ss)	Vazão (ml/min)	Nº Alíquota	Fluorescência	
			Uranina	Amido

Dados do posto de amostragem		
Fluorescência das amostras		
Nº Amostra	Fluorescência	
	Uranina	Amido (**)
340	26,89	34,37
341	26,89	33,74
342	29,38	36,86
343	40,60	51,82
344	30,63	39,35
345	21,90	27,51
346	24,39	30,63
347	23,77	30,63
348	33,12	41,22
349	27,51	34,99

Média	28,85	36,49
Sdev	6,09	7,96
Var. (%)	5,64	5,83