

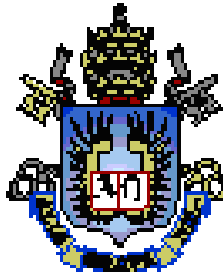
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Gilberto Oliveira Gomes, Demonstração da Qualidade e da Competência Técnica Laboratorial: Estratégia Modular para implementação do Sistema da Qualidade em Laboratórios que operam no ambiente de universidades e centros de P&D, Dissertação de Mestrado, PUC-Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.
- [2] NBR ISO 9951/ABNT, 2002, Medição de vazão de gás em condutos fechados – Medidores tipo turbina.
- [3] NBR 14801/ABNT, 2002, Medição de vazão de gás em condutos fechados – Medidores tipo turbina – Classificação e ensaios complementares.
- [4] Portaria N° 114 de 16 de outubro de 1997
- [5] Bulletin OIML N° 98, Mars 1985
- [6] LINK, W. Metrologia Mecânica, expressão da incerteza da medição, 1997, publicação do INMETRO, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [7] VUOLO, J.H. Fundamentos da Teoria de Erros, 2ª ed., 1996, ed. Edgard Blücher, São Paulo, SP, Brasil.
- [8] CELSO, A , Transmissão de Calor, 2ª ed., 1982, ed. Livros Técnicos e Científicos-LTC, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- [9] HICKS, C.R., Fundamentals of Analysis of Variance, ed. W.H. Klippel, 1984, Society of Manufacturing Engineers, Michigan, EUA.
- [10] HOLMAN, J.P., Transferência de Calor, 1983, ed. McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, SP, Brasil.

- [11] MONTGOMERY, D.C. Design and analysis of Experiments, 4^a ed., 1997, Wiley-Interscience, EUA
- [12] PAPOULIS, A., Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, 3^a ed., 1991, McGraw-Hill, New York, NY, EUA.
- [13] WALPOLE, R.E. & MYERS, R.H., Probability and Statistics for Engineers and Scientists, 4^a ed., 1989, ed. Macmillan Publishing, New York, NY, EUA.
- [14] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 1993, International Organization for Standardization, Suíça.
- [15] Vocabulário Internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia (VIM), Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial, 1995, Duque de Caxias, RJ, Brasil.
- [16] ABNT ISO/IEC 17025, 2005, Requisitos gerais para competência de laboratórios de ensaios e calibração

Apêndice 1

Diagnóstico para Avaliação da Aderência às Práticas de Gestão com Base nos requisitos da A NBR ISO/IEC 17025 do Laboratório de Calibração de Vazão da Transcontrol



**DIAGNÓSTICO PARA
AVALIAÇÃO DA ADERÊNCIA
ÀS PRÁTICAS DE GESTÃO
COM BASE NOS REQUISITOS
DA NBR ISO/IEC 17025
DO LABORATÓRIO DE
CALIBRAÇÃO DE VAZÃO DA
TRANSCONTROL**

PósMQI
PUC-Rio

SUMÁRIO:

- 1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA**
- 2. OBJETIVO**
- 3. INTRODUÇÃO**
- 4. ESTRUTURA DA TRANSCONTROL**
- 5. PLANEJAMENTO PARA AVALIAÇÃO**
- 6. ETAPAS DA AVALIAÇÃO**
- 7. RESULTADOS**
- 8. RECOMENDAÇÕES**
- 9. CONCLUSÕES**
- 10. BIBLIOGRAFIA**

1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Com o crescente mercado de Óleo e Gás no país, o INMETRO junto com ANP teve a necessidade de elaborar e Aprovar o Regulamento Técnico de Medição de Petróleo e Gás Natural, que estabelece as condições e requisitos mínimos para os sistemas de medição de petróleo e gás natural, com vistas a garantir resultados acurados e completos (Portaria Conjunta ANP / INMETRO n.º 01, de 19 de junho de 2000).

Esta regulamento, fez com que os laboratórios se qualificassem para atender uma demanda de prestação de serviço de calibração em medidores.

A TRANSCONTROL verificando a necessidade do mercado e com a motivação pela melhoria contínua, tomou como desafio a implementação do Sistema de Gestão da Qualidade pela NBR ISO/IEC 17025 em seu laboratório de Vazão.

2. OBJETIVO

Este trabalho pretende apresentar um diagnóstico do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) do laboratório de calibração de vazão da empresa **Transcontrol**, com base nos requisitos da norma NBR ISO/IEC 17025.

3. INTRODUÇÃO

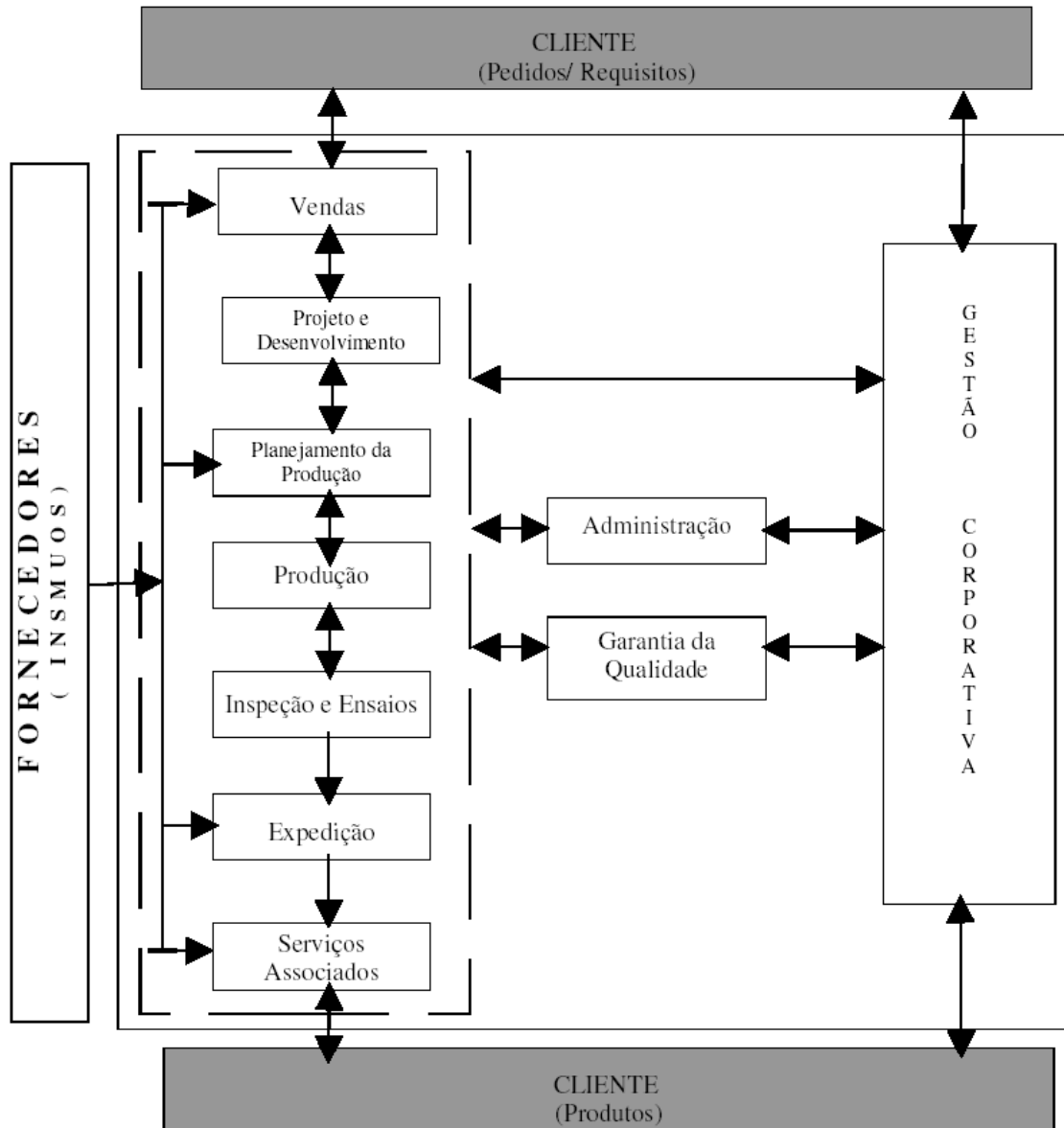
A TRANSCONTROL é uma empresa brasileira, fundada em 1968. Como indústria, a Transcontrol fornece projetos, fabricação, serviços e assessoria pós-venda de equipamentos hidráulicos, pneumáticos e eletrônicos para indústrias de petróleo e gás. Para tal, contamos com tecnologia e mão-de-obra nacionais, sendo esta última, incentivada a participar ativamente no processo de melhoria, a fim de manter nossos produtos e serviços com um padrão de qualidade internacional. Esta empresa possui um corpo técnico considerável de engenheiros mecânicos e eletrônicos que buscam, de forma contínua, a melhoria da produtividade e da qualidade dos nossos produtos e serviços. Do primeiro contato até a entrega do produto e serviços pós-vendas, a equipe Transcontrol mantém o compromisso com a qualidade total para satisfação do cliente, com atendimento personalizado, na busca do aperfeiçoamento contínuo de prazo, preços competitivos e qualidade.

Tanto para a verificação dos produtos fabricados como para os serviços prestados à empresa dispõe de um laboratório de calibração de instrumentos de vazão volumétrica, cuja sua bancada possui um “Laudo de Validação” para essa finalidade, conferido pelo INMETRO. O laboratório conta ainda com todos os seus padrões secundários rastreados aos padrões da RBC. A motivação pela melhoria contínua de nossos produtos e serviços tem levado a Transcontrol ao desafio da implementação do Sistema de Gestão da Qualidade pela NBR ISO/IEC 17025.

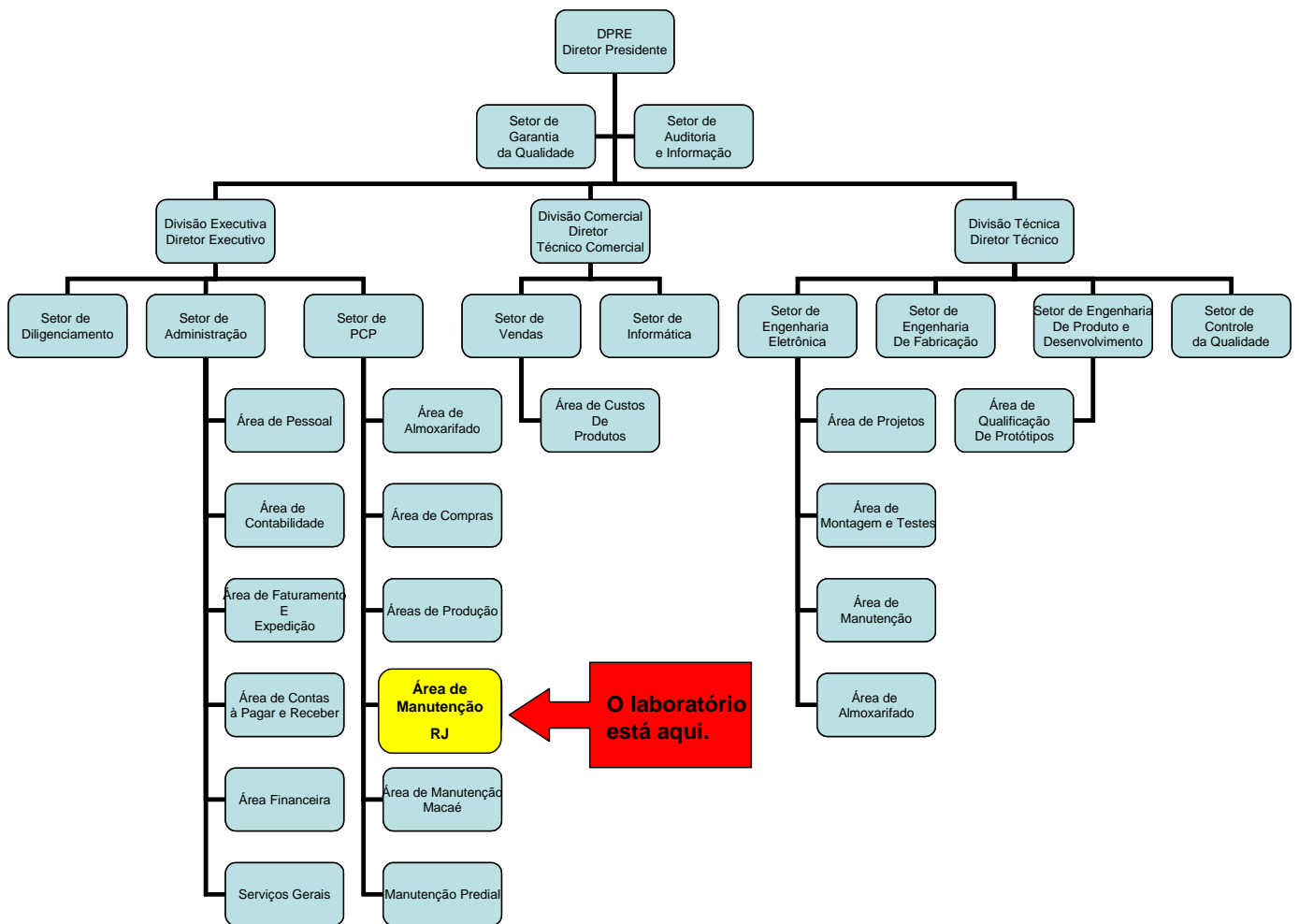
4. VISÃO GERAL DA ORGANIZAÇÃO

4.1 – Macrofluxo da Organização

TRANSCONTROL - PROCESSOS DO NEGÓCIO



4.2 – Organograma da Organização



PLANEJAMENTO PARA AVALIAÇÃO

Para elaboração do diagnóstico foram adotadas as seguintes premissas:

- a) Realizar reunião preliminar com o grupo de trabalho para definir as diretrizes a serem adotadas.
- b) As diretrizes devem ter como referência outros diagnósticos realizados e/ou relatórios de auditoria de certificação na Norma ABNT ISO/IEC 17025.
- c) Realizar reuniões com professores e consultores desta área de conhecimento, para auxiliar ao grupo na definição do “ponto de partida” do diagnóstico.
- d) Realizar visita ao laboratório de vazão da empresa para levantamento de dados e entrevistas com os líderes e executantes das rotinas de calibração.
- e) Os itens da Norma não aplicáveis ao trabalho proposto devem estar indicados no Quadro Resumo, no item Resultados.

Para elaboração do diagnóstico inicial, foram realizadas reuniões preliminares com o representante da alta administração da empresa e o aluno do curso de Mestrado em Metrologia da PUC-RIO, FLAVIOMAR.

5. MÉTODO DA AVALIAÇÃO

Foi considerada uma sistemática de avaliação com base na Dissertação de Mestrado da PUC-Rio, do Msc. Gilberto Oliveira Gomes, sob o título: “[Demonstração da Qualidade e da Competência Técnica Laboratorial: Estratégia Modular para implementação do Sistema da Qualidade em Laboratórios que operam no ambiente de universidades e centros de P&D](#)”.

Deste método destacamos a utilização da classificação dos itens dos requisitos e a estrutura proposta, conforme segue:

Item Básico (IB) – é o item que deve ser implementado e controlado por ser considerado um item de aplicação básica, correspondendo ao mínimo para se demonstrar capacitação técnica e gerencial, podendo ser representado por ações de execução de procedimento, declaração de compromisso, definição de postura de trabalho política de execução das atividades ou para com o cliente. Segundo a classificação da ISO/IEC 17025, este é um item obrigatório.

Item Complementar (IC) – apesar de serem obrigatórios dentro do contexto da norma ISO/IEC 17025, sua ausência não compromete a demonstração da competência técnica e organizacional a que se propõe nesta abordagem, correspondendo aos itens que complementam a aplicação da norma como um todo e necessários para credenciamento junto ao organismo credenciador e, portanto, não aplicáveis aos propósitos aqui mencionados.

Por se tratar de um diagnóstico preliminar para avaliar o nível de adequação do laboratório, neste trabalho não foram seguidos rigorosamente os “rituais” (ou procedimentos) de uma certificação de sistema.

As etapas abaixo foram adotadas para verificação da adequação e conformidade das práticas do laboratório em conformidade com a Norma ABNT ISO/IEC 17025.

Etapa I - Requisito da organização básica

- Acomodações e Condições Ambientais
- Organização
- Sistema da Qualidade
- Pessoal

Etapa II - Requisitos técnicos

- Método de ensaio, calibração, validação
- Equipamentos
- Rastreabilidade das medições

Etapa III - Requisitos de Gestão

- Auditoria interna
- Análise crítica da administração
- Controle de documentos
- Controle de registros
- Controle de não-conformidades
- Ação corretiva
- Ação preventiva

6. RESULTADOS

O resultado do diagnóstico foi apresentado de forma resumida em tabelas que serão apresentadas em cada item em um **Quadro Resumo**.

Todos os requisitos classificados como IB foram avaliados e foram listados para o desenvolvimento deste trabalho.

Foram verificadas boas práticas e as oportunidades de melhorias pertinentes as suas atividades de rotina.

A seguir, estão descritos numa tabela os resumos das observações feitos para cada item com base nas etapas do item 6 deste documento.

7.1. Etapa I - Requisito da organização básica

7.1.1 – Acomodações e Condições Ambientais (5.3)

Tem por objetivo definir e manter as condições ambientais mínimas para a operação de um laboratório - Itens 5.3.1-1 até 5.3.5-12).

Diagnóstico	Oportunidades de melhoria
<p>SIM. Em uma visão macro o laboratório possui toda as Acomodações e condições ambientais necessárias para efetuar uma calibração. Tendo em vista que o mesmo possui um Laudo Divol 015/2004 do INMETRO que demonstra os requisitos técnicos de instalação.</p>	
<p>NÃO. O laboratório não possui uma análise detalhada das grandezas que afetam realmente a calibração.</p>	<p>Desenvolver uma análise metrológica da bancada de calibração</p>

7.1.2 - Organização

Tem por objetivo definir a estrutura organizacional, as responsabilidades pelas atividades de gerenciamento do laboratório, bem como a interação com outras atividades relacionadas ao laboratório – Itens 4.1.1-1 até 4.1.5.j-14).

Diagnóstico	Oportunidades de melhoria
SIM - Existe sistema de gerenciamento das atividades e autoridade formal no corpo gerencial sobre os recursos necessários.	Estabelecer um substituto para o gerente que possui a autoridade formal.
NÃO - Não foi observado o CNPJ do laboratório e constatado que o mesmo não figura no organograma, embora possua informalmente responsabilidades definidas. Entretanto não possui política de segurança da informação nem responsável pelo SGQ.	Transferir o laboratório para a matriz; inserir no organograma da empresa, definir responsabilidade através de matriz própria e estabelecer políticas de segurança da informação e do SGQ.

7.1.3 - Sistema da Qualidade

Tem por objetivo estabelecer, documentar e manter o SGQ do laboratório, ou seja, definir todas as atividades, os procedimentos, tipos e estruturas de documentos relacionados com a qualidade dos serviços realizados (Itens 4.2.1-1 até 4.2.4-14).

Diagnóstico	Oportunidades de melhoria
O laboratório não possui um sistema de qualidade próprio	Incluir o laboratório no SGQ da empresa

7.1.4 – Pessoal

Tem por objetivo estabelecer e controlar a competência técnica e gerencial de todo pessoal envolvido com as atividades do laboratório, através da aplicação de programas de treinamento (itens 5.2.1-1 até 5.2.5-19)

Diagnóstico	Oportunidades de melhoria
SIM. O laboratório mantém controle destes registros e tem seus contratos de trabalho regularizados, conforme prevê seu SGQ.	Foi observado que o pessoal é treinado nos procedimentos específicos. Entretanto não há registro interno de treinamentos.
NÃO. O laboratório não possui fluxograma com a descrição das atribuições e responsabilidades de seu pessoal.	Verificar a possibilidade de elaborar fluxograma de processos para descrever as responsabilidades e atividades do pessoal envolvido.
PND. Foi observado que são realizados treinamentos, mas não há registro interno.	Prever avaliação das competências técnicas, bem como registrá-las para o atendimento deste requisito da Norma.

7.2. Etapa II - Requisitos técnicos

7.2.1 Método de ensaio, calibração, validação

Tem por objetivo selecionar, desenvolver e validar métodos adequados, de modo a atender os requisitos das calibrações e ensaios (itens 5.4.1-1 até 5.4.7.2.c-35)

Diagnóstico	Oportunidades de melhoria
SIM. Possui métodos e procedimentos apropriados e as normas são atualizadas pelo SGQ.	Não pertinente
Não são calculadas as incertezas da calibração e existe apenas uma instrução de trabalho (IT) para preparação do item a ser calibrado	Elaborar procedimento para cálculo da incerteza de calibração e avaliar operações e condições que possam interferir no resultado da calibração
PND. Somente a preparação (instalação) do item a ser calibrado está descrita	Elaborar procedimento de manuseio, transporte e estocagem dos itens a serem calibrados, bem como rotina para verificação e controle dos dados apresentados

7.2.2 Equipamentos

Tem por objetivo assegurar a correta utilização, manutenção e calibração dos equipamentos utilizados para realizar as calibrações (itens 5.5.1-1 até 5.5.11-19).

Diagnóstico	Oportunidades de melhoria
SIM – Todos os equipamentos defeituosos são retirados de serviço e possuem etiquetas que indicam a data da última calibração e sua validade, fatores de correção da calibração são corrigidos por software	Não pertinente
Não foi identificada práticas rotineiras de identificação de problemas para equipamentos retirados de serviço. Verificações são realizadas a critério do técnico do laboratório	Incluir no SGQ procedimentos para identificação dos problemas apresentados pelos equipamentos retirados de serviço
PND. Verificações rotineiras são realizadas, porém não são documentadas	Incluir no SGQ procedimentos para documentar verificações rotineiras

7.2.3 Rastreabilidade das medições

Tem por objetivo estabelecer a rastreabilidade das calibrações com base em padrões reconhecidos (itens 5.6.1-1 até 5.6.3.4-16).

Diagnóstico	Oportunidades de melhoria
Não foram identificadas práticas de rastreabilidade das medições pelo laboratório.	Incluir no SGQ procedimentos para o controle da rastreabilidade das medições

7.3. Etapa III - Requisitos de Gestão

7.3.1 Auditoria interna

Tem por objetivo verificar a conformidade do SQ com base nos manuais, políticas e procedimentos estabelecidos (itens 4.13.1-1 até 4.13.4-7)

Diagnóstico	Oportunidades de melhoria
NÃO são realizadas auditorias internas no laboratório.	Incluir no SGQ o programa de auditorias internas.

7.3.2 Análise crítica da administração

Tem por objetivo verificar a eficácia do SGQ através dos resultados das auditorias internas e análise do acompanhamento das ações corret. e prevent. (itens 4.14.1-1 até 4.14.2-4).

Diagnóstico	Oportunidades de melhoria
NÃO identificada uma rotina de análise crítica do sistema e das atividades do laboratório.	Incluir no SGQ o programa de análise crítica dos sistema da qualidade do laboratório.

7.3.3 Controle de documentos dregistros

Tem por objetivo estabelecer e manter procedimentos para controlar todos os documentos que façam parte da documentação da qualidade, bem como identificação, indexação, acesso, arquivo estocagem manutenção e disposição dos registros técnicos(itens 4.3.1-1 ao 4.3.1-14 e 4.12.1.1-1 ao 4.12.2.3-14).

Diagnóstico	Oportunidades de melhoria
Sim. O controle de documentos e registros é realizado pelo SGQ.	
Não possui sistema de proteção de registros eletrônicos. Certificado de calibração possui termos que não estão de acordo com o VIM.	Estabelecer procedimentos para confidencialidade dos registros. Adequar termos do certificado conforme o VIM.

7.3.5 Controle de não-conformidades

Tem por objetivo assegurar que todos os resultados não previstos ou em desacordo com o planejado, serão detectados, registrados, analisados e tratados de forma a evitar sua ocorrência futura (Itens 4.9.1-1 até 4.9.2-8).

Diagnóstico	Oportunidades de melhoria
Sim. O controle de documentos e registros é realizado pelo SGQ.	
Não possui sistema de proteção de registros eletrônicos. Certificado de calibração possui termos que não estão de acordo com o VIM.	Estabelecer procedimentos para confidencialidade dos registros. Adequar termos do certificado conforme o VIM.

7.3.6 Ação corretiva

Tem por objetivo assegurar que todas as não conformidades detectadas, serão registradas e analisadas as causas primárias que lhes deram origem e que serão tomadas ações para a eliminação do sintoma destas não-conformidades, bem como, ações para evitar sua reincidência (Itens 4.10.1-1 até 4.10.5-9).

Diagnóstico	Oportunidades de melhoria
NÃO foi identificada uma rotina clara de ação corretiva. Apenas as periodicidades de calibração dos instrumentos do laboratório são monitorados pelo SGQ ISO 9001.	Incluir no SGQ um procedimento documentado, a fim de garantir e assegurar a Ação corretiva.

7.3.7 Ação preventiva

Tem por objetivo identificar melhorias e fontes potenciais de problemas, tanto de ordem técnica quanto no sistema da qualidade, de modo a evitar ocorrência de não conformidade (Itens 4.11.1-1 até 4.11.2-3).

Diagnóstico	Oportunidades de melhoria
NÃO foi identificada uma rotina clara de ação corretiva. Apenas as periodicidades de calibração dos instrumentos do laboratório são monitorados pelo SGQ ISO 9001.	Incluir no SGQ um procedimento documentado, a fim de assegurar e garantir a Ação preventiva.

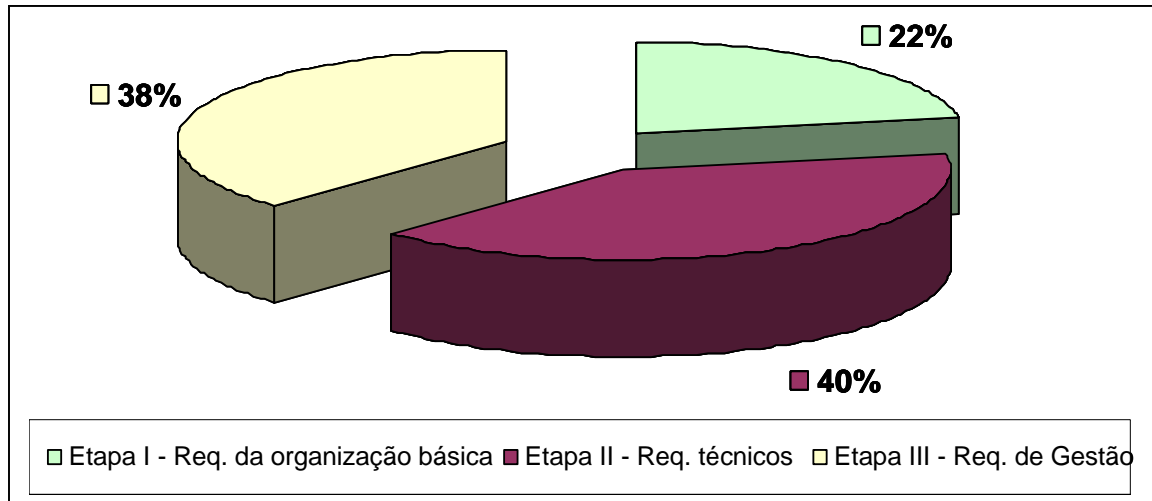
7.3.RESULTADOS

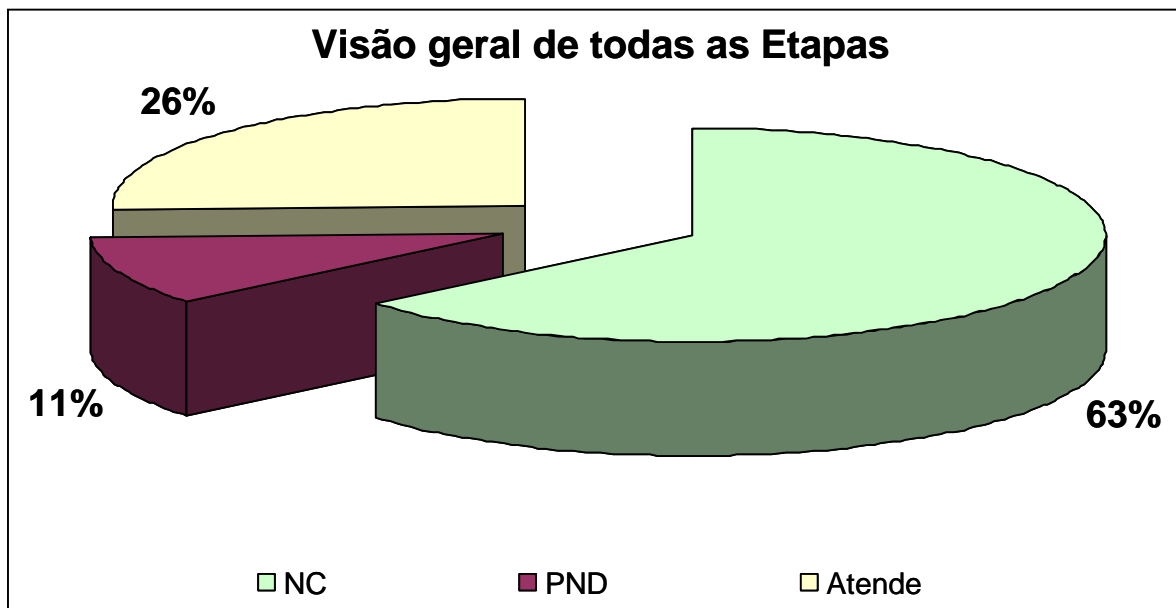
Os resultados estão distribuídos da seguinte forma:

- % de **itens avaliados por Etapa** em relação aos requisitos da norma, excluindo-se os não aplicáveis;
- % estratificado por cada etapa (NC, atendidos e PND);
- % de itens NÃO CONFORMES por Etapa (1 gráfico);
- % de requisitos da organização básica que NÃO ATENDEM, para cada Etapa (3 gráficos);

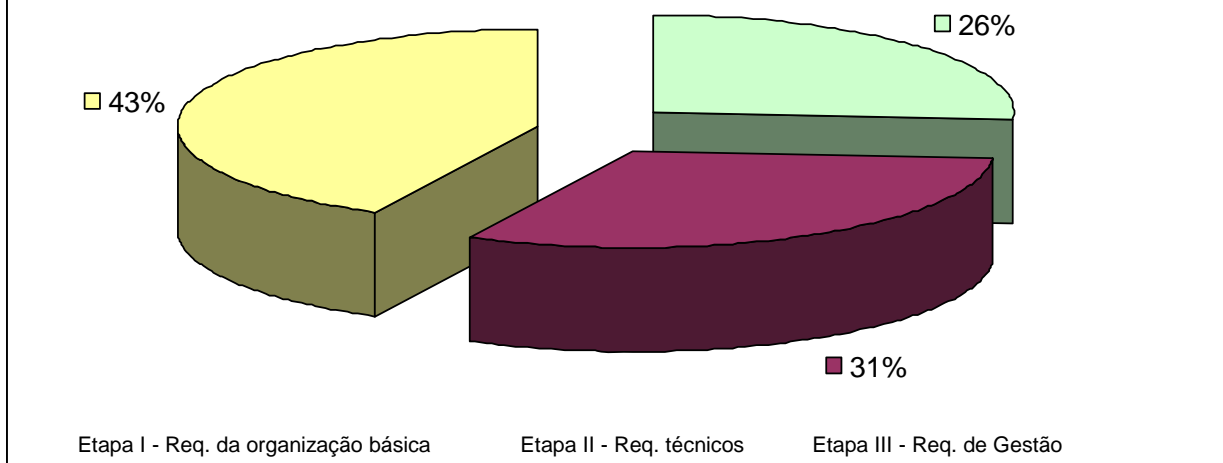
REPRESENTAÇÃO DO % DE REQUISITOS DE CADA ETAPA EM RELAÇÃO AO Nº TOTAL DE REQUISITOS.

REQUISITOS AVALIADOS



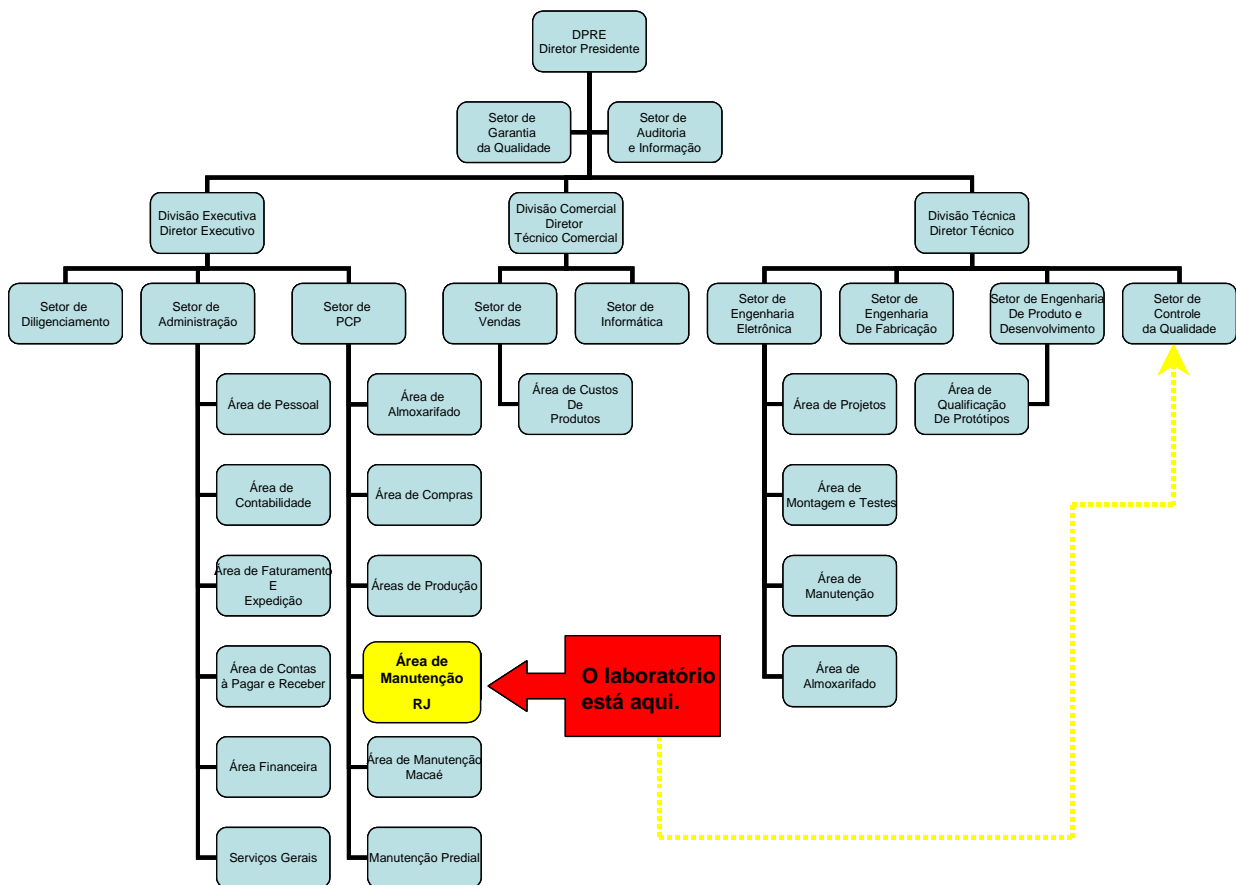


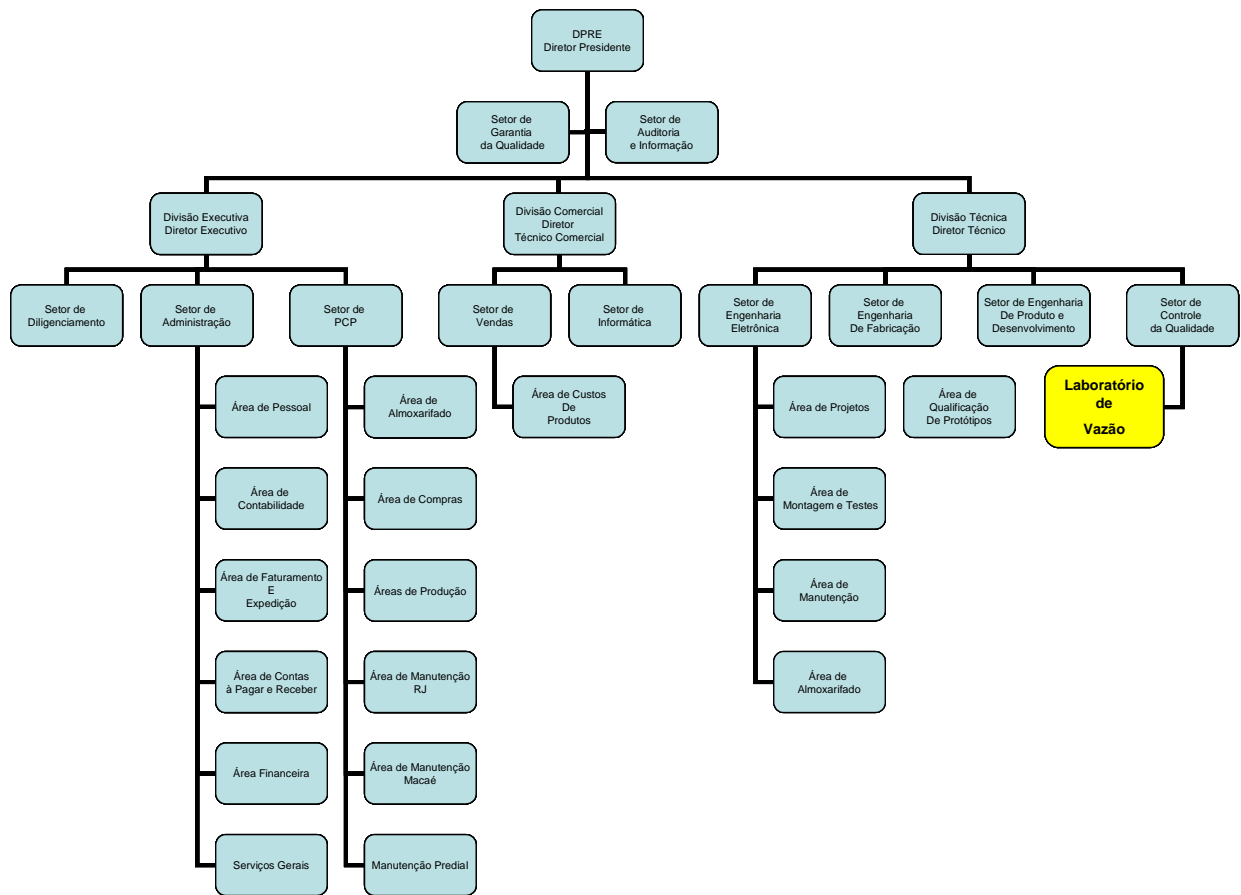
REPRESENTAÇÃO DO % DE NÃO ATENDIMENTO PARA CADA ETAPA DOS REQUISITOS, CONSIDERANDO OS SEGUINTE PESOS: Etapa I (3,5); Etapa II (4); Etapa III (2,5).



8. RECOMENDAÇÕES

- Implantar SGQ ISO/IEC 17025 (MQ, Políticas e Objetivos), podendo utilizar-se das boas práticas já implementadas pelo SGQ ISO-9001 da empresa.
- Alterar a subordinação do laboratório de calibração de vazão ao PCP para o setor de Controle da Qualidade, afim de eliminar a dependência e quaisquer pressões internas de produção;

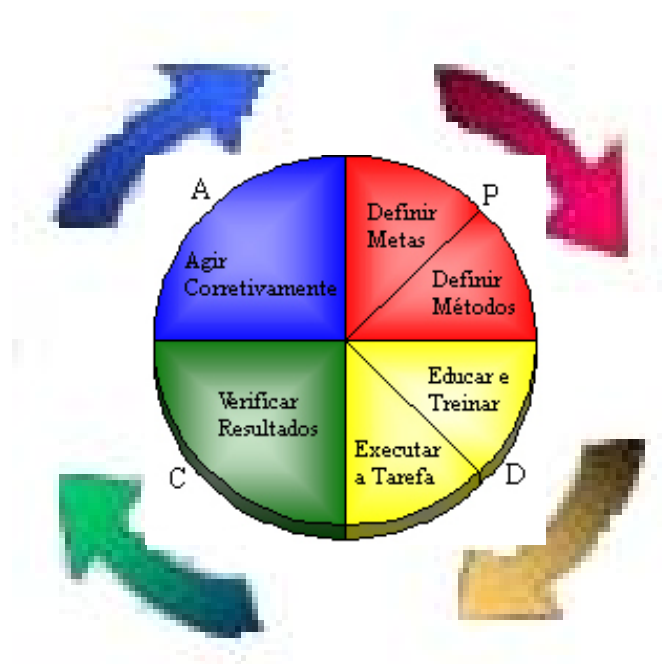




A Transcontrol poderá utilizar-se do PDCA, metodologia para controle e melhoria de processos, obedecendo as seguintes etapas:

- Planejamento (P) → Consiste em:
 - a) Estabelecer metas sobre os itens de controle;
 - b) Estabelecer a maneira (o caminho, o método) para se atingir as metas propostas.
- Execução (D) → Execução das tarefas exatamente como prevista na etapa anterior. Nesta etapa é essencial a conscientização dos envolvidos na implementação do plano de ação decorrente do diagnóstico.
- Verificação (C) → A partir dos dados coletados na execução compara-se o resultado alcançado com a meta planejada.
- Ação corretiva (A) → Esta é a etapa onde são detectados desvios e são feitas as correções definitivas.

O PDCA apresentado abaixo pode servir como uma referência para que a Transcontrol alcance seu objetivo maior:



9. CONCLUSÕES

Como estratégia de adoção de práticas internacionais no Laboratório de Vazão da Transcontrol, os processos de atendimento aos requisitos da ISO/IEC 17025 foram estruturados segundo as seguintes três Etapas:

Etapa I - Requisitos da organização básica

Com base nos resultados do diagnóstico é possível afirmar:

- 69% das não conformidades identificadas relacionam-se às Etapas I (43%) e III (26%);
- Considerando que as Etapas I e III são as que apresentam os menores graus de implementação e os menores custos associados, justificam-se ações específicas para o atendimento dessas não conformidades (os requisitos de gestão necessários são comuns ao SGQ ISO-9001 já implementado).
- Atendidas as não conformidades apontadas (o que mostrou-se técnica e economicamente factível), recomenda-se a acreditação do Laboratório de Vazão da Transcontrol, assim atribuindo credibilidade internacional aos certificados emitidos.

10. BIBLIOGRAFIA

- 10.1 ABNT ISO/IEC 17025
- 10.2 Demonstração da Qualidade e da Competência Técnica Laboratorial
- 10.3 VIM – Vocabulário Internacional de Metrologia
- 10.4 Dissertação de Mestrado da PUC-Rio, do Msc. Gilberto Oliveira Gomes, sob o título: “[Demonstração da Qualidade e da Competência Técnica Laboratorial: Estratégia Modular para implementação do Sistema da Qualidade em Laboratórios que operam no ambiente de universidades e centros de P&D](#)”

Apêndice 2

**Tabelas com os valores
de volume, pressão e
temperatura adquiridos
nos testes realizados**

Testes Realizados com 10 m³

Tabela 1-a : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 90 m³/h (Master)						
Corrida	Turbina Master					
	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	13605	294,4	101,3043	1364,49	9,9708	9,9203
2	13588	294,3	101,3043	1364,49	9,9583	9,9132
3	13567	294,1	101,3043	1364,49	9,9429	9,9044
4	13618	294,0	101,3043	1364,49	9,9803	9,9453
5	13583	293,9	101,3043	1364,49	9,9546	9,9219
6	13574	293,8	101,3043	1364,49	9,9480	9,9177
7	13577	293,8	101,3043	1364,49	9,9502	9,9205
8	13542	293,8	101,3043	1364,49	9,9246	9,8966
9	13540	293,8	101,3043	1364,49	9,9231	9,8953
10	13551	293,8	101,3043	1364,49	9,9312	9,9016
11	13563	293,8	101,3043	1364,49	9,9400	9,9104
12	13573	293,8	101,3043	1364,49	9,9473	9,9177
13	13558	294,0	101,3043	1364,49	9,9363	9,9022
14	13551	294,0	101,2974	1364,49	9,9312	9,8943
15	13534	294,1	101,3043	1364,49	9,9187	9,8806
16	13522	294,1	101,2974	1364,49	9,9099	9,8696
17	13551	294,2	101,2974	1364,49	9,9312	9,8891
18	13553	294,2	101,2974	1364,49	9,9326	9,8901
19	13551	294,2	101,2974	1364,49	9,9312	9,8871
20	13556	294,3	101,2974	1364,49	9,9348	9,8875

Tabela 1-b : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 90 m³/h (Teste)						
Corrida	Turbina Teste					
	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	1	294,0	101,325	10	10	9,9646
2	1	293,9	101,325	10	10	9,9708
3	1	293,8	101,325	10	10	9,9725
4	1	293,8	101,318	10	10	9,9723
5	1	293,8	101,318	10	10	9,9732
6	1	293,8	101,318	10	10	9,9738
7	1	293,8	101,318	10	10	9,9738
8	1	293,9	101,318	10	10	9,9704
9	1	293,9	101,318	10	10	9,9687
10	1	294,0	101,318	10	10	9,9653
11	1	293,9	101,318	10	10	9,9671
12	1	294,0	101,318	10	10	9,9659
13	1	294,2	101,318	10	10	9,9602
14	1	294,3	101,318	10	10	9,9551
15	1	294,4	101,318	10	10	9,9518
16	1	294,5	101,318	10	10	9,9499
17	1	294,5	101,318	10	10	9,9484
18	1	294,6	101,318	10	10	9,9467
19	1	294,6	101,318	10	10	9,9450
20	1	294,6	101,318	10	10	9,9434

Tabela 1-c : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 90 m³/h (Cálculos)					
Corrida	VCM	VCT	K-Fator	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	9,92034	9,96456	0,99556	0,446	91,3
2	9,91320	9,97084	0,99422	0,581	90,9
3	9,90444	9,97247	0,99318	0,687	90,9
4	9,94526	9,97230	0,99729	0,272	91,4
5	9,92186	9,97325	0,99485	0,518	91,2
6	9,91774	9,97379	0,99438	0,565	91,2
7	9,92054	9,97379	0,99466	0,537	91,1
8	9,89662	9,97040	0,99260	0,745	90,7
9	9,89526	9,96867	0,99264	0,742	90,9
10	9,90165	9,96531	0,99361	0,643	91,1
11	9,91038	9,96711	0,99431	0,572	90,8
12	9,91766	9,96585	0,99516	0,486	90,9
13	9,90218	9,96023	0,99417	0,586	89,5
14	9,89434	9,95515	0,99389	0,615	89,2
15	9,88062	9,95177	0,99285	0,720	89,2
16	9,86957	9,94988	0,99193	0,814	89,1
17	9,88906	9,94839	0,99404	0,600	88,9
18	9,89008	9,94670	0,99431	0,572	89,3
19	9,88708	9,94498	0,99418	0,586	89,5

**Tabela 2-a : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 180 m³/h
(Master)**

Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	13475	292,0	101,2767	1349,34	9,9864	10,0165
2	13506	292,2	101,2767	1349,34	10,0094	10,0336
3	13525	292,5	101,2698	1349,34	10,0235	10,0339
4	13531	292,7	101,2767	1349,34	10,0279	10,0324
5	13498	292,8	101,2698	1349,34	10,0034	10,0050
6	13509	293,0	101,2698	1349,34	10,0116	10,0079
7	13492	293,0	101,2698	1349,34	9,9990	9,9920
8	13524	293,2	101,2698	1349,34	10,0227	10,0120
9	13545	293,2	101,2698	1349,34	10,0383	10,0246
10	13503	293,3	101,2698	1349,34	10,0072	9,9905
11	13532	293,5	101,2698	1349,34	10,0286	10,0073
12	13518	293,6	101,2698	1349,34	10,0183	9,9939
13	13480	293,6	101,2698	1349,34	9,9901	9,9654
14	13489	293,6	101,2698	1349,34	9,9968	9,9693
15	13483	293,7	101,2698	1349,34	9,9923	9,9643
16	13512	293,7	101,2698	1349,34	10,0138	9,9840
17	13514	293,8	101,2698	1349,34	10,0153	9,9838
18	13498	293,8	101,2698	1349,34	10,0034	9,9702
19	13514	293,9	101,2698	1349,34	10,0153	9,9803
20	13484	293,9	101,2698	1349,34	9,9931	9,9564

Tabela 2-b : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 180 m³/h (Teste)

Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	1	292,7	101,311	10	10	10,0089
2	1	293,1	101,311	10	10	9,9969
3	1	293,1	101,311	10	10	9,9950
4	1	293,3	101,311	10	10	9,9883
5	1	293,4	101,311	10	10	9,9859
6	1	293,5	101,311	10	10	9,9816
7	1	293,6	101,311	10	10	9,9768
8	1	293,8	101,311	10	10	9,9714
9	1	293,8	101,311	10	10	9,9714
10	1	293,9	101,311	10	10	9,9688
11	1	294,0	101,311	10	10	9,9647
12	1	294,0	101,311	10	10	9,9642
13	1	294,0	101,311	10	10	9,9630
14	1	294,1	101,311	10	10	9,9613
15	1	294,1	101,311	10	10	9,9611
16	1	294,2	101,311	10	10	9,9595
17	1	294,2	101,311	10	10	9,9580
18	1	294,2	101,311	10	10	9,9579
19	1	294,2	101,311	10	10	9,9563
20	1	294,3	101,311	10	10	9,9560

**Tabela 2-c : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 180 m³/h
(Cálculos)**

Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	10,01651	10,00885	1,00077	0,076	179,7
2	10,03365	9,99690	1,00368	-0,366	179,9
3	10,03385	9,99502	1,00389	-0,387	180,7
4	10,03244	9,98834	1,00441	-0,440	180,7
5	10,00497	9,98586	1,00191	-0,191	180,7
6	10,00786	9,98157	1,00263	-0,263	180,4
7	9,99202	9,97678	1,00153	-0,153	180,5
8	10,01200	9,97141	1,00407	-0,405	180,5
9	10,02460	9,97141	1,00533	-0,531	181,2
10	9,99049	9,96883	1,00217	-0,217	181,0
11	10,00730	9,96470	1,00428	-0,426	180,2
12	9,99392	9,96422	1,00298	-0,297	180,0
13	9,96542	9,96304	1,00024	-0,024	180,5
14	9,96932	9,96128	1,00081	-0,081	179,5
15	9,96427	9,96114	1,00031	-0,031	181,4
16	9,98397	9,95951	1,00246	-0,245	180,2
17	9,98378	9,95803	1,00259	-0,258	180,0
18	9,97020	9,95789	1,00124	-0,123	180,9
19	9,98032	9,95630	1,00241	-0,241	180,7
20	9,95640	9,95596	1,00004	-0,004	180,5

Tabela 3-a : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 270 m³/h (Master)

Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	13488	295,7	101,2078	1343,58	10,0388	9,9362
2	13429	296,5	101,2078	1343,58	9,9949	9,8668
3	13503	295,7	101,2147	1343,58	10,0500	9,9485
4	13514	295,7	101,2147	1343,58	10,0582	9,9554
5	13507	295,7	101,2147	1343,58	10,0530	9,9501
6	13533	295,3	101,2147	1343,58	10,0723	9,9814
7	13550	295,2	101,2147	1343,58	10,0850	9,9991
8	13539	294,8	101,2147	1343,58	10,0768	10,0049
9	13537	294,6	101,2147	1343,58	10,0753	10,0085
10	13587	294,3	101,2147	1343,58	10,1125	10,0576
11	13554	292,4	101,2147	1343,58	10,0879	10,0967
12	13551	292,3	101,2147	1343,58	10,0857	10,0976
13	13507	292,3	101,2147	1343,58	10,0530	10,0665
14	13515	292,2	101,2147	1343,58	10,0589	10,0739
15	13525	292,2	101,2147	1343,58	10,0664	10,0835
16	13543	292,1	101,2147	1343,58	10,0798	10,0987
17	13498	292,1	101,2147	1343,58	10,0463	10,0666
18	13522	292,1	101,2147	1343,58	10,0641	10,0852
19	13520	292,0	101,2147	1343,58	10,0626	10,0850
20	13492	291,8	101,2147	1343,58	10,0418	10,0708

Tabela 3-b : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 270 m³/h (Teste)

Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	1	296,8	101,291	10	10	9,8702
2	1	297,3	101,291	10	10	9,8520
3	1	296,0	101,291	10	10	9,8944
4	1	296,0	101,291	10	10	9,8941
5	1	295,5	101,291	10	10	9,9104
6	1	294,6	101,291	10	10	9,9423
7	1	294,4	101,291	10	10	9,9491
8	1	293,9	101,291	10	10	9,9673
9	1	293,7	101,291	10	10	9,9718
10	1	293,4	101,291	10	10	9,9830
11	1	292,1	101,291	10	10	10,0274
12	1	292,1	101,291	10	10	10,0291
13	1	292,0	101,291	10	10	10,0306
14	1	292,1	101,291	10	10	10,0290
15	1	292,0	101,291	10	10	10,0308
16	1	292,0	101,291	10	10	10,0308
17	1	291,9	101,291	10	10	10,0333
18	1	291,9	101,291	10	10	10,0340
19	1	291,9	101,291	10	10	10,0343
20	1	291,8	101,291	10	10	10,0378

**Tabela 3-c : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 270 m³/h
(Cálculos)**

Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	9,93615	9,87021	1,00668	-0,664	271,3
2	9,86676	9,85205	1,00149	-0,149	270,2
3	9,94845	9,89445	1,00546	-0,543	269,4
4	9,95538	9,89408	1,00620	-0,616	271,7
5	9,95012	9,91038	1,00401	-0,399	272,1
6	9,98139	9,94231	1,00393	-0,392	271,3
7	9,99911	9,94906	1,00503	-0,501	271,3
8	10,00486	9,96731	1,00377	-0,375	271,3
9	10,00854	9,97175	1,00369	-0,368	272,5
10	10,05759	9,98297	1,00747	-0,742	271,7
11	10,09667	10,02736	1,00691	-0,686	271,3
12	10,09758	10,02912	1,00683	-0,678	271,7
13	10,06655	10,03056	1,00359	-0,358	272,5
14	10,07389	10,02898	1,00448	-0,446	271,7
15	10,08348	10,03083	1,00525	-0,522	271,3
16	10,09866	10,03083	1,00676	-0,672	270,6
17	10,06659	10,03331	1,00332	-0,331	271,3
18	10,08521	10,03403	1,00510	-0,508	271,7
19	10,08503	10,03434	1,00505	-0,503	271,7
20	10,07080	10,03785	1,00328	-0,327	271,7

Tabela 4-a : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 360 m³/h (Master)

Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	13504	294,0	101,1319	1339,25	10,0833	10,0289
2	13505	293,6	101,1388	1339,25	10,0840	10,0462
3	13516	293,4	101,1319	1339,25	10,0922	10,0590
4	13527	293,4	101,1388	1339,25	10,1005	10,0698
5	13505	293,2	101,1319	1339,25	10,0840	10,0569
6	13520	293,0	101,1388	1339,25	10,0952	10,0762
7	13489	292,9	101,1319	1339,25	10,0721	10,0564
8	13480	292,8	101,1319	1339,25	10,0654	10,0514
9	13530	292,7	101,1388	1339,25	10,1027	10,0929
10	13529	292,7	101,1319	1339,25	10,1020	10,0917
11	13497	292,6	101,1388	1339,25	10,0781	10,0725
12	13514	292,5	101,1319	1339,25	10,0908	10,0875
13	13456	292,5	101,1388	1339,25	10,0474	10,0446
14	13469	292,3	101,1388	1339,25	10,0571	10,0632
15	13494	292,1	101,1388	1339,25	10,0758	10,0874
16	13472	292,0	101,1388	1339,25	10,0594	10,0759
17	13510	291,9	101,1388	1339,25	10,0878	10,1061
18	13468	292,1	101,1388	1339,25	10,0564	10,0688
19	13401	293,1	101,1319	1339,25	10,0064	9,9856
20	13423	293,6	101,1388	1339,25	10,0228	9,9853

Tabela 4-b : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 360 m³/h (Teste)

Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	1	293,3	101,263	10	10	9,9820
2	1	292,9	101,263	10	10	9,9956
3	1	292,9	101,263	10	10	9,9990
4	1	292,8	101,263	10	10	10,0009
5	1	292,7	101,263	10	10	10,0041
6	1	292,7	101,263	10	10	10,0058
7	1	292,4	101,263	10	10	10,0127
8	1	292,4	101,263	10	10	10,0128
9	1	292,4	101,263	10	10	10,0147
10	1	292,4	101,263	10	10	10,0160
11	1	292,3	101,263	10	10	10,0177
12	1	292,3	101,263	10	10	10,0180
13	1	293,0	101,263	10	10	9,9955
14	1	292,2	101,263	10	10	10,0213
15	1	292,0	101,263	10	10	10,0270
16	1	291,9	101,263	10	10	10,0315
17	1	292,0	101,263	10	10	10,0298
18	1	292,7	101,263	10	10	10,0026
19	1	294,3	101,263	10	10	9,9501
20	1	294,8	101,263	10	10	9,9312

**Tabela 4-c : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 360 m³/h
(Cálculos)**

Corrida	PCTM	PCTT	PCTM/PCTT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	10,02889	9,98199	1,00470	-0,468	363,5
2	10,04623	9,99562	1,00506	-0,504	362,1
3	10,05901	9,99896	1,00601	-0,597	363,5
4	10,06980	10,00091	1,00689	-0,684	361,4
5	10,05689	10,00412	1,00527	-0,525	362,8
6	10,07624	10,00583	1,00704	-0,699	362,8
7	10,05643	10,01274	1,00436	-0,434	362,8
8	10,05143	10,01284	1,00385	-0,384	361,4
9	10,09285	10,01469	1,00780	-0,774	360,7
10	10,09166	10,01603	1,00755	-0,749	360,7
11	10,07254	10,01771	1,00547	-0,544	360,7
12	10,08753	10,01798	1,00694	-0,689	363,5
13	10,04465	9,99555	1,00491	-0,489	362,1
14	10,06319	10,02134	1,00418	-0,416	362,1
15	10,08739	10,02700	1,00602	-0,599	360,7
16	10,07588	10,03154	1,00442	-0,440	360,7
17	10,10607	10,02982	1,00760	-0,754	361,4
18	10,06882	10,00265	1,00662	-0,657	358,7
19	9,98557	9,95014	1,00356	-0,355	360,1
20	9,98534	9,93120	1,00545	-0,542	360,1

Tabela 5-a : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 450 m³/h (Master)

Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	13474	296,4	101,0423	1335,45	10,0895	9,9456
2	13491	296,4	101,0285	1335,45	10,1022	9,9582
3	13481	296,3	101,0423	1335,45	10,0948	9,9534
4	13487	296,3	101,0354	1335,45	10,0992	9,9577
5	13445	296,3	101,0354	1335,45	10,0678	9,9267
6	13491	296,3	101,0354	1335,45	10,1022	9,9607
7	13488	296,3	101,0354	1335,45	10,1000	9,9585
8	13483	296,3	101,0285	1335,45	10,0963	9,9540
9	13462	296,3	101,0354	1335,45	10,0805	9,9391
10	13455	296,3	101,0354	1335,45	10,0753	9,9341
11	13468	296,3	101,0285	1335,45	10,0850	9,9430
12	13474	296,3	101,0354	1335,45	10,0895	9,9481
13	13448	296,3	101,0285	1335,45	10,0700	9,9282
14	13464	296,3	101,0423	1335,45	10,0820	9,9414
15	13474	296,3	101,0285	1335,45	10,0895	9,9474
16	13488	296,3	101,0354	1335,45	10,1000	9,9585
17	13461	296,3	101,0285	1335,45	10,0798	9,9378
18	13517	296,3	101,0354	1335,45	10,1217	9,9810
19	13472	296,3	101,0423	1335,45	10,0880	9,9480
20	13502	296,3	101,0354	1335,45	10,1105	9,9704

Tabela 5-b : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 450 m³/h (Teste)

Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	1	296,2	101,235	10	10	9,8844
2	1	296,2	101,228	10	10	9,8829
3	1	296,1	101,228	10	10	9,8858
4	1	296,1	101,235	10	10	9,8865
5	1	296,2	101,235	10	10	9,8831
6	1	296,2	101,235	10	10	9,8847
7	1	296,2	101,235	10	10	9,8848
8	1	296,2	101,235	10	10	9,8830
9	1	296,2	101,235	10	10	9,8835
10	1	296,2	101,235	10	10	9,8844
11	1	296,1	101,235	10	10	9,8849
12	1	296,2	101,228	10	10	9,8828
13	1	296,2	101,228	10	10	9,8826
14	1	296,2	101,235	10	10	9,8849
15	1	296,2	101,235	10	10	9,8832
16	1	296,2	101,228	10	10	9,8825
17	1	296,2	101,228	10	10	9,8831
18	1	296,1	101,228	10	10	9,8854
19	1	296,2	101,235	10	10	9,8832
20	1	296,1	101,235	10	10	9,8866

**Tabela 5-c : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 450 m³/h
(Cálculos)**

Corrida	PCTM	PCTT	PCTM/PCTT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	9,94565	9,88438	1,00620	-0,616	449,5
2	9,95822	9,88294	1,00762	-0,756	453,7
3	9,95340	9,88585	1,00683	-0,679	453,7
4	9,95766	9,88652	1,00720	-0,714	454,7
5	9,92668	9,88308	1,00441	-0,439	449,5
6	9,96068	9,88468	1,00769	-0,763	450,5
7	9,95849	9,88482	1,00745	-0,740	454,7
8	9,95402	9,88298	1,00719	-0,714	449,5
9	9,93906	9,88355	1,00562	-0,559	452,6
10	9,93406	9,88438	1,00503	-0,500	453,7
11	9,94302	9,88492	1,00588	-0,584	451,6
12	9,94809	9,88281	1,00661	-0,656	452,6
13	9,92822	9,88261	1,00462	-0,459	450,5
14	9,94142	9,88488	1,00572	-0,569	450,5
15	9,94745	9,88321	1,00650	-0,646	453,7
16	9,95846	9,88254	1,00768	-0,762	450,5
17	9,93785	9,88308	1,00554	-0,551	454,7
18	9,98095	9,88541	1,00966	-0,957	452,6
19	9,94803	9,88321	1,00656	-0,652	452,6
20	9,97041	9,88655	1,00848	-0,841	454,7

Tabela 6-a : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 540 m³/h (Master)

Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	13503	296,4	100,9251	1339,25	10,0825	9,9275
2	13451	296,4	100,9251	1339,25	10,0437	9,8904
3	13491	296,4	100,9251	1339,25	10,0736	9,9199
4	13454	296,4	100,9251	1339,25	10,0459	9,8931
5	13480	296,3	100,9182	1339,25	10,0654	9,9127
6	13451	296,3	100,9251	1339,25	10,0437	9,8920
7	13481	296,3	100,9113	1339,25	10,0661	9,9128
8	13481	296,3	100,9182	1339,25	10,0661	9,9135
9	13448	296,3	100,9182	1339,25	10,0415	9,8892
10	13520	296,3	100,9182	1339,25	10,0952	9,9421
11	13469	296,3	100,9113	1339,25	10,0571	9,9038
12	13456	296,3	100,9251	1339,25	10,0474	9,8955
13	13477	296,4	100,9182	1339,25	10,0631	9,9089
14	13475	296,4	100,9182	1339,25	10,0616	9,9073
15	13460	296,4	100,9113	1339,25	10,0504	9,8940
16	13479	296,5	100,9182	1339,25	10,0646	9,9075
17	13492	296,5	100,9182	1339,25	10,0743	9,9165
18	13472	296,5	100,9182	1339,25	10,0594	9,9018
19	13459	296,5	100,9182	1339,25	10,0497	9,8922
20	13441	296,5	100,9182	1339,25	10,0362	9,8776

Tabela 6-b : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 540 m³/h (Teste)

Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	1	296,3	101,194	10	10	9,8763
2	1	296,2	101,194	10	10	9,8782
3	1	296,2	101,194	10	10	9,8780
4	1	296,3	101,194	10	10	9,8775
5	1	296,2	101,194	10	10	9,8792
6	1	296,2	101,194	10	10	9,8790
7	1	296,3	101,194	10	10	9,8758
8	1	296,2	101,194	10	10	9,8792
9	1	296,3	101,194	10	10	9,8775
10	1	296,2	101,194	10	10	9,8792
11	1	296,3	101,194	10	10	9,8759
12	1	296,3	101,194	10	10	9,8775
13	1	296,3	101,194	10	10	9,8758
14	1	296,4	101,194	10	10	9,8731
15	1	296,4	101,194	10	10	9,8725
16	1	296,4	101,194	10	10	9,8738
17	1	296,4	101,194	10	10	9,8714
18	1	296,5	101,194	10	10	9,8707
19	1	296,5	101,201	10	10	9,8715
20	1	296,5	101,194	10	10	9,8692

**Tabela 6-c : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 540 m³/h
(Cálculos)**

Corrida	PCTM	PCTT	PCTM/PCTT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	9,92751	9,87627	1,00519	-0,516	541,1
2	9,89038	9,87818	1,00124	-0,123	545,7
3	9,91989	9,87801	1,00424	-0,422	541,1
4	9,89305	9,87748	1,00158	-0,157	539,6
5	9,91273	9,87918	1,00340	-0,339	539,6
6	9,89202	9,87904	1,00131	-0,131	541,1
7	9,91279	9,87584	1,00374	-0,373	541,1
8	9,91350	9,87918	1,00347	-0,346	539,6
9	9,88923	9,87751	1,00119	-0,119	541,1
10	9,94215	9,87918	1,00637	-0,633	539,6
11	9,90383	9,87587	1,00283	-0,282	539,6
12	9,89546	9,87748	1,00182	-0,182	542,6
13	9,90889	9,87581	1,00335	-0,334	541,1
14	9,90728	9,87311	1,00346	-0,345	539,6
15	9,89398	9,87251	1,00217	-0,217	542,6
16	9,90745	9,87381	1,00341	-0,340	539,6
17	9,91647	9,87141	1,00456	-0,454	544,2
18	9,90177	9,87068	1,00315	-0,314	541,1
19	9,89222	9,87152	1,00210	-0,209	541,1
20	9,87762	9,86925	1,00085	-0,085	538,1

Tabela 7-a : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 630 m³/h (Master)

Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	13490	294,3	100,7734	1332,3	10,1253	10,0267
2	13503	294,2	100,7803	1332,3	10,1351	10,0387
3	13472	294,2	100,7872	1332,3	10,1118	10,0176
4	13472	294,2	100,7872	1332,3	10,1118	10,0176
5	13490	295,9	100,7803	1332,3	10,1253	9,9719
6	13461	296,0	100,7872	1332,3	10,1036	9,9490
7	13465	296,0	100,7803	1332,3	10,1066	9,9500
8	13447	296,0	100,7803	1332,3	10,0930	9,9356
9	13495	296,1	100,7872	1332,3	10,1291	9,9711
10	13459	296,1	100,7872	1332,3	10,1021	9,9428
11	13456	296,2	100,7872	1332,3	10,0998	9,9389
12	13496	296,2	100,7941	1332,3	10,1298	9,9675
13	13469	296,2	100,7803	1332,3	10,1096	9,9456
14	13432	296,3	100,7872	1332,3	10,0818	9,9177
15	13483	296,3	100,7941	1332,3	10,1201	9,9545
16	13456	296,3	100,7803	1332,3	10,0998	9,9330
17	13438	296,4	100,7872	1332,3	10,0863	9,9171
18	13464	296,4	100,7803	1332,3	10,1058	9,9355
19	13493	296,5	100,7872	1332,3	10,1276	9,9561
20	13475	296,5	100,7803	1332,3	10,1141	9,9419

Tabela 7-b : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 630 m³/h (Teste)

Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	1	294,0	101,153	10	10	9,9491
2	1	293,9	101,153	10	10	9,9524
3	1	293,9	101,153	10	10	9,9525
4	1	293,9	101,153	10	10	9,9525
5	1	296,1	101,153	10	10	9,8786
6	1	296,2	101,160	10	10	9,8775
7	1	296,2	101,153	10	10	9,8764
8	1	296,2	101,153	10	10	9,8751
9	1	296,2	101,153	10	10	9,8750
10	1	296,3	101,153	10	10	9,8718
11	1	296,3	101,153	10	10	9,8718
12	1	296,3	101,153	10	10	9,8718
13	1	296,4	101,153	10	10	9,8691
14	1	296,4	101,153	10	10	9,8669
15	1	296,5	101,153	10	10	9,8667
16	1	296,5	101,160	10	10	9,8657
17	1	296,5	101,153	10	10	9,8651
18	1	296,5	101,153	10	10	9,8648
19	1	296,6	101,153	10	10	9,8626
20	1	296,6	101,153	10	10	9,8615

**Tabela 7-c : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 630 m³/h
(Cálculos)**

Corrida	PCTM	PCTT	PCTM/PCTT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	10,02667	9,94910	1,00780	-0,774	631,0
2	10,03869	9,95242	1,00867	-0,859	629,0
3	10,01759	9,95249	1,00654	-0,650	629,0
4	10,01759	9,95249	1,00654	-0,650	629,0
5	9,97192	9,87861	1,00945	-0,936	629,0
6	9,94901	9,87748	1,00724	-0,719	631,7
7	9,95004	9,87644	1,00745	-0,740	631,7
8	9,93560	9,87514	1,00612	-0,609	633,7
9	9,97111	9,87500	1,00973	-0,964	629,6
10	9,94283	9,87184	1,00719	-0,714	631,7
11	9,93890	9,87180	1,00680	-0,675	635,8
12	9,96755	9,87180	1,00970	-0,961	635,8
13	9,94561	9,86907	1,00776	-0,770	635,8
14	9,91769	9,86694	1,00514	-0,512	631,7
15	9,95445	9,86674	1,00889	-0,881	633,7
16	9,93299	9,86572	1,00682	-0,677	633,7
17	9,91710	9,86511	1,00527	-0,524	631,7
18	9,93551	9,86478	1,00717	-0,712	633,7
19	9,95611	9,86262	1,00948	-0,939	631,7
20	9,94188	9,86145	1,00816	-0,809	629,6

Tabela 8-a : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 720 m³/h (Master)

Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	13496	294,6	100,6286	1331,76	10,1339	10,0102
2	13453	294,6	100,6217	1331,76	10,1016	9,9764
3	13482	294,6	100,6286	1331,76	10,1234	9,9989
4	13474	294,6	100,6286	1331,76	10,1174	9,9928
5	13495	294,6	100,6148	1331,76	10,1332	10,0081
6	13480	294,6	100,6286	1331,76	10,1219	9,9985
7	13466	294,6	100,6217	1331,76	10,1114	9,9874
8	13490	294,5	100,6217	1331,76	10,1294	10,0063
9	13482	294,5	100,6217	1331,76	10,1234	10,0009
10	13474	294,5	100,6217	1331,76	10,1174	9,9949
11	13477	294,6	100,6217	1331,76	10,1197	9,9964
12	13508	294,5	100,6217	1331,76	10,1429	10,0202
13	13471	294,5	100,6217	1331,76	10,1152	9,9927
14	13510	294,5	100,6286	1331,76	10,1444	10,0223
15	13486	294,5	100,6217	1331,76	10,1264	10,0039
16	13517	294,5	100,6355	1331,76	10,1497	10,0282
17	13517	294,5	100,6355	1331,76	10,1497	10,0282
18	13472	294,5	100,6355	1331,76	10,1159	9,9948
19	13471	294,5	100,6217	1331,76	10,1152	9,9931
20	13494	294,5	100,6217	1331,76	10,1324	10,0098

Tabela 8-b : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 720 m³/h (Teste)

Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	1	294,7	101,104	10	10	9,9223
2	1	294,7	101,104	10	10	9,9222
3	1	294,6	101,104	10	10	9,9235
4	1	294,6	101,097	10	10	9,9235
5	1	294,5	101,104	10	10	9,9274
6	1	294,4	101,104	10	10	9,9294
7	1	294,5	101,104	10	10	9,9274
8	1	294,4	101,104	10	10	9,9301
9	1	294,4	101,104	10	10	9,9308
10	1	294,4	101,104	10	10	9,9292
11	1	294,5	101,097	10	10	9,9278
12	1	294,5	101,104	10	10	9,9291
13	1	294,5	101,104	10	10	9,9291
14	1	294,5	101,097	10	10	9,9273
15	1	294,5	101,104	10	10	9,9275
16	1	294,5	101,104	10	10	9,9291
17	1	294,5	101,104	10	10	9,9291
18	1	294,5	101,104	10	10	9,9274
19	1	294,4	101,097	10	10	9,9301
20	1	294,5	101,097	10	10	9,9271

**Tabela 8-c : Corrida de 10 m³ em uma vazão de aproximadamente 720 m³/h
(Cálculos)**

Corrida	PCTM	PCTT	PCTM/PCTT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	10,01024	9,92235	1,00886	-0,878	717,5
2	9,97640	9,92221	1,00546	-0,543	717,5
3	9,99890	9,92353	1,00760	-0,754	725,6
4	9,99283	9,92346	1,00699	-0,694	720,2
5	10,00812	9,92744	1,00813	-0,806	720,2
6	9,99854	9,92943	1,00696	-0,691	717,5
7	9,98737	9,92740	1,00604	-0,600	717,5
8	10,00625	9,93013	1,00767	-0,761	720,2
9	10,00090	9,93077	1,00706	-0,701	717,5
10	9,99486	9,92919	1,00661	-0,657	725,6
11	9,99637	9,92780	1,00691	-0,686	720,2
12	10,02018	9,92909	1,00917	-0,909	720,2
13	9,99274	9,92909	1,00641	-0,637	720,2
14	10,02229	9,92730	1,00957	-0,948	722,8
15	10,00386	9,92750	1,00769	-0,763	717,5
16	10,02820	9,92909	1,00998	-0,988	722,8
17	10,02823	9,92909	1,00999	-0,989	720,2
18	9,99485	9,92740	1,00679	-0,675	717,5
19	9,99308	9,93010	1,00634	-0,630	722,8
20	10,00980	9,92710	1,00833	-0,826	720,2

Testes Realizados com 20 m³

Tabela 9-a : Corrida de 20 m ³ em uma vazão de aproximadamente 90 m ³ /h (Master)						
Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	27118	297,9	101,2974	1364,49	19,8741	19,5390
2	27077	297,7	101,2974	1364,49	19,8440	19,5225
3	27106	297,6	101,2974	1364,49	19,8653	19,5534
4	27047	297,5	101,2974	1364,49	19,8221	19,5182
5	27094	297,4	101,2974	1364,49	19,8565	19,5582
6	27051	297,3	101,2974	1364,49	19,8250	19,5305
7	27064	297,2	101,2974	1364,49	19,8345	19,5466
8	27055	297,2	101,2974	1364,49	19,8279	19,5402
9	27055	297,2	101,2974	1364,49	19,8279	19,5423
10	27051	297,1	101,2974	1364,49	19,8250	19,5439

Tabela 9-b: Corrida de 20 m ³ em uma vazão de aproximadamente 90 m ³ /h (Teste)						
Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	2	299,0	101,318	10	20	19,5999
2	2	298,8	101,318	10	20	19,6137
3	2	298,6	101,318	10	20	19,6269
4	2	298,4	101,318	10	20	19,6373
5	2	298,3	101,318	10	20	19,6466
6	2	298,1	101,318	10	20	19,6533
7	2	298,0	101,318	10	20	19,6631
8	2	298,0	101,318	10	20	19,6657
9	2	297,9	101,318	10	20	19,6693
10	2	297,9	101,318	10	20	19,6701

Tabela 9-c: Corrida de 20 m ³ em uma vazão de aproximadamente 90 m ³ /h (Cálculos)					
Corrida	PCTM	PCTT	PCTM/PCTT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	19,53899	19,59989	0,99689	0,312	90,6
2	19,52249	19,61373	0,99535	0,467	89,4
3	19,55338	19,62687	0,99626	0,376	89,3
4	19,51823	19,63726	0,99394	0,610	89,0
5	19,55819	19,64661	0,99550	0,452	89,1
6	19,53050	19,65326	0,99375	0,629	89,1
7	19,54659	19,66309	0,99408	0,596	89,0
8	19,54016	19,66573	0,99361	0,643	88,9
9	19,54226	19,66930	0,99354	0,650	89,1
10	19,54391	19,67009	0,99359	0,646	88,8

Tabela 10-a : Corrida de 20 m ³ em uma vazão de aproximadamente 360 m ³ /h (Master)						
Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	26883	296,5	101,1113	1339,2463	20,0732	19,7960
2	26880	296,5	101,1044	1339,2463	20,0710	19,7929
3	26890	296,4	101,1113	1339,2463	20,0785	19,8049
4	26859	296,4	101,1113	1339,2463	20,0553	19,7859
5	26898	296,3	101,1113	1339,2463	20,0844	19,8212
6	26852	296,1	101,1113	1339,2463	20,0501	19,7962
7	26895	296,2	101,1113	1339,2463	20,0822	19,8222

Tabela 10-b: Corrida de 20 m ³ em uma vazão de aproximadamente 360 m ³ /h (Teste)						
Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	2	297,0	101,263	10	20	19,7211
2	2	296,9	101,263	10	20	19,7249
3	2	296,9	101,263	10	20	19,7261
4	2	296,8	101,263	10	20	19,7290
5	2	296,8	101,263	10	20	19,7318
6	2	296,8	101,263	10	20	19,7352
7	2	296,7	101,263	10	20	19,7385

Tabela 10-c : Corrida de 20 m ³ em uma vazão de aproximadamente 360 m ³ /h (Cálculos)					
Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	19,79604	19,72108	1,00380	-0,379	357,7
2	19,79295	19,72487	1,00345	-0,344	359,7
3	19,80493	19,72613	1,00399	-0,398	359,1
4	19,78591	19,72899	1,00289	-0,288	359,7
5	19,82119	19,73184	1,00453	-0,451	359,1
6	19,79618	19,73517	1,00309	-0,308	359,1
7	19,82219	19,73849	1,00424	-0,422	359,1

Tabela 11-a : Corrida de 20 m³ em uma vazão de aproximadamente 450 m³/h (Master)

Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	26868	297,5	101,0009	1335,446	20,1191	19,7487
2	26850	297,5	101,0009	1335,446	20,1056	19,7355
3	26856	297,3	101,0009	1335,446	20,1101	19,7534
4	26853	297,3	101,0078	1335,446	20,1079	19,7526
5	26850	297,5	101,0009	1335,446	20,1056	19,7389
6	26832	297,4	101,0078	1335,446	20,0922	19,7337
7	26871	297,3	101,0009	1335,446	20,1214	19,7645
8	26839	297,4	101,0009	1335,446	20,0974	19,7375
9	26884	297,3	101,0009	1335,446	20,1311	19,7740
10	26848	297,4	101,0009	1335,446	20,1041	19,7423

Tabela 11-b : Corrida de 20 m³ em uma vazão de aproximadamente 450 m³/h (Teste)

Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	2	297,9	101,242	10	20	19,6550
2	2	297,9	101,242	10	20	19,6554
3	2	297,8	101,235	10	20	19,6570
4	2	297,8	101,242	10	20	19,6616
5	2	297,8	101,242	10	20	19,6616
6	2	297,8	101,235	10	20	19,6630
7	2	297,7	101,242	10	20	19,6682
8	2	297,7	101,242	10	20	19,6682
9	2	297,7	101,242	10	20	19,6695
10	2	297,7	101,242	10	20	19,6696

Tabela 11-c : Corrida de 20 m³ em uma vazão de aproximadamente 450 m³/h (Cálculos)

Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	19,74871	19,65497	1,00477	-0,475	452,4
2	19,73547	19,65536	1,00408	-0,406	453,5
3	19,75343	19,65699	1,00491	-0,488	450,3
4	19,75257	19,66157	1,00463	-0,461	452,4
5	19,73886	19,66157	1,00393	-0,392	453,5
6	19,73374	19,66300	1,00360	-0,358	450,3
7	19,76446	19,66817	1,00490	-0,487	451,4
8	19,73754	19,66817	1,00353	-0,351	453,5
9	19,77402	19,66949	1,00531	-0,529	451,4

Tabela 12-a : Corrida de 20 m ³ em uma vazão de aproximadamente 630 m ³ /h (Master)						
Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	26828	298,7	100,7183	1332,3035	20,1366	19,6332
2	26821	298,7	100,7252	1332,3035	20,1313	19,6312
3	26829	298,7	100,7183	1332,3035	20,1373	19,6378
4	26819	298,8	100,7183	1332,3035	20,1298	19,6232
5	26819	299,0	100,7183	1332,3035	20,1298	19,6098
6	26836	298,9	100,7114	1332,3035	20,1426	19,6286
7	26858	298,8	100,7183	1332,3035	20,1591	19,6483
8	26839	298,8	100,7183	1332,3035	20,1448	19,6375
9	26836	299,0	100,7183	1332,3035	20,1426	19,6189
10	26832	298,9	100,7183	1332,3035	20,1396	19,6241

Tabela 12-b : Corrida de 20 m ³ em uma vazão de aproximadamente 630 m ³ /h (Teste)						
Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	2	298,7	101,153	10	20	19,5883
2	2	298,7	101,153	10	20	19,5854
3	2	298,7	101,153	10	20	19,5871
4	2	298,7	101,153	10	20	19,5850
5	2	298,8	101,160	10	20	19,5822
6	2	298,8	101,160	10	20	19,5830
7	2	298,8	101,160	10	20	19,5798
8	2	298,8	101,153	10	20	19,5787
9	2	298,8	101,153	10	20	19,5784
10	2	298,8	101,153	10	20	19,5784

Tabela 12-c : Corrida de 20 m ³ em uma vazão de aproximadamente 630 m ³ /h (Cálculos)					
Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	19,63323	19,58825	1,00230	-0,229	631,7
2	19,63122	19,58537	1,00234	-0,234	629,6
3	19,63784	19,58714	1,00259	-0,258	631,7
4	19,62316	19,58497	1,00195	-0,195	631,7
5	19,60977	19,58218	1,00141	-0,141	633,7
6	19,62860	19,58303	1,00233	-0,232	633,7
7	19,64834	19,57975	1,00350	-0,349	633,7
8	19,63746	19,57868	1,00300	-0,299	633,7
9	19,61885	19,57842	1,00207	-0,206	629,6
10	19,62407	19,57842	1,00233	-0,233	629,6

Testes Realizados com 30 m³

Tabela 13-a : Corrida de 30 m ³ em uma vazão de aproximadamente 90 m ³ /h (Master)						
Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	40594	297,1	101,2974	1364,49	29,7503	29,3285
2	40596	297,1	101,2974	1364,49	29,7518	29,3302
3	40520	297,2	101,2974	1364,49	29,6961	29,2661
4	40551	297,4	101,2974	1364,49	29,7188	29,2678
5	40562	297,6	101,2974	1364,49	29,7269	29,2624
6	40608	297,6	101,2974	1364,49	29,7606	29,2882
7	40559	297,7	101,2974	1364,49	29,7247	29,2477

Tabela 13-b : Corrida de 30 m ³ em uma vazão de aproximadamente 90 m ³ /h (Teste)						
Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	3	297,8	101,318	10	30	29,5097
2	3	297,8	101,318	10	30	29,5144
3	3	297,8	101,318	10	30	29,5144
4	3	297,9	101,318	10	30	29,5006
5	3	298,1	101,318	10	30	29,4847
6	3	298,2	101,311	10	30	29,4733
7	3	298,3	101,311	10	30	29,4679

Tabela 13-c : Corrida de 30 m ³ em uma vazão de aproximadamente 90 m ³ /h (Cálculos)					
Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	29,32851	29,50969	0,99386	0,618	88,4
2	29,33015	29,51445	0,99376	0,628	88,8
3	29,26608	29,51445	0,99159	0,849	88,8
4	29,26779	29,50058	0,99211	0,795	88,7
5	29,26235	29,48474	0,99246	0,760	89,1
6	29,28816	29,47334	0,99372	0,632	88,9
7	29,24771	29,46791	0,99253	0,753	88,5

Tabela 14-a : Corrida de 30 m³ em uma vazão de aproximadamente 360 m³/h (Master)

Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	40331	297,1	101,1113	1339,2463	30,1147	29,6371
2	40318	297,0	101,1113	1339,2463	30,1050	29,6338
3	40348	296,9	101,1113	1339,2463	30,1274	29,6676
4	40373	296,8	101,1113	1339,2463	30,1461	29,6946
5	40304	296,8	101,1113	1339,2463	30,0945	29,6439
6	40318	296,7	101,1113	1339,2463	30,1050	29,6656
7	40360	296,7	101,1113	1339,2463	30,1364	29,7005
8	40304	296,7	101,1113	1339,2463	30,0945	29,6593
9	40318	296,6	101,1113	1339,2463	30,1050	29,6747
10	40308	296,5	101,1113	1339,2463	30,0975	29,6773

Tabela 14-b : Corrida de 30 m³ em uma vazão de aproximadamente 360 m³/h (Teste)

Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	3	297,6	101,263	10	30	29,5232
2	3	297,5	101,263	10	30	29,5292
3	3	297,4	101,263	10	30	29,5381
4	3	297,4	101,263	10	30	29,5430
5	3	297,3	101,263	10	30	29,5480
6	3	297,2	101,263	10	30	29,5567
7	3	297,2	101,263	10	30	29,5627
8	3	297,1	101,263	10	30	29,5679
9	3	297,1	101,263	10	30	29,5722
10	3	297,0	101,263	10	30	29,5776

Tabela 14-c : Corrida de 30 m³ em uma vazão de aproximadamente 360 m³/h (Cálculos)

Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	29,63707	29,52316	1,00386	-0,384	358,1
2	29,63380	29,52922	1,00354	-0,353	359,1
3	29,66763	29,53805	1,00439	-0,437	357,7
4	29,69462	29,54302	1,00513	-0,511	359,1
5	29,64387	29,54799	1,00324	-0,323	359,7
6	29,66556	29,55674	1,00368	-0,367	359,1
7	29,70046	29,56270	1,00466	-0,464	358,4
8	29,65925	29,56788	1,00309	-0,308	358,4
9	29,67466	29,57216	1,00347	-0,345	359,7
10	29,67730	29,57764	1,00337	-0,336	357,7

Tabela 15-a : Corrida de 30 m³ em uma vazão de aproximadamente 450 m³/h (Master)

Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	40299	298,3	101,0009	1335,44603	30,1764	29,5449
2	40280	298,1	101,0078	1335,44603	30,1622	29,5582
3	40313	297,9	101,0009	1335,44603	30,1869	29,5957
4	40306	298,0	101,0009	1335,44603	30,1817	29,5826
5	40257	297,9	101,0009	1335,44603	30,1450	29,5545
6	40265	297,8	101,0009	1335,44603	30,1510	29,5719
7	40278	297,8	101,0009	1335,44603	30,1607	29,5751
8	40268	297,8	101,0078	1335,44603	30,1532	29,5777
9	40314	297,4	101,0009	1335,44603	30,1877	29,6420
10	40248	297,7	101,0009	1335,44603	30,1382	29,5681

Tabela 15-b : Corrida de 30 m³ em uma vazão de aproximadamente 450 m³/h (Teste)

Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	3	298,7	101,242	10	30	29,4084
2	3	298,4	101,242	10	30	29,4357
3	3	298,3	101,242	10	30	29,4429
4	3	298,3	101,242	10	30	29,4479
5	3	298,2	101,242	10	30	29,4527
6	3	298,2	101,242	10	30	29,4576
7	3	298,1	101,242	10	30	29,4609
8	3	298,1	101,242	10	30	29,4627
9	3	298,0	101,242	10	30	29,4726
10	3	298,0	101,242	10	30	29,4766

Tabela 15-c : Corrida de 30 m³ em uma vazão de aproximadamente 450 m³/h (Cálculos)

Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	29,54489	29,40841	1,00464	-0,462	449,5
2	29,55824	29,43571	1,00416	-0,415	451,4
3	29,59573	29,44292	1,00519	-0,516	453,5
4	29,58255	29,44785	1,00457	-0,455	450,3
5	29,55452	29,45269	1,00346	-0,345	450,3
6	29,57191	29,45763	1,00388	-0,386	452,4
7	29,57510	29,46089	1,00388	-0,386	452,4
8	29,57772	29,46267	1,00390	-0,389	451,4
9	29,64204	29,47256	1,00575	-0,572	452,4
10	29,56806	29,47661	1,00310	-0,309	452,4

Tabela 16-a : Corrida de 30 m³ em uma vazão de aproximadamente 630 m³/h (Master)

Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	40220	297,6	100,7114	1332,30349	30,1883	29,5424
2	40220	297,7	100,7183	1332,30349	30,1883	29,5344
3	40239	297,8	100,7183	1332,30349	30,2026	29,5332
4	40268	297,8	100,7183	1332,30349	30,2243	29,5545
5	40225	298,0	100,7183	1332,30349	30,1921	29,5032
6	40277	298,1	100,7252	1332,30349	30,2311	29,5416
7	40218	298,2	100,7183	1332,30349	30,1868	29,4875
8	40217	298,2	100,7252	1332,30349	30,1861	29,4837
9	40270	298,2	100,7114	1332,30349	30,2258	29,5188
10	40260	298,3	100,7183	1332,30349	30,2183	29,5082

Tabela 16-b : Corrida de 30 m³ em uma vazão de aproximadamente 630 m³/h (Teste)

Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	3	297,5	101,160	10	30	29,4980
2	3	297,6	101,153	10	30	29,4860
3	3	297,7	101,153	10	30	29,4761
4	3	297,8	101,153	10	30	29,4712
5	3	297,9	101,153	10	30	29,4613
6	3	297,9	101,153	10	30	29,4539
7	3	298,0	101,153	10	30	29,4465
8	3	298,1	101,153	10	30	29,4415
9	3	298,1	101,160	10	30	29,4385
10	3	298,2	101,153	10	30	29,4317

Tabela 16-c : Corrida de 30 m³ em uma vazão de aproximadamente 630 m³/h (Cálculos)

Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	29,54239	29,49797	1,00151	-0,150	629,0
2	29,53439	29,48604	1,00164	-0,164	631,7
3	29,53317	29,47614	1,00193	-0,193	631,7
4	29,55445	29,47119	1,00283	-0,282	633,7
5	29,50318	29,46130	1,00142	-0,142	631,7
6	29,54156	29,45388	1,00298	-0,297	629,6
7	29,48746	29,44647	1,00139	-0,139	631,7
8	29,48370	29,44153	1,00143	-0,143	631,7
9	29,51881	29,43850	1,00273	-0,272	633,7
10	29,50816	29,43165	1,00260	-0,259	631,7

Testes Realizados com 40 m³

Tabela 17-a : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 90 m ³ /h (Master)						
	Turbina Master					
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	54037	296,5	101,2974	1364,49	39,6023	39,1218
2	54017	296,5	101,2974	1364,49	39,5877	39,1143
3	54017	296,6	101,2974	1364,49	39,5877	39,1019
4	54050	296,6	101,2974	1364,49	39,6119	39,1179
5	54074	296,6	101,2974	1364,49	39,6295	39,1346
6	54076	296,6	101,2974	1364,49	39,6309	39,1443
7	54064	296,5	101,2974	1364,49	39,6221	39,1424

Tabela 17-b : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 90 m ³ /h (Teste)						
	Turbina Teste					
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	4	297,1	101,318	10	40	39,4462
2	4	297,1	101,318	10	40	39,4452
3	4	297,2	101,318	10	40	39,4376
4	4	297,2	101,318	10	40	39,4312
5	4	297,3	101,318	10	40	39,4250
6	4	297,3	101,318	10	40	39,4254
7	4	297,2	101,318	10	40	39,4282

Tabela 17-c : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 90 m ³ /h (Cálculos)					
Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	39,12183	39,44624	0,99178	0,829	90,2
2	39,11435	39,44518	0,99161	0,846	88,9
3	39,10195	39,43761	0,99149	0,858	88,6
4	39,11792	39,43124	0,99205	0,801	88,6
5	39,13463	39,42501	0,99263	0,742	88,9
6	39,14426	39,42541	0,99287	0,718	88,5
7	39,14244	39,42819	0,99275	0,730	88,4

Tabela 18-a : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 225 m ³ /h (Master)						
	Turbina Master					
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	53945	296,3	101,2285	1346,372	40,0669	39,5807
2	53914	296,3	101,2354	1346,372	40,0439	39,5676
3	53909	296,2	101,2285	1346,372	40,0402	39,5678
4	53949	296,2	101,2354	1346,372	40,0699	39,5979
5	53926	296,3	101,2354	1346,372	40,0528	39,5767
6	53923	296,3	101,2285	1346,372	40,0506	39,5715
7	53921	296,3	101,2354	1346,372	40,0491	39,5642
8	53875	296,3	101,2354	1346,372	40,0150	39,5387
9	53920	296,2	101,2354	1346,372	40,0484	39,5776
10	53915	296,4	101,2285	1346,372	40,0447	39,5519

Tabela 18-b : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 225 m ³ /h (Teste)						
	Turbina Teste					
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	4	297,2	101,297	10	40	39,4280
2	4	297,1	101,297	10	40	39,4399
3	4	297,0	101,304	10	40	39,4532
4	4	297,0	101,304	10	40	39,4595
5	4	296,9	101,304	10	40	39,4604
6	4	296,9	101,297	10	40	39,4601
7	4	296,9	101,297	10	40	39,4614
8	4	296,9	101,297	10	40	39,4602
9	4	296,9	101,297	10	40	39,4638
10	4	296,9	101,304	10	40	39,4656

Tabela 18-c : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 225 m ³ /h (Cálculos)					
Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	39,58069	39,42797	1,00387	-0,386	225,0
2	39,56758	39,43992	1,00324	-0,323	224,7
3	39,56776	39,45322	1,00290	-0,289	223,9
4	39,59795	39,45947	1,00351	-0,350	223,6
5	39,57666	39,46040	1,00295	-0,294	223,6
6	39,57149	39,46010	1,00282	-0,281	223,9
7	39,56417	39,46143	1,00260	-0,260	224,4
8	39,53869	39,46024	1,00199	-0,198	223,3
9	39,57760	39,46383	1,00288	-0,287	223,6
10	39,55187	39,46558	1,00219	-0,218	222,8

Tabela 19-a : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 270 m ³ /h (Master)						
Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	53842	297,8	101,2009	1343,584	40,0734	39,3730
2	53858	297,9	101,2009	1343,584	40,0853	39,3839
3	53867	297,7	101,2009	1343,584	40,0920	39,4048
4	53888	297,7	101,2009	1343,584	40,1076	39,4269
5	53889	297,5	101,2009	1343,584	40,1084	39,4488
6	53896	297,4	101,1940	1343,584	40,1136	39,4706
7	53902	297,3	101,2009	1343,584	40,1181	39,4914
8	53867	297,1	101,2009	1343,584	40,0920	39,4842

Tabela 19-b : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 270 m ³ /h (Teste)						
Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1		4	298,4	101,291	10	40
2		4	298,4	101,291	10	40
3		4	298,3	101,291	10	40
4		4	298,3	101,291	10	40
5		4	298,2	101,291	10	40
6		4	298,1	101,291	10	40
7		4	298,0	101,291	10	40
8		4	297,9	101,291	10	40

Tabela 19-c : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 270 m ³ /h (Cálculos)					
Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	39,37300	39,26278	1,00281	-0,280	269,8
2	39,38390	39,26936	1,00292	-0,291	268,7
3	39,40477	39,27594	1,00328	-0,327	268,3
4	39,42689	39,28252	1,00368	-0,366	267,6
5	39,44882	39,29557	1,00390	-0,388	268,3
6	39,47063	39,30519	1,00421	-0,419	268,3
7	39,49139	39,32208	1,00431	-0,429	268,3
8	39,48421	39,33052	1,00391	-0,389	268,7

Tabela 20-a : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 360 m ³ /h (Master)						
Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	53759	297,1	101,1113	1339,246	40,1412	39,4974
2	53784	297,1	101,1113	1339,246	40,1599	39,5176
3	53776	297,0	101,1113	1339,246	40,1539	39,5353
4	53781	297,1	101,1113	1339,246	40,1577	39,5249
5	53774	296,9	101,1182	1339,246	40,1524	39,5468
6	53755	297,0	101,1113	1339,246	40,1382	39,5169
7	53778	296,8	101,1113	1339,246	40,1554	39,5541
8	53802	296,8	101,1113	1339,246	40,1733	39,5819

Tabela 20-b : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 360 m ³ /h (Teste)						
Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	4	297,7	101,263	10	40	39,3444
2	4	297,6	101,263	10	40	39,3576
3	4	297,5	101,263	10	40	39,3740
4	4	297,5	101,263	10	40	39,3772
5	4	297,4	101,263	10	40	39,3865
6	4	297,3	101,263	10	40	39,3908
7	4	297,3	101,263	10	40	39,4005
8	4	297,2	101,263	10	40	39,4104

Tabela 20-c : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 360 m ³ /h (Cálculos)					
Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	39,49740	39,34438	1,00389	-0,387	361,4
2	39,51762	39,35760	1,00407	-0,405	360,4
3	39,53530	39,37401	1,00410	-0,408	359,7
4	39,52487	39,37719	1,00375	-0,374	359,7
5	39,54678	39,38645	1,00407	-0,405	361,1
6	39,51693	39,39083	1,00320	-0,319	361,1
7	39,55408	39,40050	1,00390	-0,388	359,1
8	39,58187	39,41044	1,00435	-0,433	360,4

Tabela 21-a : Corrida de 40 m³ em uma vazão de aproximadamente 450 m³/h (Master)

Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	53665	298,1	101,0078	1335,446	40,1851	39,3804
2	53655	298,1	101,0147	1335,446	40,1776	39,3690
3	53629	298,1	101,0078	1335,446	40,1581	39,3467
4	53678	298,2	101,0009	1335,446	40,1948	39,3671
5	53673	298,2	101,0009	1335,446	40,1911	39,3677
6	53679	298,3	101,0078	1335,446	40,1956	39,3637
7	53689	298,3	101,0009	1335,446	40,2030	39,3683
8	53650	298,4	101,0078	1335,446	40,1738	39,3290
9	53639	298,4	101,0078	1335,446	40,1656	39,3128
10	53652	298,4	100,9941	1335,446	40,1753	39,3258

Tabela 21-b : Corrida de 40 m³ em uma vazão de aproximadamente 450 m³/h (Teste)

Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	4	298,1	101,242	10	40	39,2836
2	4	298,2	101,242	10	40	39,2761
3	4	298,2	101,242	10	40	39,2704
4	4	298,3	101,242	10	40	39,2616
5	4	298,3	101,242	10	40	39,2572
6	4	298,3	101,242	10	40	39,2525
7	4	298,4	101,242	10	40	39,2504
8	4	298,4	101,242	10	40	39,2441
9	4	298,5	101,242	10	40	39,2354
10	4	298,5	101,242	10	40	39,2309

Tabela 21-c : Corrida de 40 m³ em uma vazão de aproximadamente 450 m³/h (Cálculos)

Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	39,38042	39,28356	1,00247	-0,246	447,4
2	39,36903	39,27605	1,00237	-0,236	450,3
3	39,34674	39,27039	1,00194	-0,194	449,3
4	39,36706	39,26157	1,00269	-0,268	449,3
5	39,36775	39,25722	1,00282	-0,281	450,3
6	39,36375	39,25249	1,00283	-0,283	451,4
7	39,36826	39,25038	1,00300	-0,299	451,4
8	39,32903	39,24407	1,00216	-0,216	448,3
9	39,31280	39,23539	1,00197	-0,197	449,3
10	39,32579	39,23092	1,00242	-0,241	450,3

Tabela 22-a : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 540 m ³ /h (Master)						
Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	53680	297,5	100,8699	1333,407	40,2578	39,4653
2	53664	297,7	100,8699	1333,407	40,2458	39,4297
3	53679	297,7	100,8768	1333,407	40,2570	39,4490
4	53664	297,9	100,8699	1333,407	40,2458	39,4112
5	53666	297,9	100,8768	1333,407	40,2473	39,4101
6	53677	297,9	100,8768	1333,407	40,2555	39,4185
7	53668	298,0	100,8699	1333,407	40,2488	39,3960
8	53635	298,0	100,8699	1333,407	40,2240	39,3739
9	53671	298,0	100,8699	1333,407	40,2510	39,4044
10	53675	298,2	100,8699	1333,407	40,2540	39,3758

Tabela 22-b : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 540 m ³ /h (Teste)						
Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	4	297,7	101,201	10	40	39,3203
2	4	297,8	101,201	10	40	39,3079
3	4	297,8	101,201	10	40	39,3038
4	4	297,9	101,201	10	40	39,2939
5	4	298,0	101,201	10	40	39,2873
6	4	298,0	101,201	10	40	39,2807
7	4	298,1	101,201	10	40	39,2741
8	4	298,1	101,201	10	40	39,2657
9	4	298,2	101,201	10	40	39,2609
10	4	298,2	101,201	10	40	39,2543

Tabela 22-c : Corrida de 40 m ³ em uma vazão de aproximadamente 540 m ³ /h (Cálculos)					
Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	39,46534	39,32027	1,00369	-0,368	539,6
2	39,42973	39,30786	1,00310	-0,309	543,0
3	39,44901	39,30377	1,00370	-0,368	540,0
4	39,41119	39,29387	1,00299	-0,298	543,0
5	39,41006	39,28728	1,00313	-0,312	541,5
6	39,41854	39,28069	1,00351	-0,350	544,5
7	39,39601	39,27410	1,00310	-0,309	540,0
8	39,37390	39,26567	1,00276	-0,275	541,5
9	39,40443	39,26093	1,00366	-0,364	543,0
10	39,37578	39,25434	1,00309	-0,308	541,5

Tabela 23-a : Corrida de 40 m³ em uma vazão de aproximadamente 630 m³/h (Master)

Turbina Master						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	53682	298,0	100,7183	1332,303	40,2926	39,3854
2	53706	298,1	100,7114	1332,303	40,3106	39,3875
3	53632	298,2	100,7183	1332,303	40,2551	39,3226
4	53681	298,3	100,7183	1332,303	40,2919	39,3390
5	53671	298,4	100,7183	1332,303	40,2844	39,3240
6	53644	298,5	100,7252	1332,303	40,2641	39,2942
7	53684	298,6	100,7252	1332,303	40,2941	39,3003
8	53683	298,7	100,7252	1332,303	40,2934	39,2959
9	53703	298,7	100,7252	1332,303	40,3084	39,3097
10	53695	298,6	100,7183	1332,303	40,3024	39,3034

Tabela 23-b : Corrida de 40 m³ em uma vazão de aproximadamente 630 m³/h (Teste)

Turbina Teste						
Corrida	Pulsos	Temp. (K)	Pressão (kPa)	Fator K	Vol. Calc. (m ³)	Vol. Corrigido (m ³)
1	4	298,1	101,160	10	40	39,2516
2	4	298,1	101,153	10	40	39,2487
3	4	298,2	101,153	10	40	39,2377
4	4	298,3	101,153	10	40	39,2290
5	4	298,3	101,153	10	40	39,2171
6	4	298,5	101,153	10	40	39,1961
7	4	298,6	101,153	10	40	39,1894
8	4	298,6	101,160	10	40	39,1859
9	4	298,6	101,153	10	40	39,1827
10	4	298,6	101,160	10	40	39,1801

Tabela 23-c : Corrida de 40 m³ em uma vazão de aproximadamente 630 m³/h (Cálculos)

Corrida	VCM	VCT	VCM/VCT	Erro(%)	Vazão (m ³ /h)
1	39,38542	39,25159	1,00341	-0,340	633,1
2	39,38751	39,24865	1,00354	-0,353	629,0
3	39,32261	39,23773	1,00216	-0,216	631,7
4	39,33901	39,22904	1,00280	-0,280	631,7
5	39,32403	39,21708	1,00273	-0,272	631,7
6	39,29417	39,19606	1,00250	-0,250	631,7
7	39,30029	39,18936	1,00283	-0,282	633,7
8	39,29588	39,18586	1,00281	-0,280	633,7
9	39,30973	39,18267	1,00324	-0,323	633,7
10	39,30342	39,18009	1,00315	-0,314	631,7

Apêndice 3

Fundamentos Teóricos sobre Incerteza de Medição

1 - Fundamentos Teóricos

A avaliação das incertezas das diversas variáveis de medição dos instrumentos constantes da bancada de testes e as respectivas propagações dessas incertezas exigem conceitos teóricos específicos e uma aplicável formulação básica os quais serão abordados a seguir.

1.1 Incertezas tipo A e B

A classificação dos tipos de incertezas A e B deve-se à necessidade de indicar dois diferentes caminhos para avaliação das incertezas sendo que ambos são baseados em distribuições de probabilidades e as incertezas resultantes são quantificadas através de variâncias ou desvios padrão.

A variância estimada caracterizando uma componente da incerteza obtida de uma avaliação do tipo A é calculada a partir de uma série de repetidas observações e é estimada através da variância amostral. O desvio padrão é estimado através da raiz quadrada da variância amostral e por conveniência é chamado de incerteza padrão tipo A.

Para uma componente obtida da avaliação tipo B, a variância é estimada utilizando o conhecimento disponível sobre a variável e o desvio padrão estimado é chamado de incerteza padrão tipo B. Então a incerteza padrão tipo A é obtida de uma função de densidade de probabilidade derivada de uma distribuição de frequência observada, enquanto que a incerteza padrão tipo B é obtida de uma função de densidade de probabilidade assumida baseada no grau de confiança que um evento ocorrerá. Ambas as abordagens empregam reconhecidas interpretações de probabilidade. (Guide, 1993)

Os erros sistemáticos podem ser eliminados do resultado final por melhoria da diminuição das incertezas do processo de medição ou por correções do próprio resultado (Vuolo, 1996), desde que seja possível determinar as correções. Uma vez que todas as melhorias e correções possíveis tenham sido realizadas, podem restar ainda os erros sistemáticos residuais.

De forma geral, em um processo de medição as incertezas do tipo A ou do tipo B se referem respectivamente aos erros usualmente entendidos como estatísticos ou sistemáticos residuais. (Vuolo, 1983)

1.2 Avaliação da incerteza padrão

As variáveis \mathbf{x} , \mathbf{y} , \mathbf{z} , envolvidas em um determinado processo de medição, terão incertezas oriundas dos erros estatísticos e sistemáticos residuais, as quais devem ser avaliadas de forma a combinar as incertezas do tipo A ou B.

As estimativas pontuais das médias dos valores de \mathbf{x} , \mathbf{y} , \mathbf{z} , podem ser obtidas de \mathbf{n} observações repetidas, através de seus estimadores pontuais dados por:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad ; \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad ; \quad \bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i \quad (1)$$

As \mathbf{n} observações individuais de \mathbf{x} , \mathbf{y} , \mathbf{z} , diferem em valor entre si, pois variações aleatórias influenciam nas quantidades. As variâncias experimentais dessas observações, as quais caracterizam as dispersões em relação às respectivas médias, serão dadas por:

$$S^2(\mathbf{x}) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad ; \quad S^2(\mathbf{y}) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad ;$$

$$S^2(\mathbf{z}) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2 \quad (2)$$

O grau de liberdade $\mathbf{n-1}$ utilizado nesta formulação deve-se ao fato de existir dependência entre a média e os valores observados.

As variâncias estimadas por $S^2(\mathbf{x})$; $S^2(\mathbf{y})$; $S^2(\mathbf{z})$ correspondem então às incertezas do tipo A envolvidas na medição e denotadas por:

$$\sigma^2(\mathbf{x}); \sigma^2(\mathbf{y}); \sigma^2(\mathbf{z})$$

Se forem tomados \mathbf{n} valores médios $\bar{x}, \bar{y}, \bar{z}$, isto é \mathbf{n}^2 observações para \mathbf{x} , \mathbf{y} , \mathbf{z} , as incertezas estatísticas envolvidas, isto é, as incertezas do tipo A, serão denotadas por: $\sigma_m^2(\mathbf{x})$; $\sigma_m^2(\mathbf{y})$; $\sigma_m^2(\mathbf{z})$, onde:

$$\sigma_m^2(y) = \frac{\sigma^2(y)}{n} \text{ e } \sigma_m^2(z) = \frac{\sigma^2(z)}{n} \text{ . } = \sigma_m^2(\bullet) = \frac{\sigma^2(\bullet)}{n} \quad (3)$$

A variância correspondente à incerteza do tipo B pode ser determinada a partir de uma análise da incerteza dos dados de medidas, da experiência ou conhecimento geral do comportamento e propriedades de materiais relevantes e instrumentos, especificações do fabricante, dados provenientes de calibração e outros certificados; incertezas classificadas para referenciar dados de manuais (Guide, 1993, p4). As incertezas do tipo B envolvidas na medição são denotadas por:

$$\sigma_r^2(x); \sigma_r^2(y); \sigma_r^2(z)$$

As incertezas padrão para as variáveis **x**, **y**, **z**, serão dadas então através da combinação das incertezas do tipo A e B e denotadas por:

$$\sigma_p^2(x) = \sigma_m^2(x) + \sigma_r^2(x)$$

1.3 Avaliação da incerteza padrão combinada

Uma grandeza **W**, que é dependente de outras grandezas, pode ser representada por:

$$\mathbf{W} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}, \dots)$$

A formulação acima diz que o mensurando **W** não é medido diretamente, mas sim determinado a partir de outras quantidades, através de um relacionamento funcional.

As quantidades de entrada (**x**, **y**, **z**, ...) podem ser vistas como mensurandos cujas incertezas são diretamente determinadas na medição corrente através de simples ou repetidas observações ou mesmo de julgamentos baseados na experiência e podem depender de outras quantidades, incluindo correções e fatores de correção para efeitos sistemáticos, como já tratado no item anterior.

Uma estimativa do mensurando W , denotado por w , pode ser obtida através da equação funcional usando valores para os mensurandos (x, y, z, \dots) . Cabe ressaltar que esses mensurandos podem ser obtidos através de observações individuais ou de p observações repetidas, onde cada valor dos mensurandos (x, y, z, \dots) passa então a ser dado por:

$$x = \bar{x} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p x_i \quad ; \quad y = \bar{y} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p y_i \quad ; \quad z = \bar{z} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p z_i \quad (4)$$

Neste caso tem-se um conjunto de p observações para cada mensurando (x, y, z, \dots) .

O desvio padrão estimado, denotado por $\sigma_c(w)$, associado com a estimativa w do mensurando W , é chamado de **incerteza padrão combinada** e é determinado através dos desvios padrões estimados associados com cada entrada (x, y, z, \dots) , denotados respectivamente por $\sigma_p(x)$, $\sigma_p(y)$, $\sigma_p(z)$, ..., e como já definidos anteriormente, chamados de **incertezas padrão**.

Por outro lado, se n estimativas w de W forem obtidas através da relação funcional, tem-se que a melhor estimativa pontual de W será dada por:

$$w = \bar{w} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n w_k = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n f(x_k, y_k, z_k, \dots) \quad (5)$$

Esta equação é a média aritmética das estimativas individuais de W .

Se a estimativa pontual de W for obtida através da equação acima, a incerteza padrão passará a ser dada por:

$$\sigma_c^2(\bar{w}) = \frac{\sigma_c^2(w)}{n} \quad (6)$$

As incertezas padrão de (x_k, y_k, z_k, \dots) serão denotadas respectivamente por:

$$\sigma_p(x_k), \quad \sigma_p(y_k), \quad \sigma_p(z_k).$$

Se as entradas x_k, y_k, z_k, \dots forem correlacionadas entre si os estimadores obtidos a partir dessas variáveis podem não ser apropriados para estimar o mensurando W sem que as covariâncias sejam determinadas através de métodos estatísticos especializados.

1.4 Lei da propagação das incertezas

Tomando-se novamente o valor estimado dado por $w = f(x, y, z, \dots)$ para o mensurando $W = f(x, y, z, \dots)$, as incertezas padrão $\sigma_p(x)$, $\sigma_p(y)$, $\sigma_p(z), \dots$ e se as variáveis x, y, z, \dots forem não-correlacionadas, isto é, completamente independentes entre si, a incerteza padrão combinada $\sigma_c(w)$ poderá ser obtida através da seguinte fórmula (demonstração no apêndice):

$$\sigma_c(w) = \sqrt{\sigma_c^2(w)} = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 \sigma_p^2(x) + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \sigma_p^2(y) + \left(\frac{\partial f}{\partial z} \right)^2 \sigma_p^2(z) + \dots \right]} \quad (7)$$

Esta equação está baseada na aproximação da série de Taylor de primeira ordem de $w = f(x, y, z, \dots)$. Quando as não-linearidades de f forem significantes, os termos de mais alta ordem da série de Taylor devem ser incluídos na expressão da incerteza padrão combinada. As derivadas parciais $\frac{\partial f}{\partial \bullet}$ são chamadas de coeficientes de sensibilidade e descrevem como a estimativa de w varia com as alterações dos valores estimados de x, y, z, \dots . Em particular, pequenas variações de $\Delta \bullet$ implicarão em:

$$\Delta_c(w) = \sqrt{\Delta_c^2(w)} = \sqrt{\left[\left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 \Delta^2(x) + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2 \Delta^2(y) + \left(\frac{\partial f}{\partial z} \right)^2 \Delta^2(z) + \dots \right]} \quad (8)$$

A derivada parcial pode ser determinada experimentalmente da seguinte forma:

Sejam $w_1 = f(x, y, z, \dots)$ e $w_2 = f[(x+\Delta x), y, z, \dots]$ então

$$\frac{\partial f}{\partial x} \equiv \frac{w_1 - w_2}{\Delta x}, \quad \frac{\partial f}{\partial y} \equiv \frac{w_1 - w_2}{\Delta y}, \quad ; \quad \frac{\partial f}{\partial z} \equiv \frac{w_1 - w_2}{\Delta z} \quad (9).$$

As propagações de incertezas para a soma ou subtração, produto de variáveis, estão no anexo.

1.5 Variáveis correlacionadas e covariâncias

Quando as variáveis $\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z}$, são correlacionadas, a equação de propagação de incertezas passa a ser:

$$\sigma_w^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2 \sigma_z^2 + 2\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)\sigma_{xy} + 2\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)\left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)\sigma_{yz} + 2\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)\sigma_{xz} + \dots$$

(10)

onde:

$\sigma_{xy}, \sigma_{yx}, \sigma_{xy}, \dots$ são chamados de covariâncias estimadas.

De forma geral, pode-se definir a covariância entre duas variáveis \mathbf{x}, \mathbf{y} aleatórias da seguinte forma:

$$\sigma_{xy} = \text{cov}(x, y) \equiv \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{n-1}\right) (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \quad \mathbf{(11)}$$

1.6 Coeficiente de correlação

O grau de correlação entre duas variáveis \mathbf{x} e \mathbf{y} é caracterizado pelo coeficiente de correlação estimado e é dado por:

$$r(x, y) = \frac{\sigma(x, y)}{\sqrt{\sigma(x)\sigma(y)}} \quad \mathbf{(12)}$$

onde $r(x, y) = r(y, x)$ e $-1 \leq r(x, y) \leq 1$.

Se \mathbf{x} e \mathbf{y} forem independentes $r(x, y) = 0$, isto significa que a variação de um não implica na alteração do outro. Se $r(x, y) = -1$ ou $r(x, y) = 1$, os pontos estão perfeitamente alinhados.

1.7 Transferência de incertezas

Se uma grandeza y é medida em função de uma variável x independente, isto é $y = f(x)$, em que ambas possuam erros experimentais, $\sigma(x)$ e $\sigma(y)$ é possível transferir a incerteza da variável x para a variável dependente y e trabalhar com uma única incerteza, considerando a variável x isenta de erros.

A incerteza da variável aleatória y passa a ser dada por

$$\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \sigma^2(x) + \sigma^2(y) \quad (13)$$

quando x for considerada isenta de erros.

A dificuldade da fórmula acima consiste no fato de que a dependência entre x e y não é inicialmente conhecida, quando estas grandezas são obtidas experimentalmente, isto é $\frac{\partial f}{\partial x}$ não é conhecida. Na prática, o problema pode ser resolvido por aproximações sucessivas, obtendo-se inicialmente uma estimativa preliminar $\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)_0$ por meio de algum método numérico para em seguida aplicá-la na fórmula (13). (Vuolo, 1996)

Apêndice 4

Fundamentos Teóricos sobre Tipos de Medidores de Vazão

1 – Tipos de Medidores de Vazão

1.1 – Introdução

A medição de vazão de fluidos sempre esteve presente na era da modernidade. Não precisamos ir muito longe. O hidrômetro de uma residência, o marcador de uma bomba de combustível são exemplos comuns no dia-a-dia das pessoas. Em muitos processos industriais, ela é uma necessidade imperiosa, sem a qual dificilmente poderiam ser controlados ou operados de forma segura e eficiente.

Na História, grandes nomes marcaram suas contribuições. Provavelmente a primeira foi dada por Leonardo da Vinci que, em 1502, observou que a quantidade de água por unidade de tempo que escoava em um rio era a mesma em qualquer parte, independente da largura, profundidade, inclinação e outros. Mas o desenvolvimento de dispositivos práticos só foi possível com o surgimento da era industrial e o trabalho de pesquisadores como Bernoulli, Pitot e outros.

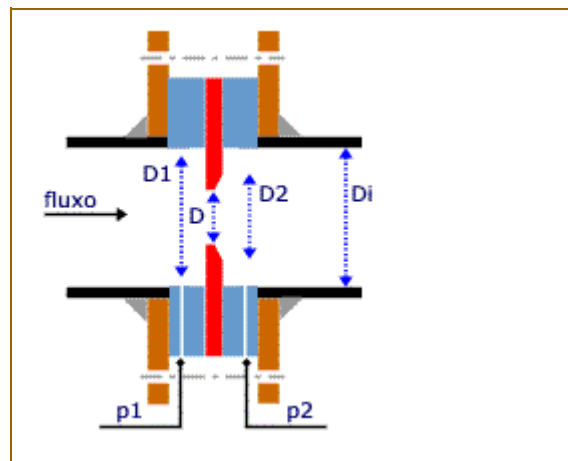
Existe uma variedade de tipos de medidores de vazão, simples e sofisticados, para as mais diversas aplicações. O tipo a usar sempre irá depender do fluido, do seu estado físico (líquido ou gás), das características de precisão e confiabilidade desejadas e outros fatores.

Nesta página, princípios de operação e comentários sobre alguns tipos usuais, começando pelos que operam com pressão diferencial.

1.2 - Placa de orifício

É um dos meios mais usados para medição de fluxos. Dados de entidades da área de instrumentação mostram que, nos Estados Unidos, cerca de 50% dos medidores de vazão usados pelas indústrias são deste tipo.

Certamente as razões para tal participação devem ser as vantagens que apresenta: simplicidade, custo relativamente baixo, ausência de partes móveis, pouca manutenção, aplicação para muitos tipos de fluido, instrumentação externa, etc. Desvantagens também existem: provoca considerável perda de carga no fluxo, a faixa de medição é restrita, desgaste da placa, etc.



Um arranjo comum é dado na Figura acima. A placa (indicada em vermelho) provoca uma redução da seção do fluxo e é montada entre dois anéis que contêm furos para tomada de pressão em cada lado. O conjunto é fixado entre flanges, o que torna fácil sua instalação e manutenção.

A medição da diferença de pressão $p_1 - p_2$ pode ser feita por algo simples como um manômetro U e uma tabela ou uma fórmula pode ser usada para calcular a vazão. Ou pode ser coisa mais sofisticada como transdutores elétricos e o sinal processado por circuitos analógicos ou digitais para indicação dos valores de vazão.

Considerando o escoamento horizontal, as parcelas de altura na [equação de Bernoulli](#) se anulam. Portanto,

$$p_1 + c_1^2 \mu / 2 = p_2 + c_2^2 \mu / 2. \quad \text{ou} \quad c_2^2 - c_1^2 = (2/\mu) (p_1 - p_2).$$

Considerando o escoamento incompressível, as vazões são as mesmas em qualquer ponto. Assim,

$$Q = Q_1 = Q_2 = c_1 S_1 = c_2 S_2. \quad \text{ou} \quad c_1 = c_2 S_2 / S_1.$$

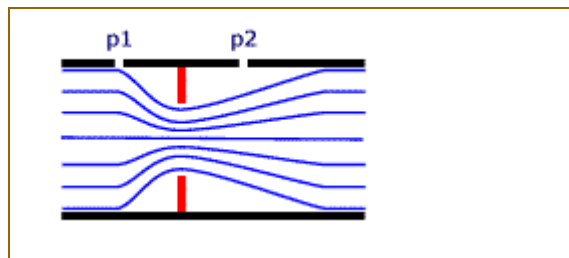
Onde Q é vazão e S área da seção. E substituindo na igualdade anterior,

$$c_2^2 - c_2^2 (S_2/S_1)^2 = (2/\mu)(p_1 - p_2).$$

$$c_2^2 = (Q/S_2)^2 = (2/\mu) (p_1 - p_2) / (1 - (S_2/S_1)^2). \quad \text{Ou} \quad Q = [(2/\mu) (p_1 - p_2)]^{1/2} S_2 / [1 - (S_2/S_1)^2]^{1/2}.$$

Entretanto, essa fórmula só vale para fluidos ideais e escoamento laminar. Para fluidos reais e escoamento turbulento (o mais usual na prática), deve ser introduzido um *coeficiente de escoamento* C_e :

$$Q = C_e [(2/\mu) (p_1 - p_2)]^{1/2} S_2 / [1 - (S_2/S_1)^2]^{1/2}.$$



No escoamento real ocorre uma deformação das linhas de fluxo de forma aproximada com a da Figura acima.

A tomada de pressão p_1 corresponde aproximadamente ao diâmetro interno da tubulação (D_i da Fig 1). A tomada de pressão p_2 não corresponde ao diâmetro da placa (D da Fig 1).

Portanto, a área efetiva S_2 não pode ser considerada como igual à área do orifício da placa.

Na igualdade anterior pode-se considerar $C_e S_2 / [1 - (S_2/S_1)^2]^{1/2} = C_f S_p$.

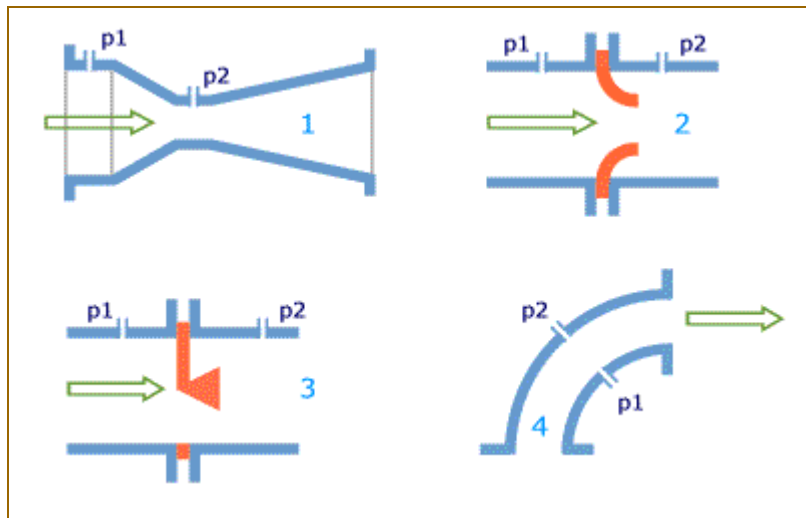
Onde C_f é o *coeficiente de fluxo* e S_p a área do furo da placa. Assim,

$$Q = C_f S_p [2 (p_1 - p_2) / \mu]^{1/2}.$$

O coeficiente C_f é determinado experimentalmente e valores são encontrados em tabelas. Notar que ele depende do fluido, dos diâmetros da tubulação e do orifício da placa. Instrumentos comerciais podem usar o coeficiente e indicar diretamente os valores de vazão.

1.3 - Outros medidores de pressão diferencial

A Figura abaixo deste tópico mostra outros arranjos de medidores de pressão diferencial. Em 1, o chamado **tubo de Venturi**, em homenagem ao seu inventor (G B Venturi, 1797).



O arranjo 2 é chamado **bocal**. Pode ser considerado uma placa de orifício com entrada suavizada.

Em 3 um **cone** é o elemento redutor de seção.

No tipo **joelho** (4) a diferença de pressão se deve à diferença de velocidade entre as veias interna e externa. Há menor perda de carga no fluxo, mas o diferencial de pressão é também menor.

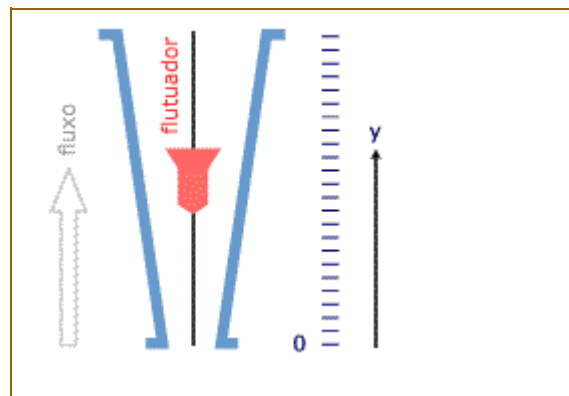
Existem outros arranjos mas o princípio básico é o mesmo: uma diferença de pressão é convertida em vazão por meios de coeficientes ou fórmulas determinados empiricamente.

Conforme já mencionado, todos eles introduzem alguma perda de carga no fluxo. Se isso não pode ser tolerado ou desejado, outros tipos devem ser considerados.

1.4 - Medidores de área variável (rotâmetro)

Embora possa ser visto como um medidor de pressão diferencial, o rotâmetro é um caso à parte por sua construção especial. A Figura abaixo dá um arranjo típico.

Um tubo cônico vertical de material transparente (vidro ou plástico) contém um flutuador que pode se mover na vertical. Para evitar inclinação, o flutuador tem um furo central pelo qual passa uma haste fixa. A posição vertical y do flutuador é lida numa escala graduada (na figura, está afastada por uma questão de clareza. Em geral, é marcada no próprio vidro).



Se não há fluxo, o flutuador está na posição inferior 0. Na existência de fluxo, o flutuador sobe até uma posição tal que a força para cima resultante da pressão do fluxo se torna igual ao peso do mesmo.

Notar que, no equilíbrio, a pressão vertical que atua no flutuador é constante, pois o seu peso não varia. O que muda é a área da seção do fluxo, ou seja, quanto maior a vazão, maior a área necessária para resultar na mesma pressão.

Desde que a vazão pode ser lida diretamente na escala, não há necessidade de instrumentos auxiliares como os manômetros dos tipos anteriores.

A fórmula abaixo pode ser usada para relacionar a vazão com outros parâmetros.

$$Q = C S_2 \{ 2 V_F (\mu_F - \mu) g / \mu S_F [1 - (S_2/S_1)^2] \}^{1/2} \text{ #A.1#}.$$
 Onde:

C : coeficiente que depende da forma do flutuador.

S_2 : área entre o tubo e o flutuador.

V_F : volume do flutuador.

μ_F : massa específica do flutuador.

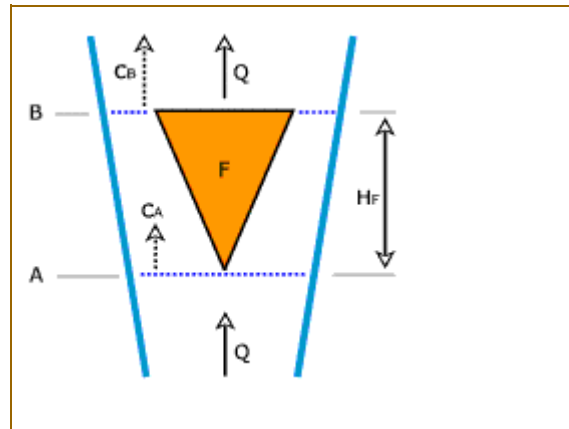
μ : massa específica do fluido.

g : aceleração da gravidade.

S_F : área máxima do flutuador no plano horizontal.

S_1 : área do tubo na posição do flutuador.

Ela pode ser deduzida pela aplicação da equação de Bernoulli entre as extremidades do flutuador (A e B da Figura abaixo).



$$\mu g H_B + p_B + c_B^2 \mu / 2 = \mu g H_A + p_A + c_A^2 \mu / 2$$

$$p_A - p_B = \mu g H_B - \mu g H_A + c_B^2 \mu / 2 - c_A^2 \mu / 2$$

Mas $H_B - H_A$ é a altura do flutuador H_F

$$p_A - p_B = \mu g H_F + (1/2) \mu c_B^2 [1 - (c_A/c_B)^2] \text{ #B.1#}.$$

Considerando o fluido incompressível, temos a vazão volumétrica em A igual à vazão volumétrica em B

$$Q = c_A S_A = c_B S_B \text{ ou } c_B = Q / S_B \text{ e } c_A/c_B = S_B/S_A.$$

Notar que a área em B é a área do anel entre o tubo e o flutuador.

A diferença de pressão $p_A - p_B$ deve ser igual ao "peso líquido" do flutuador (peso do mesmo - peso de igual volume de fluido) dividido pela área máxima do mesmo no plano horizontal. Portanto,

$p_A - p_B = (V_F \mu_F g - V_F \mu g) / S_F = g V_F (\mu_F - \mu) / S_F$. Fazendo as substituições em #B.1#, temos

$$g V_F (\mu_F - \mu) / S_F = \mu g H_F + (1/2) \mu c_B^2 [1 - (c_A/c_B)^2] = \mu g H_F + (1/2) \mu (Q/S_B)^2 [1 - (S_B/S_A)^2]$$

Resolvendo para Q, temos

$$Q = S_B \{ 2 g [V_F (\mu_F - \mu)/S_F - \mu H_F] / \mu [1 - (S_B/S_A)^2] \}^{1/2} \text{ #C.1#}.$$

A fórmula anterior (#A.1#) despreza a contribuição da altura do flutuador (μH_F) e usa o coeficiente empírico C para o escoamento real (considerar as equivalências $S_1 = S_A$ e $S_2 = S_B$).

Apêndice 5

Valores da Calibração dos Sensores de Temperatura e Pressão

Tabela 1: Temperatura do Banho 0°C

Leitura	Temp. Master	Temp. Teste
1	-0,02	-0,05
2	-0,05	-0,05
3	-0,02	-0,04
4	-0,05	-0,05
5	-0,05	-0,05
Média	-0,0380	-0,0480
Incerteza	0,0073	0,0020

Tabela 2: Temperatura do Banho 10°C

Leitura	Temp. Master	Temp. Teste
1	9,87	9,84
2	9,92	9,94
3	9,87	9,89
4	9,87	9,89
5	9,92	9,94
Média	9,8900	9,9000
Incerteza	0,0122	0,0187

Tabela 3: Temperatura do Banho 20°C

Leitura	Temp. Master	Temp. Teste
1	19,67	19,66
2	19,65	19,64
3	19,64	19,64
4	19,64	19,66
5	19,65	19,65
Média	19,6500	19,6500
Incerteza	0,0055	0,0045

Tabela 4: Temperatura do Banho 25°C

Leitura	Temp. Master	Temp. Teste
1	24,55	24,54
2	24,55	24,57
3	24,59	24,59
4	24,60	24,59
5	24,61	24,57
Média	24,5800	24,5720
Incerteza	0,0126	0,0092

Tabela 5: Temperatura do Banho 30°C

Leitura	Temp. Master	Temp. Teste
1	29,56	29,59
2	29,57	29,59
3	29,60	29,60
4	29,61	29,59
5	29,61	29,60
Média	29,5900	29,5940
Incerteza	0,0105	0,0024

Tabela 6: Temperatura do Banho 40°C

Leitura	Temp. Master	Temp. Teste
1	39,59	39,61
2	39,59	39,61
3	39,59	39,62
4	39,59	39,63
5	39,60	39,64
Média	39,5920	39,6220
Incerteza	0,0020	0,0058

Tabela 7: Pressão na Coluna 0 mmH2O

Leitura	Pres. Master (mmH2O)	Pres. Teste (mmH2O)
1	0,0000	3,3103
2	0,0000	3,2399
3	0,0000	3,3103
4	0,0000	3,3103
Média	0,00000	3,29270
Incerteza	0,00000	0,01760

Tabela 8: Pressão na Coluna 0 mmH2O

Leitura	Pres. Master (kPa)	Pres. Teste (kPa)
1	0,0000	0,0325
2	0,0000	0,0318
3	0,0000	0,0325
4	0,0000	0,0325
Média	0,00000	0,03229
Incerteza	0,00000	0,00017

Tabela 9: Pressão na Coluna 176 mmH2O

Leitura	Pres. Master (mmH2O)	Pres. Teste (mmH2O)
1	174,8100	182,7000
2	165,8700	162,8400
3	176,0800	165,5100
4	176,0100	179,3900
Média	173,19250	172,61000
Incerteza	2,45817	4,94671

Tabela 10: Pressão na Coluna 176 mmH2O

Leitura	Pres. Master (kPa)	Pres. Teste (kPa)
1	1,7143	1,7917
2	1,6266	1,5969
3	1,7268	1,6231
4	1,7261	1,7592
Média	1,69844	1,69273
Incerteza	0,02411	0,04851

Tabela 11: Pressão na Coluna 352 mmH2O

Leitura	Pres. Master (mmH2O)	Pres. Teste (mmH2O)
1	341,9500	358,7800
2	355,5400	355,4700
3	362,3000	358,7800
4	335,6800	355,4700
Média	348,86750	357,12500
Incerteza	6,10134	0,95551

Tabela 12: Pressão na Coluna 352 mmH2O

Leitura	Pres. Master (kPa)	Pres. Teste (kPa)
1	3,3534	3,5184
2	3,4867	3,4860
3	3,5529	3,5184
4	3,2919	3,4860
Média	3,42122	3,50220
Incerteza	0,05983	0,00937

Tabela 13: Pressão na Coluna 528 mmH2O

Leitura	Pres. Master (mmH2O)	Pres. Teste (mmH2O)
1	525,8500	534,8700
2	531,6300	534,8700
3	535,6300	533,0300
4	511,2700	534,8700
Média	526,09500	534,41000
Incerteza	5,33380	0,46000

Tabela 14: Pressão na Coluna 528 mmH2O

Leitura	Pres. Master (kPa)	Pres. Teste (kPa)
1	5,1568	5,2453
2	5,2135	5,2453
3	5,2527	5,2272
4	5,0138	5,2453
Média	5,15923	5,24077
Incerteza	0,05231	0,00451

Tabela 15: Pressão na Coluna 704 mmH2O

Leitura	Pres. Master (mmH2O)	Pres. Teste (mmH2O)
1	707,7100	710,9500
2	707,7100	704,3300
3	712,0900	714,2600
4	707,7100	709,2600
Média	708,80500	709,70000
Incerteza	1,09500	2,06935

Tabela 16: Pressão na Coluna 704 mmH2O

Leitura	Pres. Master (kPa)	Pres. Teste (kPa)
1	6,9403	6,9720
2	6,9403	6,9071
3	6,9832	7,0045
4	6,9403	6,9555
Média	6,95100	6,95978
Incerteza	0,01074	0,02029