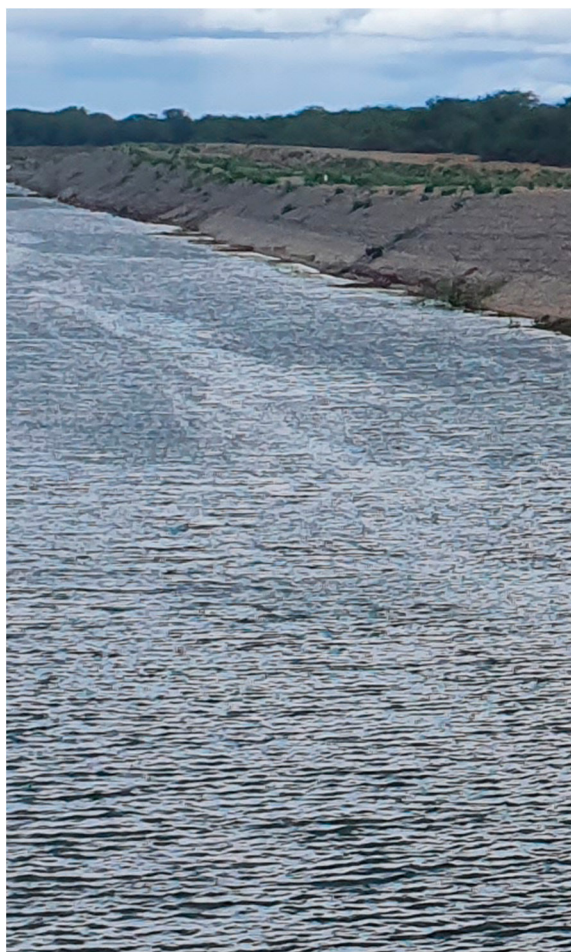


**GUIA PARA
SUPORTE ÀS
ATIVIDADES DE
FISCALIZAÇÃO DO
SERVIÇO DE
ADUÇÃO DE ÁGUA
BRUTA REALIZADO
PELO PISF**



ipt

INSTITUTO DE
PESQUISAS
TECNOLÓGICAS

 **ANA**
AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS
E SANEAMENTO BÁSICO

República Federativa do Brasil
Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente da República

Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima
Maria Osmarina Marina da Silva Vaz de Lima
Ministra

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
Diretoria Colegiada
Veronica Sánchez da Cruz Rios (Diretora-Presidente)
Vitor Saback
Maurício Abijaodi
Ana Carolina Argolo
Filipe de Mello Sampaio Cunha

Instituto de Pesquisas Tecnológicas
Liedi Legi Bariani Bernucci (Diretora-presidente)
Flávia Gutierrez Motta
Adriano Marim de Oliveira
Claudia Echevengúá Teixeira

Agência Nacional de Águas e Saneamento
Básico
Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do
Estado de São Paulo

GUIA PARA SUPORTE ÀS ATIVIDADES DE FISCALIZAÇÃO DO SERVIÇO DE ADUÇÃO DE ÁGUA BRUTA REALIZADO PELO PISF

Brasília - DF
ANA
2022

© 2022 Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).
Setor Policial, Área 5, Quadra 3, Edifício Sede, Bloco M, CEP: 70.610-200 – Brasília/DF
Telefone: (61) 2109-5400 / 5252
Endereço eletrônico: <https://www.gov.br/ana/pt-br>

Comitê de Editoração
Joaquim Guedes Corrêa Gondim Filho
(Coordenador)
Felipe de Sá Tavares
Humberto Cardoso Gonçalves
Nazareno Marques de Araújo (Secretário-
Executivo)

Revisão dos Originais
Alan Vaz Lopes
Leonardo Peres Araújo Piau
Melquizedeque Bento Alves
Marcus Vinícius Araújo Mello de Oliveira
Josimar Alves de Oliveira

Elaboração
Kazuto Kawakita
Nilson Massami Taira
Rui Gomez Teixeira de Almeida

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de
São Paulo S.A. – IPT
Unidade de Negócios em Tecnologias Regulatórias
e Metrológicas – TRM
Laboratório de Vazão
Avenida Professor Almeida Prado, 532 – Prédio 37
05508-901 – Butantã – São Paulo / SP
Tel.: (11) 3767-4756
E-mail: lv@ipt.br

Todos os direitos reservados.
É permitida a reprodução de dados e de
informações contidos nesta publicação,
desde que citada a fonte.

Catálogo na fonte: Divisão de Biblioteca/CEDOC

A265g Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil).

Guia para suporte às atividades de fiscalização do serviço de
adução de água bruta realizado pelo PISF / Agência Nacional de
Águas e Saneamento Básico ; Instituto de Pesquisas Tecnológicas
do Estado de São Paulo. – Brasília : ANA, 2022.

111 p. : il.

ISBN: 978-65-88101-30-8

1. Água Bruta - Fiscalização. 2. Vazão - Medição. I. Título. II.
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

CDU 351.79(282.281.5)

Ficha catalográfica elaborada por: Fernanda Medeiros – CRB-1/1864

APRESENTAÇÃO

O Guia para suporte das atividades de fiscalização do serviço de adução de água bruta realizado pelo PISF (abreviação do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias do Nordeste Setentrional) apresenta subsídios técnicos para o desempenho da atribuição conferida à ANA pela Lei nº 12.058, de 13 de outubro de 2009, de regular e fiscalizar, quando envolverem corpos d'água de domínio da União, a prestação dos serviços públicos de irrigação, se em regime de concessão, e de adução de água bruta.

Cabe à ANA disciplinar, em caráter normativo, a prestação desses serviços, bem como a fixação de padrões de eficiência e o estabelecimento de tarifa, quando cabíveis, e a gestão e auditoria de todos os aspectos dos respectivos contratos de concessão, quando existentes. Os documentos produzidos no âmbito da atuação da Agência estão disponíveis no nosso sítio eletrônico (<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/pisf>).

Estão incluídos nas atribuições da Agência o estabelecimento de condições e requisitos técnicos, construtivos e metrológicos mínimos que os sistemas de medição de vazão de água bruta implantados deveriam observar com vistas a garantir a confiabilidade dos resultados de medição.

Esta é a finalidade do presente documento, que disponibiliza informações e orientações para a definição de diretrizes, critérios e parâmetros técnicos aplicáveis às atividades de medição de vazão de água bruta, em particular nos pontos de captação, bombeamento, transporte, armazenamento e distribuição da água aduzida no sistema. O Guia foi elaborado em parceria com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. – IPT.

O documento se aplica especialmente aos profissionais da ANA que atuam em campo nas atividades de fiscalização da instalação, operação e manutenção dos sistemas de medição de vazão de água bruta do PISF e aos demais técnicos responsáveis pela gestão das informações, análise dos dados e monitoramento da operação do sistema.

O guia foi elaborado considerando os principais fundamentos técnicos e científicos aplicados às atividades de medição de vazão de água bruta, a normatização nacional e internacional existente sobre o tema, as recomendações de fabricantes de medidores de vazão e as tecnologias de medição atualmente disponíveis no mercado e aplicáveis no âmbito das operações do PISF.

Sugestões e críticas são bem-vindas e certamente serão de extrema valia para as revisões futuras deste documento, e poderão ser enviadas para a Superintendência de Fiscalização da ANA através do e-mail sfi@ana.gov.br.

Boa leitura.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
2	O GUIA	13
2.1	Objetivo	13
2.2	Campo de Aplicação	13
2.3	Siglas e Acrônimos Utilizados	14
2.4	Definições	15
2.5	Unidades de Medida	19
2.6	Normas Técnicas	19
3	TIPOS DE MEDIÇÃO DE ÁGUA BRUTA	22
3.1	Medição da Água Recalcada nas Estações de Bombeamento	22
3.2	Medição de Água Transferida nas Tomadas de Água para Uso Difuso (TUDs)	27
3.3	Medição da Água Armazenada nos Reservatórios	31
3.4	Medição da Água Transportada nos Canais	34
3.5	Medição de água para os Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas	36
4	CRITÉRIOS GERAIS	37
4.1	Procedimentos Gerais de Medição e da Determinação do Consumo de Água	37
4.2	Sistema de Gestão da Medição	39
4.3	Projeto de um Sistema de Medição	40
4.4	Instalação	40
4.5	Operação	41
5	REQUISITOS METROLÓGICOS	43
5.1	Introdução sobre Classe de Exatidão de Medidores de Água	43
5.2	Classe de Exatidão dos Medidores de Água do PISF	46
5.3	Incerteza Máxima de Operação dos Sistemas de Medição	46
5.4	Metodologias de Cálculo para a Totalização dos Volumes	48
5.5	Estimativa da Incerteza na Totalização dos Volumes	49
5.6	Métodos de Calibração dos Medidores de Vazão	52
5.7	Rastreabilidade das Medidas	54
5.8	Periodicidade de Calibração dos Sistemas de Medição e Instrumentos de Medição	55
5.9	Inspeções dos Sistemas de Medição	56

5.10	Auditoria Metrológica Independente do Sistema de Gestão da Medição	58
6	PROTEÇÃO DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO	59
6.1	Requisitos de Proteção Física dos Sistemas de Medição	59
6.2	Requisitos de Proteção dos Parâmetros de Configuração dos Medidores	60
7	AMOSTRAGEM DA ÁGUA	60
7.1	Amostragem e Análise da Água	61
7.2	Parâmetros Medidos	62
7.3	Periodicidade das Análises da Água	62
7.4	Plano e Método de Amostragem da Água	62
8	SISTEMA DE SUPERVISÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE	63
8.1	Sistema Digital de Supervisão e Controle – SDSC do PISF	64
8.2	Armazenamento e Segurança de Dados Gerados	66
8.3	Relatórios e Envio de Dados para a ANA	67
9	FALHAS DE MEDIÇÃO	70
9.1	Identificação, Validação e Comunicação de Falhas de Medição	71
9.2	Tratamento de Falhas de Medição	73
10	FISCALIZAÇÕES E VERIFICAÇÕES	74
10.1	Escopo das Fiscalizações e Verificações pela ANA	74
10.2	Obrigações e Responsabilidades das Partes	75
10.3	Apuração de indicadores de operação	75
	AUTORIA E REVISÃO	79
	ANEXO A – Requisitos Básicos para Projeto de Sistema de Medição de Água Bruta	80
	ANEXO B – Inspeção Técnica dos Sistemas de Medição de Água Bruta do PISF	82
	ANEXO C – Auditoria do Sistema de Medição de Água Bruta do PISF	89

1 INTRODUÇÃO

O Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional (PISF) é um empreendimento composto por um conjunto abrangente de obras de infraestrutura concebido para mitigar o grave problema da seca no Nordeste Setentrional Brasileiro e aumentar a garantia de disponibilidade hídrica para a região atendida, direta e indiretamente pelo projeto.

O principal objetivo do sistema é garantir segurança hídrica para o abastecimento de uma população de aproximadamente 12 milhões de habitantes, em 390 municípios e 294 comunidades rurais nos estados de Pernambuco, Paraíba, Ceará e Rio Grande do Norte, além de viabilizar atividades com potencial econômico e social, especialmente a agricultura irrigada.

Segundo informações disponibilizadas pelo Ministério do Desenvolvimento Regional - MDR, o PISF é a maior obra de infraestrutura hídrica do País, e se insere dentro da Política Nacional de Recursos Hídricos¹.

O conceito fundamental do projeto se baseia na transferência de grandes volumes de água da bacia do rio São Francisco, cuja oferta hídrica é tipicamente mais perene, para as oito bacias receptoras, menos estáveis, especificamente as bacias dos rios Jaguaribe (CE), Apodi e Piranhas-Açu (RN), Piranhas e Paraíba (PB) e Ipojuca, Brígida e Moxotó (PE). A Figura 1 ilustra a localização regional dessas bacias.



Fonte: adaptado de <https://www.youtube.com/watch?v=frBzNBhF4EY>, Vídeo institucional da Transposição do Rio São Francisco, acesso em 14.12.2020.

Figura 1. Bacias receptoras das águas do PISF

Conforme ilustrado na Figura 2, o empreendimento está organizado em dois eixos principais de transferência de água, o Eixo Norte e o Eixo Leste, além de ramais associados: Ramal de Entremontes, Ramal do Agreste, Ramal do Salgado, Ramal do Piancó e Ramal do Apodi.

¹ <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/projeto-sao-francisco>. Acesso em 16.12.2020.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

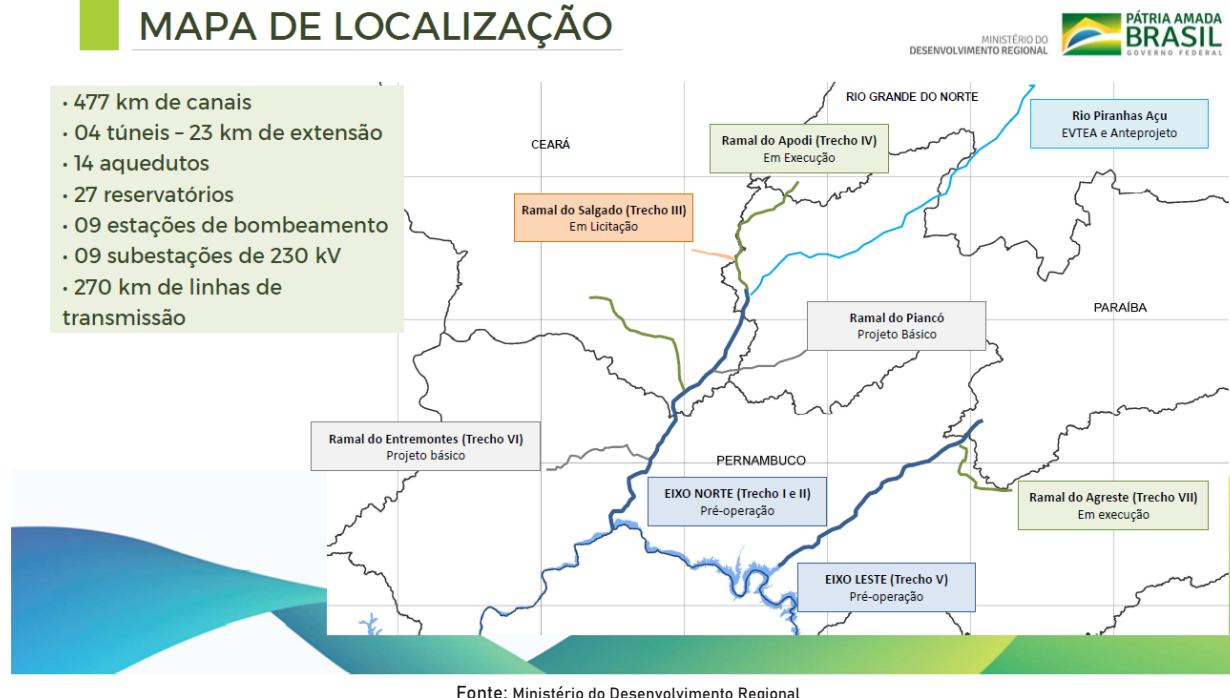


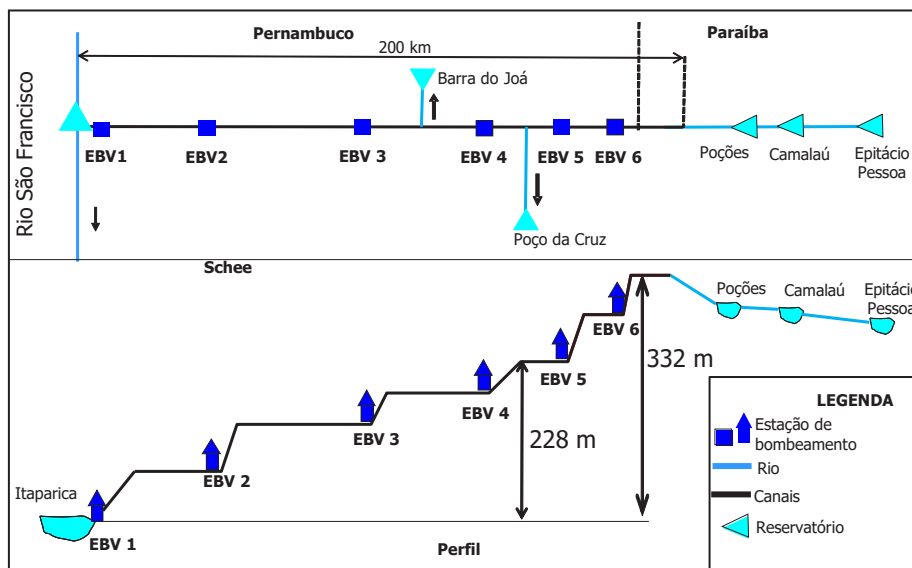
Figura 2. Mapa do PISF, com os eixos principais e os ramais associados

A estrutura do empreendimento, que tem nos dois eixos 477 km de canais, engloba 9 estações de bombeamento, 28 reservatórios, 4 túneis, 13 aquedutos, 9 subestações elétricas de 230 kV, 270 km de linhas de transmissão em alta tensão, 33 portais de entrega ligando 25 reservatórios estratégicos e um consumo estimado de energia elétrica de 709 GWh/ano, para bombeamento da vazão firme de 26,4 m³/s.

O Eixo Leste possui 217 km de extensão, com população a ser beneficiada de aproximadamente 4,8 milhões de habitantes em 167 municípios nos estados de Pernambuco e Paraíba. É composto, dentre outras estruturas associadas, por 12 reservatórios e 6 estações de bombeamento denominadas com as siglas EBVs, com numeração sequencial de 1 a 6. A vazão máxima de bombeamento de projeto será de 28 m³/s e há 332 metros de recalque a serem vencidos com o bombeamento da água no Eixo Leste, para que a água seja entregue.

O Eixo Leste iniciou sua pré-operação em março de 2017. O empreendimento atravessa os municípios pernambucanos de Floresta, Custódia, Betânia e Sertânia, terminando na cidade de Monteiro, na Paraíba. A partir de Monteiro, a água aduzida percorre o rio Paraíba por cerca de 145 km, passando pelos açudes de Poções e Camalaú, até o açude Epitácio Pessoa (açude Boqueirão), responsável pelo abastecimento público de municípios da região de Campina Grande (PB).

A Figura 3 apresenta o diagrama esquemático do Eixo Leste do PISF.



Fonte: ANA

Figura 3. Diagrama esquemático do Eixo Leste do PISF

Conforme ilustrado na Figura 4, no Eixo Leste, a captação de água do Rio São Francisco está localizada no reservatório de Itaparica, no município de Floresta (PE) e possui atualmente, na primeira fase do empreendimento, uma capacidade instalada de bombeamento de $14 \text{ m}^3/\text{s}$.

A Figura 5 mostra uma vista aérea da EBV-1, a primeira estação de bombeamento do Eixo Leste.



Fonte: <https://www.google.com.br/maps/place/Floresta,+PE>, acesso em 16.12.2020.

Figura 4. Local de captação de água do Eixo Leste no município de Floresta (PE)



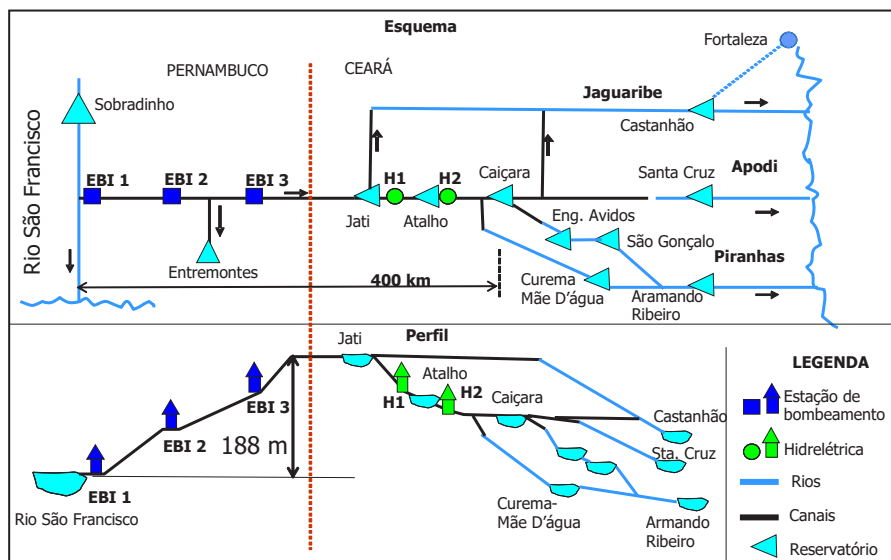
Fonte: adaptado de <https://www.youtube.com/watch?v=HLqRApZWfjQ&t=122s>, acesso em 16.12.2020.

Figura 5. Primeira estação de bombeamento do Eixo Leste – EBV-1

O Eixo Norte possui 260 km de extensão e beneficiará cerca de 7,8 milhões de pessoas em 223 municípios dos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará. A captação no Eixo Norte, terá capacidade total de bombeamento de projeto de $99 \text{ m}^3/\text{s}$, se localiza no município de Cabrobó, a jusante do reservatório de Sobradinho e imediatamente a montante da ilha Assunção. Há 188 metros de recalque a serem vencidos com o bombeamento da água no Eixo Norte, para que a água seja entregue. Atualmente, na primeira fase do empreendimento, a capacidade instalada na primeira estação de bombeamento é de $24 \text{ m}^3/\text{s}$.

No Eixo Norte, as infraestruturas do PISF passam pelos seguintes municípios: Cabrobó, Salgueiro, Terranova e Verdejante em Pernambuco; Penaforte, Jati, Brejo Santo, Mauriti e Barro no Ceará; e em São José de Piranhas, Monte Horebe e Cajazeiras na Paraíba.

A Figura 6 apresenta o diagrama esquemático do Eixo Norte.



Fonte: ANA

Figura 6. Diagrama esquemático do Eixo Norte do PISF

A Figura 7 mostra o ponto de captação de água do Eixo Norte no município de Cabrobó (PE) e a Figura 8 apresenta a primeira estação de bombeamento do Eixo Norte, a EBI-1.



Fonte: adaptado de <https://www.youtube.com/watch?v=HLqRApZWfjQ&t=122s>, acesso em 16.12.2020.

Figura 7. Captação de água do Eixo Norte no município de Cabrobó (PE)



Fonte: <https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/projeto-sao-francisco>. Acesso em 16.12.2020.

Figura 8. Vista da EBI-1, primeira estação de bombeamento do Eixo Norte

2 O GUIA

Este guia apresenta subsídios para a ação de fiscalização do serviço de adução de água bruta do PISF, focando nas condições e os requisitos técnicos, construtivos e metrológicos mínimos que os sistemas de medição de vazão de água bruta implantados no âmbito do Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF deveriam observar, com vistas a garantir a confiabilidade dos resultados de medição.

O documento se aplica especialmente aos profissionais da ANA que atuam nas atividades de fiscalização da instalação, operação e manutenção dos sistemas de medição de vazão de água bruta do PISF e aos técnicos responsáveis pela gestão das informações, análise dos dados e monitoramento da operação do sistema.

O guia foi elaborado considerando os principais fundamentos técnicos e científicos aplicados às atividades de medição de vazão de água bruta, a normatização nacional e internacional existente sobre o tema, as recomendações de fabricantes de medidores de vazão e as tecnologias de medição atualmente disponíveis no mercado e aplicáveis no âmbito das operações do PISF.

Ressalta-se que a medição correta dos parâmetros operacionais do sistema é vital para o cumprimento da Resolução ANA Nº 85, de 29 de outubro de 2018, alterada pela Resolução ANA Nº 58, de 21 de dezembro de 2020, que dispõe sobre os Indicadores de Avaliação da Prestação do Serviço de Adução de Água Bruta, no âmbito do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF.

2.1 Objetivo

Para garantir a operação adequada e satisfatória do PISF e o controle dos volumes de água aduzidos, é fundamental assegurar a confiabilidade dos volumes captados, bombeados, transportados, armazenados, perdidos e entregues ao longo de todo o sistema. Esses dados quantitativos de volume, associados a outras informações operacionais como consumo de energia elétrica, qualidade da água e estabilidade operacional, são importantes para a gestão técnica e financeira da operação do sistema por parte do Operador Federal do PISF e para as atividades de fiscalização realizadas pela ANA.

A quantificação dos volumes de água aduzidos nas diferentes etapas do processo é feita por meio de sistemas de medição de vazão e de totalização de volume instalados em pontos chaves das diversas infraestruturas do sistema que incluem estações de bombeamento, canais, reservatórios, aquedutos, túneis e barragens.

Nesse contexto, a finalidade deste guia é fornecer informações e orientações técnicas relacionadas ao tema da medição de vazão e de volume de água bruta que sirvam de suporte para as atividades de fiscalização do serviço de adução de água bruta realizado pelo Operador Federal do PISF no âmbito das operações do sistema.

2.2 Campo de Aplicação

Este guia aborda questões relacionadas ao projeto, instalação e operação de sistemas destinados a medir, monitorar, controlar, computar, armazenar e indicar a vazão, o volume e a qualidade da água bruta captada, bombeada, movimentada, reservada, recebida ou entregue que venham a ser utilizados para a:

- a. Medição da água bruta captada diretamente do Rio São Francisco através dos canais de aproximação e recalçada por meio das estações de bombeamento EBI-1 no Eixo Norte e EBV-1 no Eixo Leste;

- b. Medição da água bruta recalçada por meio das estações de bombeamento EBI-2 e EBI-3 no Eixo Norte e EBV-2, EBV-3, EBV-4, EBV-5 e EBV-6 no Eixo Leste;
- c. Monitoramento operacional da água bruta transportada nos canais existentes ao longo do Eixos Norte e Leste do PISF;
- d. Monitoramento operacional da água bruta nas entradas e nas saídas dos reservatórios existentes ao longo do Eixos Norte e Leste do PISF;
- e. Medição para fins de entrega de água bruta aos açudes interligados, que não fazem parte da infraestrutura do PISF, ou dos ramais interligados, e que recebem águas do PISF;
- f. Medição para fins de transferência de custódia da água bruta disponibilizada nos pontos de entrega direta às operadoras dos Estados beneficiados;
- g. Medição para fins de entrega de água bruta aos pequenos usuários cuja vazão máxima de captação seja estipulada pela Operadora Estadual, limitada a 9 m³/h (2,5 L/s);
- h. Medição para fins de entrega de água bruta às pequenas comunidades agrícolas usuárias do PISF, caracterizadas por atividades de irrigação de culturas definidas no licenciamento ambiental;
- i. Medição para fins de entrega de água bruta aos Sistemas Isolados de Abastecimento de Água (SIAAs), usuários do PISF caracterizados por sistema de abastecimento de água para comunidades isoladas localizadas na Área Diretamente Afetada – ADA do empreendimento, que compreende uma faixa de 10 km tendo como eixo o traçado dos canais, conforme previsto no licenciamento ambiental;
- j. Medição para fins de entrega de água bruta aos Usuários Independentes, usuários do PISF que não se enquadram como Operadora Estadual, Pequeno Usuário, SIAA ou Pequena Comunidade Agrícola.

Este guia não se aplica aos sistemas de medição que, eventualmente formando parte de instalações de bombeamento, transporte, armazenamento ou entrega, tenham finalidades diversas daquelas descritas previamente.

2.3 Siglas e Acrônimos Utilizados

ABNT	ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
Cgcre	Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro
Codevasf	Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba
EBI	Estação de Bombeamento do Eixo Norte
EBV	Estação de Bombeamento do Eixo Leste
IAAC	<i>InterAmerican Accreditation Cooperation</i>
IAF	International Accreditation Forum
ILAC	<i>International Laboratory Accreditation Cooperation</i>
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
OIML	Organização Internacional de Metrologia Legal
PISF	Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional
SI	Sistema Internacional de Unidades

2.4 Definições

Para os efeitos deste guia, foram estabelecidas as seguintes definições, além daquelas constantes no ABNT ISO/IEC Guia 99 (VIM)²:

- I. Açude interligado: reservatório artificial, que não faz parte da infraestrutura do PISF, ou dos ramais interligados, e que recebe águas do PISF e tem sua regra de operação integrada à regra de operação do PISF.
- II. Água bruta: água encontrada naturalmente nos rios, riachos, lagos, lagoas, açudes e aquíferos, que não passou por nenhum processo de tratamento. Esta água pode ser também classificada em potável ou não potável.
- III. Agente regulado: empresa responsável perante a ANA por conduzir e executar operações ou atividades de adução, transporte, armazenamento, entrega ou recebimento de água bruta proveniente do PISF, de acordo com o estabelecido formalmente em autorização ou contrato de concessão.
- IV. Computador de vazão: dispositivo eletrônico, capaz de receber sinal de um medidor de vazão e demais dispositivos associados, de uma medição efetuada em determinadas condições de escoamento, e efetuar os cálculos necessários para que este valor de vazão seja convertido em parâmetros representativos da medição.
- V. Condição padrão de medição: condição termodinâmica em que a pressão absoluta é de 0,101325 MPa e a temperatura de 20 °C, para a qual o volume mensurado da água bruta é convertido.
- VI. Condição de funcionamento: condição que deve ser cumprida durante uma medição para que um instrumento de medição ou sistema de medição funcione como projetado.
- VII. Condição de medição: condição da água bruta na qual a sua vazão ou seu volume é mensurado, em um ponto de medição (exemplo: temperatura e pressão da água bruta medida).
- VIII. Condição de referência: condição de funcionamento prescrita para avaliar o desempenho de um sistema de medição ou para comparar os resultados de medições. A condição de referência especifica os intervalos de valores do mensurando e das grandezas de influência.
- IX. Condição usual de operação: condições de temperatura, pressão e propriedades médias do fluido medido, avaliadas no período desde a última calibração do sistema de medição até a data de avaliação.
- X. Conselho Gestor do PISF: conselho de caráter consultivo e deliberativo, vinculado ao Ministério do Desenvolvimento Regional, criado pelo Decreto Federal nº 5.995, de 19 de dezembro de 2006.
- XI. Diagrama isométrico: documento do projeto de instalação de bombeamento, transporte, armazenamento ou entrega de água bruta que contém as dimensões e localização física em planos isométricos de condutos e equipamentos.
- XII. Dispositivo adicional: parte de um dispositivo, que não seja considerado auxiliar, mas necessário para assegurar o nível exigido de exatidão da medida ou facilitar as operações de medição.
- XIII. Dispositivo auxiliar: dispositivo destinado a realizar uma função específica, diretamente envolvido na elaboração, transmissão ou apresentação dos resultados mensurados.
- XIV. Dispositivo calculador: componente do medidor que recebe os sinais do transdutor de medição e, possivelmente, de instrumentos de medição associados, processa esses sinais e, se apropriado, armazena os resultados na memória até serem utilizados. Além disso, o dispositivo calculador pode ser capaz de estabelecer a comunicação bidirecional com equipamentos periféricos.

² ABNT ISO/IEC Guia 99, *Vocabulário Internacional de Metrologia – Conceitos fundamentais e gerais e termos associados* (VIM), 2014.

- XV. Dispositivo de conversão: dispositivo que converte automaticamente o volume mensurado nas condições de medição em um volume na condição padrão de medição, ou em uma massa, levando em conta as características do fluido mensurado.
- XVI. Dispositivo de correção: dispositivo conectado ou incorporado ao medidor para a correção automática de quantidade mensurada no momento da medição, levando em conta a vazão e/ou as características do fluido a ser mensurado e as curvas de calibração pré-estabelecidas.
- XVII. Dispositivo registrador: componente de um instrumento ou sistema de medição que realiza o registro de uma indicação.
- XVIII. Estados beneficiados: Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará.
- XIX. Falha de sistema: ocorrência na qual o desempenho do sistema de medição não atende aos requisitos deste guia ou das normas aplicáveis.
- XX. Falha presumida: situação na qual existem indícios de falha tais como regulagens e ajustes não autorizados ou variação dos volumes medidos que não corresponda a variações nas condições de operação das instalações de água bruta.
- XXI. Fator do medidor: quociente entre o volume bruto medido, utilizando um medidor padrão de trabalho ou padrão de referência, e o volume medido por um medidor em operação durante uma calibração, sendo ambos referidos às mesmas condições de temperatura e pressão, ou ainda o quociente entre o volume bruto medido, utilizando um padrão de referência, e o volume medido por um medidor padrão de trabalho durante uma calibração, sendo ambos referidos às mesmas condições de temperatura e pressão.
- XXII. Fluxograma de engenharia (P&IDs - *Piping & Instrumentation Diagram*): documento de projeto de instalação de bombeamento, transporte, armazenamento ou entrega de água bruta que indica todos os equipamentos, condutos e instrumentos da instalação, contendo um resumo das especificações destes diversos itens.
- XXIII. Fluxograma de Processo (PFD - *Process Flow Diagram*): documento de projeto de instalação de bombeamento, transporte, armazenamento ou entrega de água bruta que indica a concepção adotada para o sistema de processamento (equipamentos e correntes dos fluidos) e contém o balanço de material e energia para as diversas condições operacionais do sistema. Normalmente, representa também as principais malhas de controle.
- XXIV. Instalação de medição: conjunto de sistemas de medição para indicação, totalização e controle dos volumes de água bruta bombeados, transportados, armazenados ou entregues.
- XXV. Instrumentos de medição associados: instrumentos conectados ao dispositivo calculador, ao dispositivo de correção ou ao dispositivo de conversão, para a medição de propriedades ou características da água bruta ou do escoamento, com vistas a realizar uma correção e/ou uma conversão.
- XXVI. Laboratório acreditado: laboratório que possui certificado de acreditação concedido por organismo de acreditação que seja signatário de acordo multilateral com a ILAC (*International Laboratory Accreditation Cooperation*), o IAF (*International Accreditation Forum*) ou a IAAC (*InterAmerican Accreditation Cooperation*). No Brasil, o organismo de acreditação oficial é a Cgcre – Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro.
- XXVII. Medição fiscal: medição do volume de água bruta fiscalizada efetuada nos pontos de medição definidos pela ANA.
- XXVIII. Medição operacional: medição do volume de água bruta para controle de processo, tanto de captação quanto de movimentação e reservação de água bruta, que não se enquadrem como medição fiscal ou medição de transferência de custódia.
- XXIX. Medição de transferência de custódia: medição do volume de água bruta movimentada com transferência de custódia, nos pontos de entrega e recebimento.

- XXX. Medidor de vazão ou de volume: instrumento destinado a medir continuamente, computar e indicar a vazão ou o volume de água bruta que passa pelo sensor sob as condições de medição.
- XXXI. Medidor em operação: medidor em uso para medição fiscal, de transferência de custódia ou operacional de volumes relacionados à captação, movimentação e reservação de água bruta dentro do campo de aplicação deste guia.
- XXXII. Medidor padrão de trabalho: padrão utilizado rotineira e exclusivamente para calibrar ou controlar instrumentos ou sistemas de medição.
- XXXIII. Operadora Estadual: pessoa jurídica, designada em ato próprio dos Estados beneficiados, encarregada de operar as infraestruturas hídricas interligadas ao PISF para adução de água bruta nos respectivos Estados e de firmar contrato com a Operadora do PISF
- XXXIV. Operadora Federal do PISF: pessoa jurídica, concessionária autorizada pelo Governo Federal, encarregada de operar as infraestruturas hídricas do PISF para adução, transporte e armazenamento de água bruta e de firmar contratos com as operadoras dos Estados beneficiados.
- XXXV. Pequeno usuário: usuário cuja vazão máxima de captação seja estipulada pela Operadora Estadual, limitada a 9 m³/h (2,5 L/s).
- XXXVI. Pequena comunidade agrícola: usuário do PISF caracterizado por atividade de irrigação em comunidade agrícola definida no licenciamento ambiental.
- XXXVII. Perdas físicas: perdas de água por evaporação, infiltração, extravasamento, vazamento e perdas em trânsito em trecho de conduto ou de reservatório.
- XXXVIII. Perdas operacionais: perdas de água inerentes à operação do sistema, correspondentes às perdas físicas subtraídas das perdas por evaporação em canais e reservatórios.
- XXXIX. Perdas admissíveis: perdas físicas e não físicas de água admitidas pelo regulador para incorporação na tarifa.
- XL. Perdas não físicas: usos não autorizados de água e erros de medida.
- XLI. PISF: Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional, abrangendo as estruturas de captação, transporte, bombeamento e reservação de água bruta, suas estruturas auxiliares, bem como as faixas de domínio do projeto – 100 metros para cada lado –, desde os canais de aproximação junto ao Rio São Francisco até os Pontos de Entrega, incluindo o trecho em canal natural ao longo da calha do rio Piranhas-Açu entre o Açude Engenheiro Ávidos, na Paraíba, e a divisa de Estado entre a Paraíba e Rio Grande do Norte.
- XLII. Plano Operativo Anual (POA): documento elaborado pelas Operadoras Estaduais contendo as solicitações de volumes mensais de água do projeto em cada Ponto de Entrega de seu interesse bem como os limites de vazões alocadas aos Pequenos Usuários, Sistemas Isolados de Abastecimento de Água (SIAAs) e Pequenas Comunidades Agrícolas.
- XLIII. Plano de Gestão Anual (PGA): documento elaborado pela Operadora do PISF contendo a programação de bombeamento e fornecimento de água bruta nos Pontos de Entrega, bem como demais elementos previstos no Decreto Federal Nº 5995/2006, e em atendimento à outorga de direito de uso de recursos hídricos.
- XLIV. Ponto de medição: localização dentro das infraestruturas hídricas do PISF onde fica instalado um sistema de medição de água bruta utilizado com objetivo de medição fiscal, de transferência de custódia ou operacional.
- XLV. Pontos de entrega das águas do PISF: correspondem ao limite físico da responsabilidade da Operadora do PISF na prestação do serviço de adução de água bruta do PISF para cada Operadora Estadual. Os pontos de entrega são aqueles especificados na outorga de direito de uso dos recursos hídricos emitida pela ANA, além de outros pontos especificados no PGA. Os pontos de entrega para as Operadoras Estaduais e usuários independentes cuja finalidade seja abastecimento público deverão, obrigatoriamente, ter suas estruturas de captação localizadas em reservatórios.

- XLVI. Projeto de medição: conjunto de documentos referentes ao sistema de medição.
- XLVII. Proteções do sistema de medição: compreende todos os lacres, senhas, dispositivos, mecanismos ou procedimentos que garantam a inviolabilidade do sistema de medição e de seus resultados.
- XLVIII. Ramais interligados: ramais do Agreste, Entremontes, Salgado, Piancó, Apodi e Cinturão das Águas do Ceará.
- XLIX. Receita requerida: receita anual necessária para cobrir os custos de operação e manutenção eficientes do projeto pela Operadora do PISF, não incluindo a amortização dos investimentos
 - L. feitos pela União.
 - LI. Relatório de medição: documento com o registro de todos os valores medidos, todos os cálculos efetuados, incluindo os parâmetros e fatores utilizados, para determinação do volume de água bruta medido em um período de medição.
 - LII. Reservação de água bruta: armazenamento de água bruta em reservatórios naturais ou artificiais.
 - LIII. Sistema de calibração: sistema composto de um medidor padrão de trabalho (ou medida materializada de volume) e de dispositivos auxiliares e/ou adicionais, necessários para executar as operações de calibração de um medidor em operação, já incorporado a um sistema de medição.
 - LIV. Serviço de adução de água bruta: serviço que abrange atividades necessárias à entrega de água bruta nos Pontos de Entrega, e inclui captação, operacionalização e manutenção da infraestrutura do PISF; atividades de inspeções aéreas e terrestres; monitoramento quali-quantitativo; identificação de usuários irregulares; disponibilização, fornecimento e controle do acesso às águas do projeto; medição do consumo, faturamento, cobrança e arrecadação de valores referentes às tarifas e eventuais receitas adicionais.
 - LV. Sistema de medição: conjunto de um ou mais instrumentos de medição e frequentemente outros dispositivos, montado e adaptado para fornecer informações destinadas à obtenção dos valores medidos, dentro de intervalos especificados para grandezas de tipos especificados. O sistema de medição de água bruta inclui o medidor propriamente dito, e todos os dispositivos auxiliares e adicionais, e instrumentos de medição associados, aplicados a um ponto de medição.
 - LVI. Sistema Isolado de Abastecimento de Água (SIAA): usuário do PISF caracterizado por sistema de abastecimento de água para comunidades isoladas localizadas na Área Diretamente Afetada – ADA do empreendimento, que compreende uma faixa de 10 km tendo como eixo o traçado dos canais, conforme previsto no licenciamento ambiental.
 - LVII. Sistema supervisorio: sistema de supervisão e controle composto de equipamentos eletrônicos e sistemas computacionais que monitoram e registram dados e informações de pressão, temperatura, nível, vazão e volume relacionados com a captação, bombeamento, transporte, reservação e transferência de água bruta a partir do qual se tem o controle operacional de uma instalação das infraestruturas hídricas do PISF, além do gerenciamento e registro de eventos de alarmes e falhas.
 - LVIII. Tabela volumétrica: tabela indicando o volume contido em um reservatório para cada nível de enchimento.
 - LIX. Tanque de calibração: medida materializada de volume utilizada como padrão volumétrico para calibração de medidores.
 - LX. Tarifa de consumo: tarifa decorrente do consumo efetivo de água bruta pelas Operadoras Estaduais, destinada a cobrir a parcela variável da receita requerida, cobrada em função do volume fornecido nos Pontos de Entrega.
 - LXI. Tarifa de disponibilidade: tarifa decorrente da disponibilização de água para as Operadoras Estaduais, destinada a cobrir a parcela fixa da receita requerida, cobrada independentemente do uso.

- LXII. Teste de desempenho: procedimento operacional de avaliação da exatidão dos resultados de medição dos medidores de vazão para análise de desvios.
- LXIII. Transferência de custódia: transferência legal e/ou comercial de água bruta.
- LXIV. Usuário independente: usuário do PISF que não se enquadra como Operadora Estadual, Pequeno Usuário, SIAA ou Pequena Comunidade Agrícola.
- LXV. Vazão usual de operação: vazão média, avaliada no período desde a última calibração do sistema de medição. No cálculo da vazão média não deveriam ser considerados os períodos em que não houve escoamento de água através do sistema de medição.

2.5 Unidades de Medida

Visando seguir as boas práticas metrológicas e, especialmente, a normatização técnica vigente no Brasil, as grandezas medidas deveriam ser expressas em unidades de medida do Sistema Internacional de Unidades – SI³, seja na forma de unidades de base do SI, unidades SI derivadas ou múltiplos e submúltiplos decimais das unidades SI. Por exemplo, a unidade de medida de vazão de água deveria ser expressa em m³/s. Já, as unidades de medida de pressão em Pa, kPa, MPa etc.

Ainda que seja recomendável utilizar as unidades SI, há casos em que os usuários veem motivos ou vantagens particulares em utilizar unidades fora do SI, unidades fora do SI em uso com o SI ou unidades baseadas em constantes fundamentais. Assim, as unidades de medida de vazão de água poderiam, em tais situações, ser expressas, por exemplo, em m³/h, L/s etc. Da mesma forma, as unidades de medida de pressão poderiam ser expressas, por exemplo, em bar, kgf/cm² etc.

2.6 Normas Técnicas

As normas técnicas são elaboradas para assegurar as características desejáveis de produtos e serviços, como qualidade, segurança, confiabilidade, eficiência, intercambialidade, bem como sustentabilidade ambiental.

As normas técnicas definem regras que são utilizadas para padronizar, entre outros itens, produtos, procedimentos e serviços, normalmente indicando um padrão de qualidade a ser seguido.

Quando os produtos, sistemas, máquinas e dispositivos funcionam de forma adequada, com confiabilidade e com segurança, quase sempre é porque eles foram projetados e construídos de acordo com requisitos de normas técnicas. Além disso, atender às diretrizes das normas técnicas tem se tornado cada vez mais importante para mitigar riscos e minimizar a possibilidade de conflitos entre partes.

Em relação às atividades de medição da vazão de água no sistema do PISF, espera-se que os sistemas de medição atendam as diretrizes das normas técnicas pertinentes às aplicações. Essas aplicações podem ser classificadas com base em diferentes critérios, sendo o mais comum a separação em sistemas de medição de vazão em condutos livres e em condutos forçados.

Com base nesse critério, as medições de vazão de água em condutos forçados seriam essencialmente as realizadas nas tubulações de recalque das estações de bombeamento e nas linhas de entrega de água das TUDs do PISF. No entanto, as medições de vazão nos pontos de consumo dos Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas também poderiam envolver, em muitos casos, aplicações em condutos forçados.

³ Sistema Internacional de Unidades (SI) [Recurso eletrônico] / Tradução do Grupo de Trabalho luso-brasileiro do Inmetro e IPQ. — Brasília, DF: Inmetro, 2021. 842 KB; pdf.

Por sua vez, as medições realizadas nos canais, reservatórios e pontos de entrega aos Estados serão praticamente todas do tipo em condutos livres, fundamentalmente por meio de medidores de nível do tipo ultrassônico.

No Brasil, ainda não existem muitas normas que tratem da medição de vazão de água bruta em condutos forçados. De fato, a maioria das normas técnicas existentes para condutos forçados se aplicam essencialmente à medição de água potável tratada. Da mesma forma, uma pesquisa realizada no âmbito das normas ISO, também não indicam a existência de normas aplicáveis especificamente à medição de vazão de água bruta.

A princípio, considerando as tecnologias de medição adotadas pelo Operador Federal do PISF, as normas que se relacionariam às medições de vazão de água no sistema são as seguintes:

2.6.1 Medição de vazão de água em condutos forçados

- ABNT NBR 16198:2013 *Medição de vazão de fluidos em condutos fechados — Métodos usando medidor de vazão ultrassônico por tempo de trânsito — Diretrizes gerais de seleção, instalação e uso*. Esta norma descreve as diretrizes gerais para utilização e as principais características de medidores de vazão ultrassônicos baseados na medição da diferença no tempo de trânsito para medições de vazões volumétricas de fluidos, em especial líquidos. Esta Norma, primordialmente, abrange transdutores do tipo molhado (que operam em contato direto com o fluido), mas refere-se também, de modo sucinto, a arranjos com transdutores instalados externamente ao conduto, que são os transdutores conhecidos como do tipo *clamp-on*.
- ISO 12242:2012 *Measurement of fluid flow in closed conduits — Ultrasonic transit-time meters for liquid*. Esta norma especifica requisitos e recomendações para medidores ultrassônicos de vazão de líquidos, que utilizam o tempo de trânsito de sinais ultrassônicos para medir a vazão de líquidos homogêneos, monofásicos, em condutos fechados. A norma especifica aspectos de desempenho, calibração e características de saída de medidores ultrassônicos para a medição de vazão de líquidos e trata das condições de instalação. Abrange a instalação com e sem um sistema dedicado de calibração. O documento aborda medidores do tipo carretel com transdutores fixos e medidores com transdutores montados em campo conhecidos como medidores do tipo *clamp-on*.
- ABNT NBR ISO 6817:1999 *Medição de vazão de líquido condutivo em condutos fechados - Método utilizando medidores de vazão eletromagnéticos*. Esta norma descreve o princípio de medição eletromagnético e as principais características do projeto de medidores de vazão de um líquido condutivo em condutos fechados de seção plena. Ela abrange aspectos relacionados à instalação, operação, desempenho e calibração de medidores de vazão eletromagnéticos.
- ABNT NBR ISO 9104:2000 *Medição de vazão de fluidos em condutos fechados - Métodos para avaliação de desempenho de medidores de vazão eletromagnéticos para líquidos*. Esta norma recomenda métodos de ensaio para avaliação de desempenho de medidores de vazão eletromagnéticos para líquidos escoando em condutos fechados. Ela especifica um procedimento padronizado para verificar as características de desempenho quando o medidor de vazão está sujeito a fatores de influência identificados e métodos de representação dos resultados das medições de desempenho. Em suma, é uma norma voltada à aplicação laboratorial.

2.6.2 Medição de água em condutos livres e reservatórios

- ISO 6416:2017 *Hydrometry — Measurement of discharge by the ultrasonic transit time (time of flight) method*. A norma ISO 6416 descreve a instalação e operação de uma estação de medição ultrassônica

(por tempo de trânsito) para a medição contínua da vazão de água em um rio, um canal aberto ou um conduto fechado. Ela também descreve os princípios básicos nos quais o método se baseia, a operação e o desempenho da instrumentação associada e os procedimentos de comissionamento. É limitada à técnica de "tempo de trânsito de pulsos ultrassônicos" e não é aplicável a sistemas que fazem uso das técnicas de "efeito Doppler" ou "correlação" ou "nível-escoamento".

- NBR ISO 9826 *Medição de vazão de líquido em canais abertos — Calhas Parshall e SANIIRI*. Esta norma especifica métodos de medição de vazão de líquidos em canais abertos (particularmente, em canais de irrigação), sob condições de escoamento permanente ou gradualmente variado, utilizando calhas dos tipos Parshall e SANIIRI.
- ISO 4373:2008 *Hydrometry — Water level measuring devices*. A norma especifica os requisitos funcionais de instrumentação para medir o nível da superfície da água, principalmente com o propósito de se determinar as vazões. Um anexo informativo fornece orientação sobre os tipos de dispositivos de medição do nível de água atualmente disponíveis e as incertezas de medida típicas associadas a eles.
- ISO 1438:2017 *Hydrometry — Open channel flow measurement using thin-plate weirs*. A norma define os requisitos para o uso de vertedores retangulares e triangulares (entalhe em V) de placa delgada para a medição de vazão de água limpa em canais abertos sob condições de escoamento livre. Inclui os requisitos para a utilização de vertedores retangulares de placa delgada de largura total em condições de escoamento submerso (afogado).
- ABNT NBR ISO 3846:2011 *Hidrometria — Medição de vazão em canal aberto utilizando vertedores retangulares de soleira espessa*. Esta norma estabelece requisitos para a medição de vazão de água limpa em canais abertos sob regime de escoamento livre com o uso de vertedores retangulares de soleira espessa.
- ISO 4362:1999 *Hydrometric determinations — Flow measurement in open channels using structures - Trapezoidal broad-crested weirs*. A norma trata da medição de vazão de água em canais abertos utilizando vertedores trapezoidais de crista larga.
- ABNT NBR 13133:1994 Versão Corrigida:1996 *Execução de levantamento topográfico*. Esta norma fixa as condições exigíveis para a execução de levantamento topográfico.
- *Orientações para Atualização das Curvas Cota X Área X Volume*, publicação Agência Nacional de Águas - Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica (SGH) Brasília/DF, 2011. 22p.: il. Versão Outubro/2011⁴.

Ressalta-se que na ausência de legislação brasileira sobre determinado tema, normas e recomendações de outras instituições poderão ser utilizadas como alternativas às constantes nas Referências deste guia, desde que autorizadas pela ANA.

As atualizações ou substituições de normas e documentos técnicos citados neste documento deveriam ser acatadas pelos responsáveis pelos sistemas de medição, em prazo estabelecido pela ANA, quando causarem impacto apenas em nível de procedimentos ou onde fique comprovado que a não alteração dos sistemas de medição poderá trazer prejuízos para terceiros.

É importante lembrar que a ANA, a qualquer tempo, pode determinar a modificação do projeto de um sistema de medição, de forma a aplicar qualquer alteração ou substituição que venha a ocorrer nas

⁴ Agência Nacional de Águas - Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica (SGH) Brasília/DF, 2011. 22p.: il. Versão Outubro/2011. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/cadastro/OrientacoesParaAtualizacaoDasCurvasCotaxAreaxVolume.pdf>. Acesso: 17.03.2021.

normas técnicas utilizadas. Nesse caso, a autorização do início de operação do sistema de medição ficará condicionada à conclusão da modificação a ser executada.

3 TIPOS DE MEDIÇÃO DE ÁGUA BRUTA

Desde a sua captação na bacia do Rio São Francisco até a sua entrega às operadoras estaduais e aos usuários finais, a água bruta aduzida passa por diferentes estruturas que incluem estações de bombeamento, canais, aquedutos, túneis, reservatórios, estruturas de controle e outras. Em muitas dessas estruturas, a água manejada é submetida a medições visando o controle e a gestão da operação do sistema do PISF.

Nesse contexto, é natural classificar as medições realizadas em função das diferentes atividades operacionais desenvolvidas no sistema e, assim, podem ser elencados os seguintes tipos de medição:

- Medição da água recalçada nas estações de bombeamento
- Medição da água transferida nas tomadas de água para uso difuso (TUDs)
- Medição da água armazenada nos reservatórios
- Medição de água transportada nos canais
- Medição de água para os Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas

3.1 Medição da Água Recalçada nas Estações de Bombeamento

Objetivando o gerenciamento e o controle adequado das operações do PISF, a Operadora Federal deverá realizar a medição da vazão e a totalização contínua dos volumes de água bruta recalçada por meio das estações de bombeamento EBI-1, EBI-2 e EBI-3 no Eixo Norte e EBV-1, EBV-2, EBV-3, EBV-4, EBV-5 e EBV-6 no Eixo Leste.

3.1.1 Premissas gerais

Cada sistema de medição de vazão e totalização de volume de água bruta instalado nas estações de bombeamento deverá ser constituído, pelo menos, dos seguintes equipamentos:

- a) Um ou mais medidores de vazão compatíveis com os requisitos deste guia e com capacidade de medir a vazão aduzida por cada bomba ou, quando for o caso, pelo conjunto de duas bombas operando em paralelo para um único tubo de adução;
- b) Um computador de vazão ou sistema digital de supervisão e controle que realize a totalização do volume de água recalçada por bomba e em todas as bombas e atenda aos requisitos técnicos e metrológicos estabelecidos pela ANA;
- c) Um instrumento ou dispositivo de medição da pressão manométrica da água adjunto ao medidor de vazão;
- d) Um instrumento ou dispositivo de medição e monitoramento do nível da água nos canais de captação e restituição (*forebays*) das estações;
- e) Uma estação de calibração por pitometria, conforme previsto no Manual Orientativo para Calibração

de Macromedidores de Vazão de Água por Meio da Técnica de Pitometria⁵, adequada e preparada para permitir a calibração periódica do medidor de vazão. O sistema de calibração por pitometria utilizado deve ser capaz de fornecer rastreabilidade e confiabilidade metrológica às medidas do medidor de vazão calibrado de forma a atender aos requisitos definidos no capítulo 6 deste guia;

- f) Um sistema de amostragem manual ou automática da água, capaz de garantir a representatividade das características da água bruta recalçada no período de medição e atendendo aos requisitos do capítulo 6 deste guia;
- g) Um instrumento ou dispositivo de medição do consumo de energia elétrica pelas motobombas hidráulicas;
- h) Um instrumento ou dispositivo de registro dos horários de operação das motobombas hidráulicas e totalização do tempo de funcionamento dos equipamentos.

3.1.2 Premissas de projeto, construção e instalação

Os sistemas de medição de vazão e totalização de volume de água bruta das estações de bombeamento devem ser projetados, construídos e instalados de forma que:

- a) Sejam compatíveis com as estruturas e os sistemas hidráulicos aos quais estiverem conectados;
- b) Onde aplicável, sejam projetados e especificados para realizar com a confiabilidade necessária a medição da vazão e a totalização dos volumes de água aduzida tanto na condição de operação com apenas uma bomba em funcionamento quanto com duas ou mais bombas em paralelo;
- c) Identifiquem e registrem o eventual refluxo de água através dos medidores, se isso ocorrer (Obs.: nas estações de bombeamento do PISF, quando do desligamento das bombas, a água presente na tubulação de recalque tende a retornar por gravidade através das bombas e dos sensores de vazão. Nesse caso, é necessário prever a compensação decorrente de eventual dupla medição do volume de água contido no conduto a jusante dos sensores ultrassônicos);
- d) Os sensores dos medidores sejam protegidos contra pressões da água maiores que as pressões de projeto dos mesmos;
- e) A eventual presença de ar ou de vapor d'água decorrente do processo de bombeamento não interfira no desempenho metrológico dos medidores de vazão;
- f) Possuam proteções contra materiais presentes na água bruta medida que possam gradualmente degradar o desempenho metrológico ou danificar os sistemas de medição;
- g) Possuam dispositivos e procedimentos que permitam checar a estanqueidade das válvulas utilizadas nas estruturas e sistemas hidráulicos.

A instalação e a utilização de sistemas de medição de água bruta devem atender às prescrições documentadas pelos fabricantes e aos requisitos das normas técnicas e demais documentos de referência pertinentes.

Os sistemas de medição de água bruta devem ser projetados, instalados e calibrados para fornecer resultados com incerteza expandida de medida de no máximo 3,0 % do volume medido com um nível da confiança de aproximadamente 95 %.

⁵ Manual orientativo para calibração de macromedidores de vazão de água por meio da técnica de pitometria. Publicação ANA. Disponível em: a publicar proximamente.

Esse nível de incerteza considera que o valor da incerteza associada ao resultado de uma medição de vazão de água é dependente de um conjunto de fatores de influência, sendo um dos mais importantes a calibração do sistema de medição. De fato, os sistemas de medição de vazão de água instalados nas estações de bombeamento do PISF necessitarão ser periodicamente calibrados para manter a confiabilidade das medidas e essa incerteza associada à calibração é, por si só, tipicamente da ordem de 2,0 % da vazão medida, caso seja empregada a calibração em campo por meio da técnica de pitometria.

Adicionalmente, outros fatores podem impactar as incertezas das medidas de vazão realizadas pelos sistemas de medição instalados nas estações de bombeamento como, por exemplo, a variabilidade das medidas decorrente das instabilidades na vazão de operação das bombas, a mudança no perfil de velocidades do escoamento de água no conduto em relação às condições presentes durante a calibração, a medição realizada em uma vazão diferente da vazão de calibração, a eventual deriva temporal do desempenho metrológico do sistema de medição, entre outros.

Com base na experiência e boas práticas metrológicas da medição de vazão de água em condutos forçados de grandes dimensões, como os das estações de bombeamento do PISF, entende-se ser possível atingir, por meio de uma calibração adequadamente realizada, um nível de incerteza expandida inferior a 3 % da vazão medida.

Os medidores, dispositivos adicionais ou auxiliares e os instrumentos de medição associados devem ser selecionados, instalados e operados para que o valor medido esteja na faixa de medição e sua exatidão seja compatível com as características metrológicas especificadas neste guia.

3.1.3 Medidores instalados nas estações de bombeamento do PISF

Nas estações de bombeamento dos eixos Norte e Leste do PISF estão previstos os seguintes medidores de vazão relacionados nas Tabelas 1 e 2 a seguir.

Tabela 1. Medidores de vazão das EBIs - Eixo Norte

Estação	Instrumento	Marca	Modelo	Tag
EBI-1	Medidor ultrassônico de vazão	Siemens	Sonokit	1610-MVUS-001
EBI-2	Medidor ultrassônico de vazão	Siemens	Sonokit	1620-MVUS-001
EBI-3	Medidor ultrassônico de vazão	Siemens	Sonokit	1630-MVUS-001

Tabela 2. Medidores de vazão das EBVs - Eixo Leste

Estação	Instrumento	Marca	Modelo	Tag
EBV-1	Medidor ultrassônico de vazão	Siemens	Sonokit	2610-MVUS-001
EBV-2	Medidor ultrassônico de vazão	Siemens	Sonokit	2620-MVUS-001
EBV-3	Medidor ultrassônico de vazão	Siemens	Sonokit	2630-MVUS-001
EBV-4	Medidor ultrassônico de vazão	Siemens	Sonokit	2640-MVUS-001
EBV-5	Medidor ultrassônico de vazão	Siemens	Sonokit	2650-MVUS-001
EBV-6	Medidor ultrassônico de vazão	Siemens	Sonokit	2660-MVUS-001

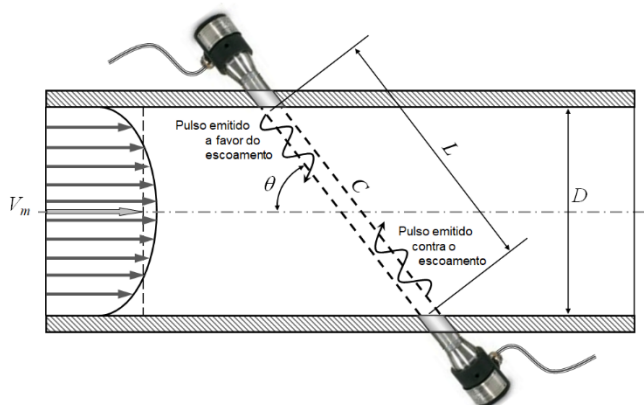
Esses medidores de vazão utilizam o princípio de medição por diferença do tempo de trânsito de pulsos ultrassônicos. Trata-se de um medidor velocimétrico amostral que mede a velocidade do escoamento em trajetórias específicas definidas por pulsos ultrassônicos emitidos por transdutores e que cruzam o

escoamento do fluido, sendo a vazão de água calculada a partir dessas velocidades amostrais que, por hipótese, deveriam ser representativas das velocidades presentes no escoamento total.

Esse modelo de medidor possui dois pares de transdutores instalados em paralelo em posições específicas no conduto de recalque de água da estação de bombeamento, a jusante das bombas. Cada transdutor de um par funciona como emissor e receptor de pulsos ultrassônicos, sendo o conjunto responsável pela medição da velocidade do escoamento de água que cruza a trajetória particular definida pelo referido par. Assim, a velocidade média do escoamento de água é determinada por meio de duas trajetórias paralelas que cruzam a seção do escoamento.

Da Física Ondulatória disponível na literatura sabe-se que uma onda sonora viajando a favor de um escoamento de um fluido tem a sua velocidade incrementada da velocidade do escoamento e, no sentido inverso, decrescida dessa mesma velocidade. Com base nesse fenômeno, o medidor ultrassônico em questão utiliza para o seu funcionamento o princípio da diferença entre os tempos de trânsito dos pulsos ultrassônicos que viajam a favor do escoamento, do transdutor de montante para o de jusante, e dos pulsos que viajam contra o escoamento, do transdutor de jusante para o de montante.

Os transdutores de cada par são montados no corpo do medidor em posições específicas de forma que as trajetórias de medição resultem anguladas em relação ao eixo do tubo conforme ilustrado na Figura 9.



Fonte: IPT.

Figura 9. Ilustração da trajetória de medição definida por um par de transdutores de um medidor ultrassônico por tempo de trânsito do tipo instalado nas estações de bombeamento do PISF

Na figura:

L : distância entre os transdutores

C : velocidade do som no meio

V_m : velocidade média do escoamento do fluido nessa trajetória

θ : ângulo da trajetória do pulso ultrassônico em relação ao eixo do conduto

D : diâmetro interno do conduto na seção de medição

Os parâmetros L e θ são construtivos e devem ser determinados com exatidão durante a instalação dos transdutores na parede da tubulação de recalque das bombas. Essas medidas geométricas, juntamente com as características eletrônicas de cada par de transdutores e dos processadores de sinais qualificam o medidor ultrassônico de vazão.

Analiticamente, o princípio de medição utilizado pelo medidor é descrito de acordo com a modelagem matemática desenvolvida a seguir:

Tempo de trânsito do pulso ultrassônico do transdutor de montante para o de jusante:

$$t_{mj} = \frac{L}{C + V_m \cos \theta} \quad (1)$$

Tempo de trânsito do pulso ultrassônico do transdutor de jusante para o de montante:

$$t_{jm} = \frac{L}{C - V_m \cos \theta} \quad (2)$$

Resolvendo as equações (1) e (2) simultaneamente e eliminando C :

$$V_m = \frac{L}{2 \cos \theta} \cdot \frac{t_{jm} - t_{mj}}{t_{jm} \cdot t_{mj}} \quad (3)$$

No caso de um medidor com uma única trajetória a vazão volumétrica é calculada por meio da seguinte equação:

$$Q = V_m \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (4)$$

Esta teoria relativamente simples demonstra que a equação matemática que expressa a vazão do fluido é uma função da disposição geométrica dos transdutores, das dimensões físicas do corpo do medidor e dos tempos de trânsito dos pulsos ultrassônicos medidos nos dois sentidos. De fato, a equação (3) para o cálculo da velocidade do escoamento não inclui a velocidade do som no meio e, conseqüentemente, não depende de nenhum outro parâmetro termodinâmico do processo, como a pressão, a temperatura, a massa específica ou a composição da água bruta medida.

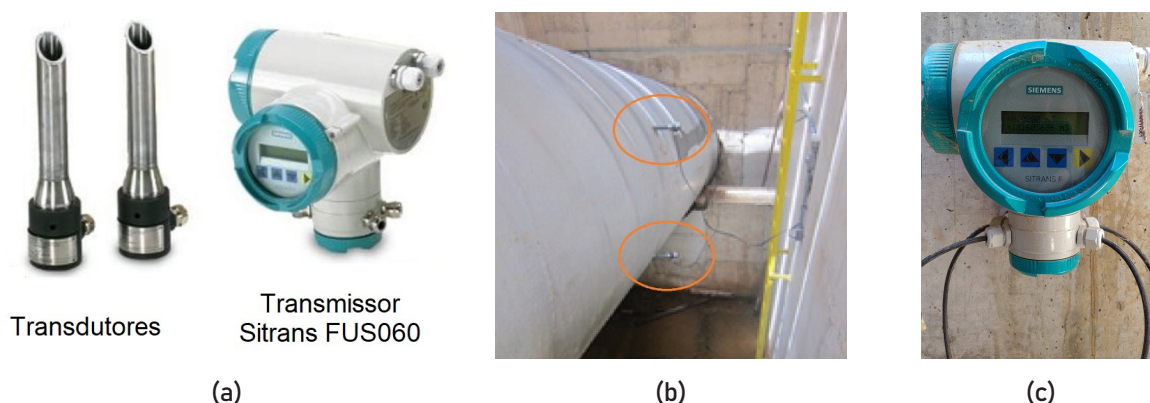
Ao utilizar uma configuração de duas trajetórias como nos medidores em questão, é necessário calcular a média das velocidades das trajetórias individuais para se obter a velocidade média medida do escoamento de água para toda a seção transversal interna da seção de medição. A velocidade média medida do escoamento é, então, multiplicada pela área da seção transversal interna do corpo do medidor para fornecer a vazão volumétrica de água nas condições de medição.

Aspectos importantes que podem indicar a conformidade e o desempenho adequado dos medidores de vazão ultrassônicos do tipo instalado nas estações de bombeamento do PISF são:

- a qualidade e estabilidade do sinal, dependentes da tecnologia de medição e da instalação correta dos transdutores nos condutos, considerando eventuais efeitos de deformação do conduto (que pode acabar alterando o valor do parâmetro L na Equação (3) anterior) e de desalinhamento dos transdutores;
- a repetibilidade das medidas, baseada em grande parte nas condições do escoamento nos condutos (por exemplo: bombas axiais podem gerar escoamentos helicoidais e instáveis a jusante das mesmas);
- a confiabilidade dos fatores de ajuste dos medidores, decorrentes da qualidade dos resultados das calibrações dos sistemas de medição. Esses fatores de ajuste, comumente chamados de fatores de correção, devem ser determinados por meio da calibração do sistema de medição nas suas condições reais de operação, considerando as vazões de operação e todos os demais efeitos resultantes da instalação dos transdutores, configuração dos transmissores, perfil de velocidades do escoamento, mudanças na geometria e dimensões do conduto devido à pressurização da água e outros. Ocasionalmente, esses fatores de ajuste podem resultar significativos em virtude da diferença entre a configuração realizada pelo fornecedor do sistema de medição no momento da instalação do equipamento, feita normalmente com o conduto sem água, e a calibração do sistema em condições reais de operação da estação de bombeamento.

Para garantir o atendimento aos requisitos deste guia é necessário que os sistemas de medição de vazão e totalização de volumes de água das estações de bombeamento sejam periodicamente inspecionados, calibrados e certificados em termos de suas incertezas de medida. A calibração deve ser realizada por organismo de avaliação da conformidade devidamente acreditado pela Cgcre – Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro para o serviço em questão.

A Figura 10 ilustra exemplos dos transdutores e transmissores ultrassônicos de vazão instalados nas estações de bombeamento do PISF.



Fontes: (a) <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/process-instrumentation/flow-measurement/ultrasonic/inline/sitrans-f-us-sonokit.htm>, (b) IPT e (c) IPT.

Figura 10. Transdutores e transmissores ultrassônicos de vazão instalados nas estações de bombeamento do PISF.

3.2 Medição de Água Transferida nas Tomadas de Água para Uso Difuso (TUDs)

3.2.1 Premissas gerais

Cada sistema de medição de vazão e totalização de volume de água bruta instalado em uma tomada de água para uso difuso (TUD) deveria ser constituído, pelo menos, dos seguintes equipamentos:

- Um medidor de vazão compatível com os requisitos deste guia;
- Um computador de vazão ou sistema digital de supervisão e controle que registre a vazão instantânea, realize a totalização do volume de água transferida e atenda aos requisitos técnicos e metrológicos estabelecidos pela ANA;
- Um instrumento ou dispositivo de medição da pressão manométrica da água adjunto ao medidor de vazão para verificar que o medidor está operando com a seção de medição plenamente preenchida;
- Um instrumento ou dispositivo de medição e monitoramento do nível da água no ponto de tomada da água do reservatório;
- Uma estação de calibração por pitometria, conforme previsto no Manual Orientativo para Calibração de Macromedidores de Vazão de Água por Meio da Técnica de Pitometria (publicação disponível no *site* da ANA), adequada e preparada para permitir a calibração periódica do medidor de vazão. O sistema de calibração por pitometria utilizado deve ser capaz de fornecer rastreabilidade e confiabilidade metrológica às medidas do medidor de vazão calibrado de forma a atender aos requisitos definidos no capítulo 6 deste guia;

- f) Medidores de propriedades físico-químicas da água, ou um sistema de amostragem manual ou automática da água, capaz de garantir a representatividade das características da água bruta transferida no período de medição e atendendo aos requisitos do capítulo 6 deste guia.

3.2.2 Premissas de projeto, construção e instalação

Os sistemas de medição de vazão e totalização de volume de água bruta das tomadas de água para uso difuso (TUDs) devem ser projetados, construídos e instalados de forma que:

- a) Sejam compatíveis com as estruturas e os sistemas hidráulicos aos quais estiverem conectados;
- b) Possuam proteções contra materiais presentes na água bruta medida que possam gradualmente degradar o desempenho metrológico ou danificar os sistemas de medição;
- c) Possuam dispositivos e procedimentos que permitam checar a estanqueidade das válvulas utilizadas nas estruturas e sistemas hidráulicos.

A instalação e utilização de sistemas de medição de água bruta nas TUDs deveria atender às prescrições documentadas estabelecidas pelos fabricantes e aos requisitos das normas técnicas e demais documentos de referência pertinentes.

Os sistemas de medição de água bruta das TUDs devem ser projetados, instalados e calibrados para fornecer resultados com incertezas expandidas de medida de no máximo 3,0 % do volume medido com um nível da confiança de aproximadamente 95 %.

Similarmente ao caso dos sistemas de medição de vazão das estações de bombeamento, esse nível de incerteza considera que o valor da incerteza associada ao resultado de uma medição de vazão de água é dependente de um conjunto de fatores de influência, sendo um dos mais importantes a calibração do sistema de medição. Os sistemas de medição de vazão de água instalados nas TUDs do PISF necessitarão ser periodicamente calibrados para manter a confiabilidade das medidas e essa incerteza associada à calibração é, por si só, tipicamente da ordem de 2,0 % da vazão medida, caso seja empregada a calibração em campo por meio da técnica de pitometria.

Da mesma forma que no caso dos sistemas de medição de vazão das estações de bombeamento, outros fatores podem impactar as incertezas das medidas de vazão realizadas pelos sistemas de medição instalados nas TUDs como, por exemplo, a variabilidade das medidas, a medição realizada em uma vazão diferente da vazão de calibração, a eventual deriva temporal do desempenho metrológico do sistema de medição entre outros. No entanto, entende-se que as condições de medição de vazão de água nas TUDs são menos complexas do que nas estações de bombeamento, principalmente porque o escoamento tende a ser mais estável por ser proveniente de um reservatório, os condutos serem de menor diâmetro e possuírem trechos retos normalmente adequados a montante do ponto de medição. Além disso, a tecnologia de medição é, na grande maioria dos casos, a eletromagnética em medidor do tipo carretel, que permite a medição da vazão de uma forma mais integral na seção transversal do escoamento e menos amostral como no caso dos medidores ultrassônicos por diferença no tempo de trânsito.

Assim, com base na experiência e boas práticas metrológicas da medição de vazão de água em condutos forçados como os das TUDs do PISF, entende-se ser possível atingir um nível de incerteza expandida inferior a 2,5 % da vazão medida no caso dos sistemas de medição com medidores eletromagnéticos e de 3,0 % nos sistemas com medidores do tipo ultrassônico.

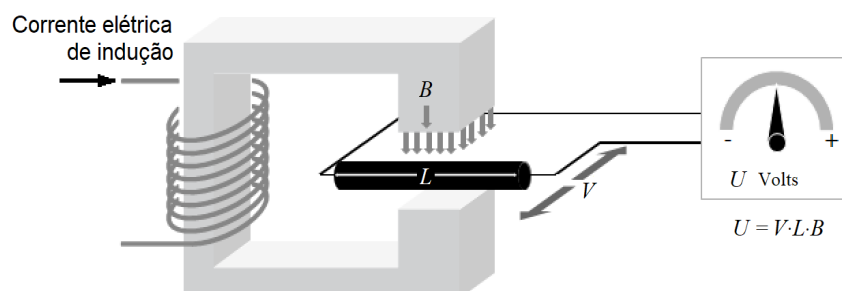
Os medidores, dispositivos adicionais ou auxiliares e os instrumentos de medição associados deveriam ser selecionados, instalados e operados para que o valor medido esteja na faixa de medição e sua exatidão seja compatível com as características metrológicas especificadas neste guia.

3.2.3 Medidores instalados nas tomadas de água para uso difuso (TUDs) do PISF

Conforme citado, nas tomadas de água para uso difuso (TUDs) do PISF a vazão é medida, na maioria dos casos, por meio de medidores de vazão do tipo eletromagnético.

O princípio de funcionamento do medidor de vazão eletromagnético é baseado na lei de indução de Faraday, que estabelece que se um condutor for movido através de um campo magnético, será induzida nele uma diferença de potencial elétrico que será proporcional à velocidade do condutor. É o mesmo princípio em que se baseia, por exemplo, a geração de energia elétrica por turbinas geradoras de força eletromotriz induzida em uma usina hidrelétrica.

Para facilitar o entendimento sobre esse princípio, a Figura 11 ilustra uma barra de material condutivo de comprimento L que se desloca a uma velocidade V imersa em um campo magnético B , gerando uma diferença de potencial elétrico $U = V \cdot L \cdot B$.



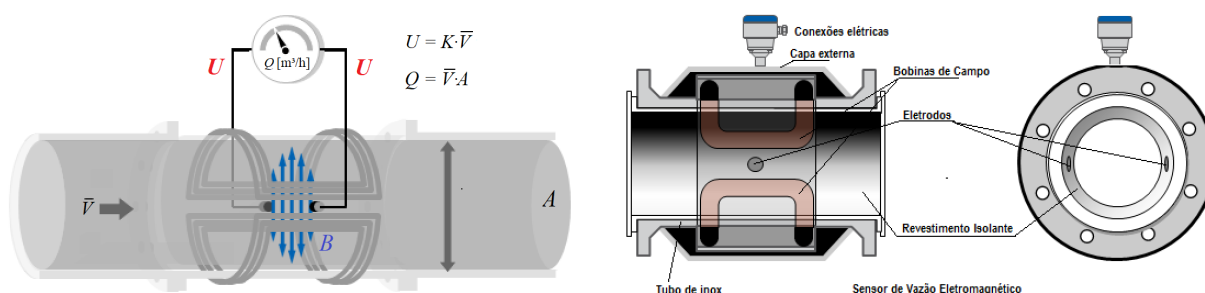
Fonte: <https://www.conaut.com.br/blog/98-como-funciona-medidor-eletromagnetico>

Figura 11. Princípio de funcionamento de um medidor de vazão eletromagnético

Se fizermos L e B constantes e o seu produto igual a uma constante K , então $U = K \cdot V$ e poderemos “medir” a velocidade da barra apenas medindo a tensão elétrica U (volts).

A fim de se adaptar em uma tubulação, o medidor de vazão eletromagnético assume uma forma de carretel, onde o condutor é o próprio fluido condutivo, que viaja através de um campo magnético B . Nessa configuração, conforme ilustrado na Figura 12, as bobinas elétricas são instaladas por fora do tubo de aço inoxidável do carretel.

A tensão elétrica U é proporcional à velocidade média \bar{V} do fluido e a vazão Q pode ser calculada conhecendo-se a área interna A do corpo do medidor.



Fonte: <https://www.conaut.com.br/blog/98-como-funciona-medidor-eletromagnetico>

Figura 12. Configuração construtiva de um medidor de vazão eletromagnético

Basicamente, se o fluido sob medição for eletricamente condutivo (condutividade $> 5\mu\text{S}/\text{cm}$), é possível aplicar um medidor de vazão por princípio eletromagnético. As partes que entram em contato com fluido necessitam ser química e fisicamente compatíveis para garantir a sua durabilidade. Para medir água, por exemplo, é indicado um revestimento interno em borracha e eletrodos de aço inoxidável.

Nas tomadas de água para uso difuso (TUDs) do PISF estão previstos os seguintes medidores de vazão relacionados nas Tabelas 3 e 4 a seguir.

Tabela 3. Medidores de Vazão das TUDs - Eixo Leste

Local de instalação	Instrumento	Marca	Modelo	Tag
Tomada D'Água - Areias	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	2154-MEDQ-001
Tomada D'Água - Braúnas	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	2155-MEDQ-001
Tomada D'Água - Mandantes	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	2156-MEDQ-001
Tomada D'Água - Salgueiro	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	2157-MEDQ-001
Tomada D'Água - Muquém	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	2158-MEDQ-001
Tomada D'Água - Cacimba Nova	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	2159-MEDQ-001
Tomada D'Água - Bagres	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	2160-MEDQ-001
Tomada D'Água - Copití	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	2161-MEDQ-001
Tomada D'Água - Moxotó	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	2162-MEDQ-001
Tomada D'Água - Barreiros	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	2163-MEDQ-001
Tomada D'Água - Campos	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	2164-MEDQ-001
Tomada D'Água - Barro Branco	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	2165-MEDQ-001

Tabela 4. Medidores de Vazão das TUDs - Eixo Norte

Local de Instalação	Instrumento	Marca	Modelo	TAG
Jati	Medidor ultrassônico de vazão	Siemens	SONOKIT	1111-MVUS-001
Atalho	Medidor ultrassônico de vazão	Siemens	SONOKIT	1112-MVUS-001
Tomada D'Água - Tucutú	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	1155-MEDQ-001
Tomada D'Água - Terra Nova	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	1156-MEDQ-001
Tomada D'Água - Serra do Livramento	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	1157-MEDQ-001
Tomada D'Água - Mangueira	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	1158-MEDQ-001
Tomada D'Água - Negreiros	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	1159-MEDQ-001
Tomada D'Água - Milagres	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	1160-MEDQ-001
Tomada D'Água - Porcos	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	1163-MEDQ-001
Tomada D'Água - Boa Vista	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	1169-MEDQ-001
Tomada D'Água - Caiçara	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	1170-MEDQ-001
Tomada D'Água do Dique de Cuncas	Medidor de Vazão Eletromagnético	Siemens	MAG 5000	1160-MEDQ-002

A Figura 13 ilustra exemplos do croqui típico de instalação da tubulação e dos medidores de vazão eletromagnéticos instalados nas TUDs do PISF.

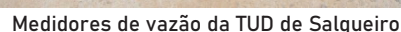


Figura 13. Exemplos de croqui típico de instalação da tubulação e dos medidores de vazão eletromagnéticos instalados nas TUDs do PISF

Aspectos importantes que podem indicar a conformidade e o desempenho adequado dos medidores de vazão instalados nas TUDs do PISF são:

- a qualidade e estabilidade do sinal, dependentes da tecnologia de medição e da instalação correta dos medidores nos condutos;
- a repetibilidade das medidas, baseada em grande parte nas condições do escoamento nos condutos;
- a confiabilidade dos fatores de ajuste dos medidores, decorrentes da qualidade dos resultados das calibrações dos sistemas de medição. Esses fatores de ajuste, comumente chamados de fatores de correção, devem ser determinados por meio da calibração do sistema de medição nas suas condições reais de operação, considerando as vazões de operação e todos os demais efeitos resultantes da instalação dos medidores, configuração dos transmissores, perfil de velocidades do escoamento e outros. Ocasionalmente, esses fatores de ajuste podem resultar significativos em virtude da diferença entre a configuração realizada pelo fornecedor do sistema de medição no momento da instalação do equipamento, feita normalmente com o conduto sem água, e a calibração do sistema em condições reais de operação da TUD.

Para garantir o atendimento aos requisitos deste guia é necessário que os sistemas de medição de vazão e totalização de volumes de água das TUDs sejam periodicamente inspecionados, calibrados e certificados em termos de suas incertezas de medida. A calibração deve ser realizada por organismo de avaliação da conformidade devidamente acreditado pela Cgcre – Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro para o serviço em questão.

3.3 Medição da Água Armazenada nos Reservatórios

Para gerenciar e controlar de forma segura os volumes de água disponíveis no sistema do PISF e, assim, garantir a oferta de água aos usuários, é importante que a Operadora do PISF monitore os volumes de água armazenados nos reservatórios do sistema. As Figuras 15 e 16 ilustram reservatórios do PISF.



Fonte: <https://www.correio24horas.com.br/>

Figura 14. Barragem de Jati / CE



Fonte: Ministério do Desenvolvimento Regional

Figura 15. Reservatório de Braúnas / PE

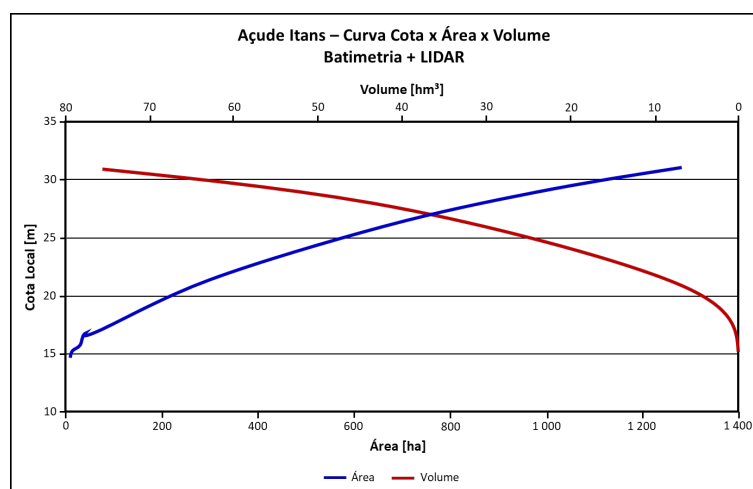
Um reservatório formado por um barramento artificial de um corpo d'água tem a função de armazenar a água em algum ponto ao longo da sua trajetória. Nesse, as finalidades desse armazenamento são essencialmente funcionar como uma espécie de capacitor hidráulico para acumular água nos períodos de maior oferta e liberar água nas ocasiões de maior demanda, assegurando o abastecimento da população, a irrigação agrícola, o controle de cheias e o atendimento a usos indiretos. No caso do PISF, todos os reservatórios, à exceção de Atalho e Boa Vista, são de passagem, com pequena capacidade de variação de armazenamento, suficiente apenas para amortecer variações de bombeamento na escala horária e diária. Assim, esses reservatórios têm como função principal manter níveis d'água adequados para a adução de água pelos canais.

Dada a quantidade de reservatórios existentes no projeto, a importância dos mesmos para a operação segura do sistema e a viabilização de benefícios diretos à sociedade, existe a necessidade de se instituir a gestão e o monitoramento contínuo e racional desse recurso, tanto quantitativamente quanto qualitativamente.

Uma das principais ferramentas para o monitoramento e a gestão de reservatórios de água são as suas curvas Cota x Área x Volume (CAV). As curvas CAV, aliadas ao monitoramento do nível d'água, fornecem o volume reservado e a área superficial de um reservatório em função do nível d'água no momento da medição⁶. A adequação e a atualização das curvas CAVs dos reservatórios do PISF também são importantes para a correta análise das variações de volume, perdas por evaporação e do balanço hídrico ao longo do sistema.

A determinação das curvas CAV de um reservatório é feita, normalmente, por meio de levantamentos topobatimétricos. Tais levantamentos aferem as profundidades dos reservatórios por meio de sonares batimétricos, chamados de ecobatímetros, que emitem sinais acústicos que são refletidos quando atingem as superfícies de fundo. O tempo entre a transmissão do pulso e o retorno do eco é o tempo em que o som leva para se propagar da fonte (transdutor) até o assoalho (fundo) e retornar para os hidrofones (receptores do sinal de retorno). Conhecendo-se esse tempo e a velocidade que o som se propaga na água, é possível se calcular a espessura da coluna d'água. No caso de o levantamento batimétrico ser realizado em um momento que o reservatório não se encontra cheio, a área acima do nível d'água é mapeada utilizando-se técnicas de cartografia e/ou topografia. A Figura 16 ilustra um exemplo de curvas Cota x Área x Volume (CAV) de um reservatório.

⁶ Sá, L.A. Utilização de imagens de satélite para determinação das curvas cota x área x volume do açude Itans, localizado no município de Caicó, Rio Grande do Norte, Brasil. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/22153/1/2018_LucasAmorimDeSa_tcc.pdf. Acesso em 14.01.2021.



Fonte: Sá, L.A.

Figura 16. Exemplo de curvas Cota x Área x Volume (CAV)

O volume útil do reservatório, ou seja, aquele que é efetivamente destinado ao abastecimento, é avaliado e definido na fase de seu pré-enchimento, sendo que esta relação de cota-área-volume é utilizada durante a sua operação⁷.

Dessa forma, adicionalmente à medição da vazão e a totalização dos volumes de água bruta medidas nas tomadas d'água (TUDs) das barragens existentes no PISF, a Operadora do PISF deve realizar a medição e o registro contínuo da altura do nível da água nos reservatórios existentes nos Eixos Norte e Leste.

Outro ponto importante a considerar em relação aos reservatórios é o seu assoreamento. Fisicamente, o que se observa na operação de um reservatório é que o fluxo de água que chega ao mesmo perde energia cinética e ganha energia potencial, num processo em que a velocidade do escoamento de água diminui gradualmente. Com a diminuição da velocidade, materiais em suspensão, que antes eram carregados pelo escoamento, começam a se depositar, primeiro os materiais maiores e mais pesados e, posteriormente, os mais finos e leves. Estes materiais, que agora são depositados no fundo do reservatório, são provenientes de processos erosivos, naturais e/ou antrópicos, que ocorrem dentro da sua bacia de contribuição.

Dessa forma, os reservatórios atuam como verdadeiros filtros de sedimentos e iniciam, assim, o seu processo de assoreamento. Com o passar do tempo, o acúmulo de sedimentos pode mudar o seu relevo de fundo e este passa a não mais condizer com o levantamento realizado na fase de pré-enchimento, sendo necessária a reavaliação destes dados. Portanto, a curva Cota-Área-Volume de um reservatório deveria ser atualizada de tempos em tempos.

No caso do sistema do PISF, não se espera que esse efeito venha a ocorrer de maneira pronunciada e acelerada por conta de as áreas de drenagem serem relativamente pequenas, de modo que o aporte esperado de sedimentos é igualmente pequeno, e em razão dos canais serem em sua grande parte artificiais com revestimentos de concreto, mas é importante esse monitoramento.

De fato, entende-se que é importante a realização, tão logo quanto possível, de pelo menos uma batimetria em cada um dos reservatórios que compõem o sistema do PISF. Ademais, considerando-se o estágio inicial de operação do PISF, a repetição desse procedimento deve ocorrer em prazo inferior a 10

⁷ Matos, A.J.S. et alii Variação de volume calculado em grandes reservatórios utilizando diferentes metodologias de levantamentos batimétricos. Disponível em: <https://iwra.org/member/congress/resource/PAP00-5774.pdf>. Acesso em 12.01.2021.

anos. A partir de um histórico de pelo menos duas batimetrias, a periodicidade do processo poderia ser estendida ou reduzida por meio de autorizações ou determinações da ANA, baseada nos resultados apresentados nos relatórios das batimetrias realizadas sistematicamente em cada um dos reservatórios.

3.4 Medição da Água Transportada nos Canais

A maior parte do percurso das águas no PISF realiza-se através de canais hidráulicos que, dependendo da topografia, são escavados no terreno natural, construídos em aterro compactado ou ainda têm uma seção mista, a meia encosta, de escavação e aterro. As Figuras 17 e 18 ilustram trechos dos canais do PISF.



Fonte: TVNORDESTWEB <https://www.youtube.com/watch?v=jpJ7Ajx3nBE>

Figura 17. Canal no eixo Leste do PISF



Fonte: Claudemir Mendonça <https://www.youtube.com/watch?v=LJ4ISRY4r24>

Figura 18. Canal em Custódia / PE

Os canais carreiam as águas de forma gravitacional de uma estação de bombeamento a outra passando pelos reservatórios de compensação das barragens. Na maior parte dos trechos os canais do PISF apresentam seção trapezoidal, são impermeabilizados com geomembrana e revestidos com placas de concreto simples. Os taludes externos dos trechos em aterro são protegidos com transição e enrocamento fino. As bermas dos canais foram projetadas de forma a permitir o trânsito de veículos para as operações de monitoramento e manutenção.

Os canais têm a função principal de transportar a água do PISF desde a sua captação até o usuário final. Por serem condutos abertos que operam com base na força da gravidade, estão sujeitos a limitações operacionais (como baixas velocidades de escoamento, inércia hidráulica, necessidade de manutenção etc.) e ineficiências inerentes (como perdas por evaporação, infiltração, extrações não autorizadas etc.). Por outro lado, em períodos de chuvas, podem também receber contribuições de água ao longo do seu leito. Todos esses fatores dificultam a realização dos balanços hídricos e o controle operacional do sistema.

Dessa forma, embora a medição da vazão de água nos canais não esteja prevista nos planos iniciais de operação do PISF, é recomendável que gradualmente sejam instalados equipamentos de medição nessas estruturas devido à importância de se conhecer os parâmetros operacionais para o controle e a gestão adequada do sistema.

Assim que possível, seria importante instalar medidores e registradores de vazão específicos para canais abertos, além de medidores de nível de água em pontos-chaves dos canais. Para monitorar a qualidade da água transportada nos canais, seria interessante instalar sistemas de amostragem manual ou automática da água, além de medidores de propriedades físico-químicas da água.

Com a complementação dessa infraestrutura metrológica, será possível estimar com uma maior segurança os volumes de água recebidos, transportados e entregues pelas diferentes estruturas que integram o sistema do PISF e, conseqüentemente, se permitirá determinar com maior confiabilidade os indicadores de avaliação da prestação do serviço de adução de água bruta pela Operadora Federal, conforme previsto na Resolução ANA Nº 85, de 29 de outubro de 2018, que dispõe sobre os Indicadores

de Avaliação da Prestação do Serviço de Adução de Água Bruta, no âmbito do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF.

3.4.1 Premissas gerais

Cada sistema de medição de vazão e totalização de volume de água bruta instalado em canal aberto nos pontos de entrega deveria ser constituído, pelo menos, dos seguintes equipamentos:

- Um medidor de nível d'água compatível com os requisitos deste guia;
- Curva chave do canal ou curva de descarga da estrutura de controle, calibrada conforme procedimentos deste guia;
- Um computador de vazão ou sistema digital de supervisão e controle que registre a vazão instantânea a partir do nível d'água medido e da curva chave do canal ou curva de descarga da estrutura de controle, e realize a totalização do volume de água transferida e atenda aos requisitos técnicos e metrológicos estabelecidos pela ANA;
- Medidores de propriedades físico-químicas da água, ou um sistema de amostragem manual ou automática da água, capaz de garantir a representatividade das características da água bruta transferida no período de medição e atendendo aos requisitos do capítulo 6 deste guia.

Especificamente, conforme Inciso I do Art. 5º da Resolução ANA nº 411, 2005, devem ser instaladas estruturas e equipamentos para monitoramento contínuo dos níveis d'água e cálculo de vazões, como totalização de volumes, nos seguintes pontos de divisa entre Estados:

- Eixo Leste, divisa entre Pernambuco e Paraíba, possivelmente logo a montante do emboque do túnel Monteiro;
- Eixo Norte, divisa entre Pernambuco e Ceará, possivelmente no cruzamento com a BR 116, a jusante da galeria Milagres;
- Eixo Norte, divisa entre Ceará e Paraíba, possivelmente logo a montante do emboque do túnel Cuncas I;
- Eixo Norte, divisa entre Paraíba e Rio Grande do Norte, em ponto a ser definido no futuro Ramal do Apodi.

Além disso, devem ser instalados medidores de nível d'água automáticos, acoplados a computadores de vazão para monitoramento contínuo das vazões e totalização de volumes entregues nos pontos de entrega em canal relacionados na Tabela 5.

Tabela 5. Pontos de entrega de água em canal do PISF.

Código	Local	Derivação	UF	Vazão máxima (m³/s)	Eixo	Latitude (°)	Longitude (°)
CE01N	Reservatório Jati	Cinturão das Águas do Ceará	CE	30,0	Norte	-7,7002	-39,0120
PB04N *	Canal Caiçara/Ávidos	Rio Piranhas	PB	53,5	Norte	-7,0365	-38,5697
CE04N *	Ramal do Apodi	Ramal do Salgado	CE	20,0	Norte	-6,8618	-38,6783
RN01N *	Ramal do Apodi	Reservatório Angicos	RN	20,0	Norte	-6,3720	-38,2823
PE13L	Reservatório Barro Branco	Ramal do Agreste	PE	8,0	Leste	-8,0328	-37,2606
PB01L	Galeria Monteiro	Rio Paraíba	PB	18,0	Leste	-7,9181	-37,1682

* ramais ou estruturas de controle e monitoramento ainda não construídas.

Por fim, ao longo do rio Piranhas-Açu, devem ser instaladas estruturas fixas e equipamentos para monitoramento contínuo de níveis d'água e cálculo de vazões, com totalização de volumes. Nos seguintes

pontos específicos, devem ser construídas soleiras quer permitam a medição dos níveis d'água e o cálculo confiável das vazões, variando de 0 a 55 m³/s, que é a faixa de vazões esperada para ser aportada à bacia do rio Piranhas-Açu pelo PISF, em fim de plano. Essas soleiras devem ser construídas nos seguintes pontos:

- a) Rio Piranhas, logo a montante da confluência com o rio Piancó;
- b) Rio Piancó, logo a montante da confluência com o rio Piranhas;
- c) Rio Piranhas, na divisa entre Paraíba e Rio Grande do Norte.

3.5 Medição de água para os Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas

De acordo com o Art. 2º da Resolução ANA Nº 2.333, de 27 de dezembro de 2017, o Pequeno Usuário do PISF é definido como aquele cuja vazão máxima de captação seja estipulada pela Operadora Estadual, limitada a 2,5 litros por segundo (9 m³/h). Já as Pequenas Comunidades Agrícolas são os usuários do PISF caracterizados por atividade de irrigação em comunidades agrícolas definidas no licenciamento ambiental. Por fim, o denominado Sistema Isolado de Abastecimento de Água (SIAA) é o usuário do PISF caracterizado por sistema de abastecimento de água para comunidades isoladas localizadas na Área Diretamente Afetada – ADA do empreendimento, que compreende uma faixa de 10 km tendo como eixo o traçado dos canais, conforme previsto no licenciamento ambiental.

De acordo com o Art. 22 da Resolução ANA Nº 2.333, é responsabilidade da Operadora Federal a medição ou estimativa das vazões de água captadas pelos Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas.

Ainda, conforme o Art. 34 da Resolução, o consumo de água pelos Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas será determinado adotando-se os seguintes critérios:

- I – para usuários com vazão total máxima de captação de até 2,5 L/s: por meio de leitura em equipamento de medição em intervalos de aproximadamente 30 dias ou por estimativa tecnicamente justificada, utilizando critérios hidráulicos que permitam o cálculo das vazões entregues;
- II – para usuários com vazão total máxima superior a 2,5 L/s: por meio de leitura em equipamento de medição, em intervalos de aproximadamente 30 dias.

Embora a Resolução estabeleça que a determinação do volume consumido de água será feita por meio de leitura em equipamento de medição, o documento não define a tecnologia de medição a ser utilizada e tão pouco o procedimento de estimativa dos volumes de água entregues no caso da inexistência do equipamento de medição, uma vez que devem ser propostos pela Operadora Federal.

Diferentemente das aplicações de medição de vazão nas estações de bombeamento e TUDs, a medição de água para os Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas se caracteriza por ser uma aplicação onde as vazões são expressivamente menores, mas o número de pontos de captação é comparativamente maior. Dessa forma, é importante considerar que um conjunto composto por um grande número de pontos de consumo para esse tipo de usuário pode acabar se tornando importante no balanço geral do sistema do PISF.

Um aspecto relevante a ser considerado para essas aplicações é que o equipamento de medição deveria ser metrologicamente confiável, robusto, inviolável, durável e projetado para operar nos ambientes climáticos do PISF, desassistido inclusive de energia elétrica.

O equipamento de medição, quando utilizado, deve proporcionar uma incerteza expandida de medida sobre o volume totalizado de água no período de medição de no máximo 5,0 %, para um nível da confiança de 95 %.

Considerando que o Art. 22 da Resolução ANA Nº 2.333 cita que é responsabilidade da Operadora Federal a medição ou estimativa das vazões de água captadas pelos Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas, a princípio não serão os usuários da água que deverão selecionar, adquirir e instalar os medidores de vazão. Caso a Operadora Federal venha a utilizar equipamentos de medição, é recomendável que estes busquem atender ao critério de incerteza expandida máxima de 5,0 % sobre o volume totalizado de água no período de medição. Esse processo de atingimento desse objetivo poderia ser definido pela ANA para ocorrer progressivamente ao longo de um período de tempo adequado com metas graduais de 10,0 %, 7,5 % e, finalmente, 5,0 %. Assim, não se limitaria o uso dos equipamentos já instalados, mas indicaria que os novos deverão atender a esse nível de incerteza de medida.

O equipamento de medição deveria também ser capaz de medir a vazão de água bruta e totalizar o seu volume nos intervalos definidos pela Resolução, sem demandar uma manutenção excessiva.

Por fim, o equipamento de medição também deveria ser capaz de operar adequadamente nas diferentes formas de captação previstas para esses tipos de usuários, seja por meio de motobombas ou sistemas sifonados instalados em estruturas de captação de água que deveriam obedecer a um padrão estabelecido pela Operadora Federal. Estas estruturas deveriam ser instaladas preferencialmente em reservatórios, utilizando-se de sistemas adaptados às possíveis flutuações que possam ocorrer no nível da água.

No caso de opção pela estimativa de vazões entregues, utilizando critérios hidráulicos, devem ser padronizadas e definidas as dimensões e equipamentos de bombeamento permitidos, e determinadas suas vazões máximas de captação considerando as condições hidráulicas que levem ao maior consumo. Caso sejam instalados dispositivos para monitoramento do tempo de funcionamento de bombas ou equipamentos hidráulicos, o volume entregue será computado pelo produto da vazão máxima anteriormente determinada pelo tempo de operação. Caso não existam tais dispositivos, será assumido que tais captações operarão continuamente, 24 horas por dia.

4 CRITÉRIOS GERAIS

4.1 Procedimentos Gerais de Medição e da Determinação do Consumo de Água

O Capítulo XI da Resolução Nº 2.333, de 27 de dezembro de 2017, trata dos procedimentos gerais de medição e da determinação do consumo de água no sistema do PISF. Por meio dos artigos 31 a 37, a Resolução aborda os seguintes pontos:

- a) A Operadora Federal quantificará o consumo de água das Operadoras Estaduais mensalmente por meio de instrumento de medição de vazões e totalização de volumes, considerando aspectos técnicos e econômicos.
- b) A Operadora Federal deverá manter os equipamentos de medição em bom estado de conservação, de acordo com o manual técnico do fabricante, e providenciar os reparos e substituições necessárias em caso de inoperância ou falha de medição.
- c) Os instrumentos de medição deverão ser mantidos lacrados pela Operadora Federal, salvo mediante justificativa acatada pela ANA.
- d) A Operadora Federal deverá aferir e calibrar periodicamente os instrumentos de medição, conforme a recomendação do fabricante, quando existente, e enviar relatório anual à ANA sobre a situação de

cada equipamento.

- e) Havendo indícios de medições ou leituras errôneas, a ANA, mediante justificativa, pode solicitar calibrações adicionais.
- f) Os dados de consumo mensal em cada ponto de entrega deverão ser armazenados em banco de dados digitais mantido pela Operadora Federal.
- g) A Operadora Federal emitirá boletins diários e mensais com ampla divulgação sobre a operação do sistema, contendo as vazões bombeadas em cada estação de bombeamento e entregues em cada ponto de entrega, bem como os níveis dos reservatórios.
- h) Anualmente, a Operadora Federal deverá apresentar à ANA relatório de auditoria independente sobre as condições de calibração dos instrumentos de medição.
- i) No caso de dúvidas quanto ao volume medido pelo equipamento de medição, a Operadora Estadual poderá solicitar averiguação à Operadora Federal.
- j) Em se verificando variação a maior, a Operadora Federal deverá proceder a devolução dos valores cobrados indevidamente, e no caso de a menor, efetuará a cobrança da diferença, referente ao período máximo de 12 (doze) meses.
- k) O volume consumido nos Pontos de Entrega será o apurado pelos dados de volumes totalizados adquiridos em equipamento de medição.
- l) Não sendo possível a coleta de dados em determinado período, a determinação do consumo desse período será realizada *pro rata die* (proporcional ao dia) ao volume mensal previsto no PGA para o mês em referência.
- m) O procedimento do parágrafo anterior (l) somente poderá ser aplicado por no máximo 15 dias consecutivos, e desde que avisada a ANA e a Operadora Estadual em até 3 (três) dias úteis da constatação do problema, devendo a Operadora Federal, naquele prazo, providenciar o reparo ou substituição do equipamento de medição.
- n) O prazo referido no parágrafo anterior (m) poderá ser estendido mediante solicitação justificada da Operadora Federal e aprovação da ANA.
- o) Findo o prazo estabelecido pela ANA, a Operadora Federal somente poderá faturar à Operadora Estadual os valores referentes à Tarifa de Disponibilidade.
- p) O consumo dos Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas será determinado adotando-se os seguintes critérios:
 - I – para usuários com vazão total máxima de captação de até 2,5 L/s: por meio de leitura em equipamento de medição em intervalos de aproximadamente 30 dias ou por estimativa tecnicamente justificada, utilizando critérios hidráulicos que permitam o cálculo das vazões entregues;
 - II – para usuários com vazão total máxima superior a 2,5 L/s: por meio de leitura em equipamento de medição, em intervalos de aproximadamente 30 dias.
- q) O consumo de Água do Rio Grande do Norte, no Ponto de Entrega localizado no Rio Piranhas-Açu, na divisa dos Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, corresponde ao volume mensal medido no local, subtraído do volume mensal equivalente à vazão a ser mantida no local pelo sistema hídrico da

bacia do Rio Piranhas-Açu, conforme definido em resolução de marco regulatório, publicada pela ANA, e limitada superiormente ao volume previsto no PGA para aquele Ponto de Entrega naquele período.

- r) O Consumo de água da Paraíba no Eixo Norte, na bacia do rio Piranhas-Açu, corresponde à soma dos volumes mensais medidos nos Pontos de Entrega à Paraíba nesta bacia, subtraída do consumo de água do Rio Grande do Norte e das perdas admissíveis no trecho em calha natural entre os Pontos de Entrega na Bacia do Rio Piranhas-Açu e a divisa de Estados entre a Paraíba e Rio Grande do Norte.
- s) O volume total consumido por cada Operadora Estadual corresponde à soma dos consumos medidos em cada Ponto de Entrega, adicionados aos consumos estimados ou medidos por pequenos usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas.

4.2 Sistema de Gestão da Medição

Os sistemas de medição e equipamentos que tenham alguma influência na qualidade e confiabilidade das medições realizadas no âmbito do PISF devem ser projetados, instalados, testados, operados e mantidos em condições adequadas de funcionamento pelo Operador Federal do PISF para efetuar a medição, dentro das condições de utilização, atendendo às exigências técnicas e metrológicas pertinentes, em todas as aplicações cobertas por este guia.

Com a finalidade de assegurar a eficácia e a adequação dos sistemas de medição ao uso pretendido, além de gerenciar o risco de resultados de medições incorretas, os responsáveis pelos referidos sistemas deveriam desenvolver e aplicar um sistema de gestão da medição específico para o PISF.

Nesse sentido, é recomendável que se utilize a norma ABNT NBR ISO 10012⁸ que especifica requisitos gerais e fornece orientações para a gestão de processos de medição e comprovação metrológica de equipamentos de medição utilizados para dar suporte e demonstrar conformidade com requisitos metrológicos. O documento normativo especifica requisitos de gestão da qualidade de um sistema de gestão da medição que pode ser utilizado por uma organização que realiza medições como parte de um sistema de gestão global, e para assegurar que os requisitos metrológicos sejam atendidos.

De acordo com a ABNT NBR ISO 10012, um sistema de gestão da medição é um conjunto de elementos inter-relacionados e interativos, necessários para obter a comprovação metrológica e o controle contínuo dos processos de medição. Tal sistema engloba diversos componentes, dentre os quais a definição de um objetivo e campo de aplicação para o sistema; a responsabilidade e comprometimento da direção; a gestão dos recursos (humanos, de informação, materiais, fornecedores externos de produtos e serviços); a comprovação metrológica e a realização dos processos de medição; além da análise e melhoria contínua do sistema de gestão de medição (incluindo auditorias e monitoramentos, sistemas de gestão de medições não-conformes e oportunidades de melhorias).

O sistema de gestão da medição deveria ser desenvolvido e implementado pelo Operador Federal do PISF visando garantir a operação adequada e satisfatória do sistema e o controle dos volumes de água aduzidos, assegurando a confiabilidade dos volumes captados, bombeados, transportados, armazenados, perdidos e entregues ao longo de todo o sistema. Esses dados quantitativos de volume, associados a outras informações operacionais como consumo de energia elétrica, qualidade da água e estabilidade operacional, são fundamentais para a gestão técnica e financeira da operação do sistema por parte do Operador Federal do PISF e para as atividades de fiscalização realizadas pela ANA.

Para a Agência, o fato do Operador Federal do PISF possuir e operar um sistema de gestão da medição estruturado de acordo com os requisitos da norma ABNT NBR ISO 10012 é particularmente importante no

⁸ ABNT NBR ISO 10012 Sistemas de gestão de medição - *Requisitos para os processos de medição e equipamentos de medição*. Rio de Janeiro, 2004. 16 p.

que tange à fiscalização sobre o atendimento à Resolução ANA N° 85, de 29 de outubro de 2018, que dispõe sobre os Indicadores de Avaliação da Prestação do Serviço de Adução de Água Bruta, no âmbito do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF.

4.3 Projeto de um Sistema de Medição

Com o objetivo de normatizar e garantir a utilização de sistemas de medição de vazão de água apropriados no sistema do PISF, a Operadora Federal do PISF deveria selecionar e especificar sistemas de medição que lhe possibilitem atender aos requisitos da Resolução N° 2.333, de 27 de dezembro de 2017.

Antes da implementação de um novo sistema de medição ou da modificação de um sistema já existente, é importante que a operadora elabore um projeto do sistema de medição e reúna evidências de que este atende às orientações deste guia, às regulamentações da ANA e às demais normas técnicas existentes e aplicáveis. A título de orientação, o Anexo A deste guia apresenta um conjunto de requisitos básicos que deveriam ser considerados no projeto de um sistema de medição de água bruta para utilização no âmbito do PISF.

O projeto e demais documentos pertinentes do sistema de medição deverão ser enviados previamente à ANA para apreciação.

Como resultado da apreciação do projeto de um sistema de medição, a Agência poderá solicitar ao Operador Federal do PISF a incorporação de alterações ou complementações no projeto do sistema de medição para atender às diretrizes deste guia.

Orienta-se para que qualquer alteração física ou operacional em um projeto de sistema de medição já instalado somente seja realizada após informação e obtenção de autorização formal da ANA. Esse procedimento visa, principalmente, permitir à Agência manter atualizado o controle sobre as informações técnicas e condições operacionais dos sistemas de medição já instalados.

Para a autorização do projeto de um sistema de medição pela ANA, é importante que sejam enviados como anexos ao pedido de autorização, os seguintes documentos:

- a. Justificativa para a implementação da alteração do sistema de medição;
- b. Diagrama esquemático e fotos do local e das instalações indicando a localização exata dos pontos de medição;
- c. Memorial descritivo dos sistemas de medição, incluindo informações e dados sobre a arquitetura destes sistemas.

Caso considere necessário, a Agência deveria solicitar, a qualquer tempo, documentos complementares além dos anteriormente listados.

4.4 Instalação

Durante a fase de instalação do projeto de um sistema de medição, para autorização do início de operação do ponto de medição, os seguintes documentos deveriam ser apresentados à ANA em prazo que oportunamente poderá ser definido pela Agência:

- a. Memorial descritivo atualizado do sistema de medição;
- b. Diagrama isométrico contendo as informações pertinentes referentes ao ponto de medição;

- c. Posição georreferenciada para permitir a determinação do local exato do ponto de medição;
- d. Onde cabível, diagrama de instrumentação e tubulação (P&ID) que é um diagrama detalhado que mostra os condutos e os equipamentos junto com a instrumentação e dispositivos de controle;
- e. Plano de gerenciamento de lacres e proteções para a instalação de medição, relacionando todos os lacres instalados em instrumentos, sistemas, válvulas e outros dispositivos, a função de cada lacre e as operações para as quais é eventualmente necessária sua remoção. Deveriam também constar desse plano, barreiras físicas, senhas ou outros meios para impedir o acesso não autorizado aos sistemas eletrônicos em operações realizadas por meio de programação ou configuração;
- f. Memorial de cálculo das incertezas de medida para os volumes medidos no ponto onde o sistema de medição será instalado, destacando as incertezas previstas para as faixas limites de vazão (vazões mínima e máxima);
- g. Documentos relativos aos procedimentos de calibração de instrumentos de medição incorporados ao sistema de medição, caso sejam realizadas pelo agente regulado na instalação;
- h. Especificações e folhas de dados dos instrumentos de medição e acessórios;
- i. Manual de operação dos sistemas de medição, contendo uma descrição dos procedimentos de medição, amostragem, análise e determinação de características, propriedades da água bruta e cálculo dos volumes medidos.

É fundamental que toda a documentação listada neste item possua identificação do responsável pelas informações prestadas e esteja sempre à disposição para análise da ANA.

Antes do início da operação de um ponto de medição, o sistema de medição deveria ser formalmente autorizado pela ANA.

Para pontos de medição considerados críticos pela Agência, a autorização deveria estar condicionada à realização de uma inspeção prévia das instalações pela ANA.

4.5 Operação

Para a efetiva fiscalização da operação do PISF, as principais variáveis de processo dos sistemas de medição de volume de água bruta captada, movimentada, reservada e entregue deveriam ser medidas, exibidas, registradas e disponibilizadas, sempre que possível em sistemas de supervisão, de forma a permitir o acompanhamento das operações.

4.5.1 Proteção dos Sistemas de Medição

Os sistemas de medição de água bruta objetos da fiscalização pela Agência deveriam ser protegidos contra acesso não autorizado, de forma a evitar adulterações, danos, vandalismos e falhas dos instrumentos e componentes do sistema. Nesse contexto, a Operadora Federal do PISF é a responsável por prover e manter essa proteção nos níveis adequados e com os devidos recursos necessários.

Adicionalmente, devem ser instalados lacres para evitar acesso não autorizado às operações que possam afetar o desempenho dos instrumentos e dos sistemas de medição. Para operações realizadas por meio de programação, devem ser incluídas senhas digitais ou outros meios seguros para impedir o acesso não autorizado aos sistemas e programas de configuração, ajuste e calibração.

Os lacres devem ser numerados univocamente e deve ser elaborado um registro de todos os lacres utilizados. Esse registro deve ser mantido permanentemente atualizado e disponível para fiscalização por

parte da ANA.

O registro deve conter, pelo menos:

- a) Nome do agente regulado;
- b) Identificação da instalação;
- c) Relação de todos os pontos de instalação de lacres, com o número do lacre instalado em cada um deles e a data e a hora de instalação;
- d) Histórico das operações de remoção e instalação de lacres, com data, hora e identificação do responsável.

No caso de operações realizadas mediante programação, configuração ou outros recursos, deve ser obedecida a hierarquização das senhas e os acessos por meio das mesmas serem auditáveis via relatórios de acessos.

4.5.2 Procedimentos em Caso de Falha Operacional dos Sistemas de Medição

Considerando que, via de regra, os sistemas de medição de vazão ou de nível de água utilizados nos pontos de medição do PISF são constituídos por componentes mecânicos, elétricos, sensores, circuitos eletrônicos, cabos e conexões, é possível que ocorram falhas em sua operação, especialmente por estarem submetidos às circunstâncias locais e condições ambientais críticas presentes em campo.

Em um sistema de medição, a falha de sistema ou falha presumida pode ser detectada:

- a) Durante a sua operação, se o sistema apresentar problemas funcionais, fornecer resultados duvidosos ou forem comprovadas adulterações, regulagens ou ajustes não autorizados;
- b) Durante a sua calibração, se o sistema apresentar erros de medida ou variações de desempenho metrológico além dos limites especificados ou se os instrumentos não se apresentarem em condições de calibração.

Quando for detectada uma falha de sistema ou presumida em um instrumento de medição, o mesmo deve ser retirado de operação e substituído tão logo quanto possível.

Sem demora, deve ser elaborado um relatório técnico descrevendo a falha detectada e suas possíveis causas, a análise de abrangência da falha, seu impacto e as consequências potenciais, as correções e ações corretivas para a continuidade do processo de medição.

Os artigos 32 e 33 da Resolução N° 2.333, de 27 de dezembro de 2017, trata dos procedimentos gerais de medição e da determinação do consumo de água no sistema do PISF em caso de dúvidas ou de falhas de medição. Essas questões encontram-se abordadas nas cláusulas i) a o) do item 5.1 deste guia.

O agente regulado deve informar à ANA, no prazo de setenta e duas horas da ocorrência ou detecção de uma falha do sistema de medição, assim como de quaisquer outros incidentes operacionais que vierem a causar erro no resultado da medição ou quando houver interrupção total ou parcial da medição, em padrão definido pela Agência.

Para falha de sistema, a notificação deve incluir uma estimativa dos volumes afetados, sugerindo um período representativo para o cálculo, e a previsão de retorno à operação normal do sistema de medição.

Para falha presumida, a notificação deve incluir uma estimativa dos volumes afetados e a previsão de retorno à operação normal do sistema de medição.

Os registros das ocorrências de falhas de medição devem ser devidamente armazenados pelos responsáveis pelos sistemas de medição pelo período de pelo menos 5 anos.

Os medidores e os instrumentos de medição associados devem ser calibrados conforme a periodicidade definida em prescrições documentadas (manuais de fabricantes, guias de boas práticas, documentos orientativos etc.) para cada aplicação e seguindo os requisitos determinados no capítulo 6 deste guia.

Os procedimentos utilizados para a avaliação de incertezas associadas aos volumes de água medidos deveriam ser baseados em metodologia definida em norma técnica sobre o assunto, a exemplo da norma ABNT NBR ISO 5168⁹ ou do ISO GUM¹⁰. Previamente à sua utilização, os procedimentos e as planilhas de cálculo de incertezas devem ser submetidos à avaliação e aprovação pela ANA.

As incertezas associadas aos volumes de água medidos devem atender aos requisitos metrológicos de suas aplicações e os cálculos devem ser atualizados após cada calibração de instrumento ou alteração significativa nas condições de medição.

5 REQUISITOS METROLÓGICOS

5.1 Introdução sobre Classe de Exatidão de Medidores de Água

De acordo com a definição dada na norma ISO 11631:1998 *Measurement of fluid flow — Methods of specifying flowmeter performance*¹¹, o termo classe de exatidão representa a classe de medidores de vazão que atende a certos requisitos metrológicos que se destinam a manter os erros de medida apresentados pelos mesmos dentro dos limites especificados. Uma classe de exatidão geralmente é denotada por um número ou símbolo que é adotado por convenção e é chamado de índice de classe.

Considerando que não existem normas técnicas que regulem requisitos técnicos e metrológicos de medidores de água bruta, serão utilizadas neste guia as definições, diretrizes e recomendações da OIML R49-1 *Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water - Part 1: Metrological and technical requirements*¹².

Para tratar de classe de exatidão de um medidor de água, é necessário antes, introduzir alguns conceitos fundamentais relacionados ao tema. Em função do seu princípio de operação, projeto e construção, os medidores de vazão podem apresentar diferentes comportamentos em relação aos diversos parâmetros de desempenho metrológico aplicáveis aos dispositivos de medição como erro de indicação, intervalo de medição, resolução, limiar de mobilidade, condição limite de funcionamento, estabilidade, tendência instrumental, tempo de resposta, incerteza de medição instrumental, classe de exatidão, erro máximo admissível, curva de calibração e outros.

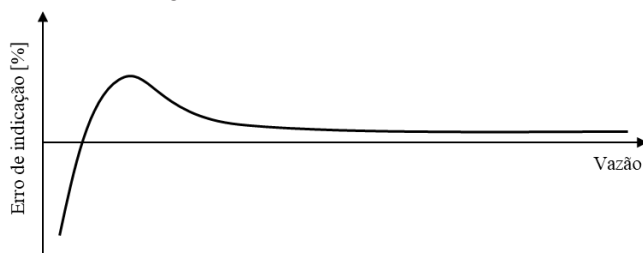
⁹ ABNT NBR ISO 5168 Medição de vazão de fluidos - Procedimento para avaliação de incertezas, 2015. 73 p.

¹⁰ Avaliação de dados de medição: Guia para a expressão de incerteza de medição – GUM 2008, 141 p. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/noticias/conteudo/iso_gum_versao_site.pdf.

¹¹ ISO 11631:1998 *Measurement of fluid flow — Methods of specifying flowmeter performance*. Disponível em <https://www.iso.org/standard/19562.html>. Acesso em 15.03.2021.

¹² OIML R49-1 *Water meters intended for the metering of cold potable water and hot water - Part 1: Metrological and technical requirements*. Disponível em https://www.oiml.org/en/files/pdf_r/r049-1-e13.pdf. Acesso em 15.03.2021.

Particularmente, no caso dos medidores de água, é normal que os valores de alguns desses parâmetros de desempenho metrológico variem ao longo do intervalo de medição, como por exemplo o erro de indicação que, tipicamente, tende a apresentar uma maior alteração na parte inicial do intervalo de medição do instrumento. Para ilustrar o fato, a Figura 19 apresenta esquematicamente uma curva de erro de indicação típica de um medidor de água.



Fonte: IPT

Figura 19. Curva de erro de indicação típica de um medidor de água

Em função dessa característica comum dos medidores de água e a possibilidade dessa curva de erro estar deslocada positiva ou negativamente em relação ao valor de erro zero como resultado dos ajustes e configurações do medidor, torna-se necessário estabelecer o critério de erro máximo admissível (EMA) que é definido no ABNT ISO/IEC Guia 99 (VIM) como o valor extremo do erro de medição, com respeito a um valor de referência conhecido, admitido por especificações ou regulamentos para uma dada medição, instrumento de medição ou sistema de medição.

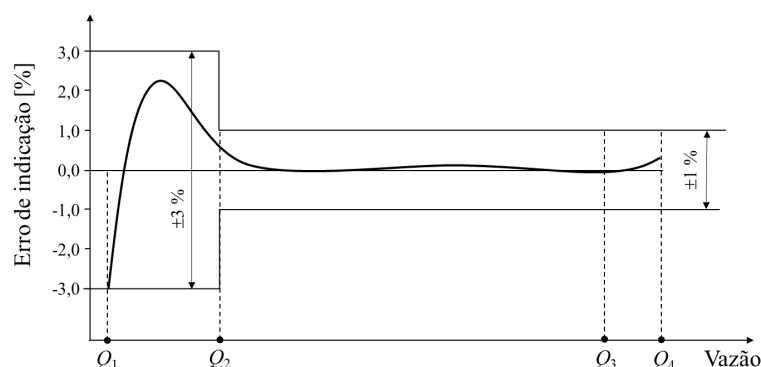
A OIML R49-1 estabelece que um medidor de água deve ser projetado e fabricado de modo que seus erros de indicação não excedam, sob condições de operação nominais, os erros máximos admissíveis definidos conforme apresentado a seguir. Assim, um medidor de água deve ser designado como de classe de exatidão 1 ou de classe de exatidão 2, de acordo com os requisitos definidos a seguir, sendo que é o fabricante do medidor quem deve especificar a classe de exatidão do seu produto.

- Medidores de água classe de exatidão 1

O EMA para a zona de vazão superior ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$) é $\pm 1 \%$, para temperaturas da água de $0,1^\circ\text{C}$ a 30°C , e $\pm 2 \%$ para temperaturas superiores a 30°C .

O EMA para a zona de vazão inferior ($Q_1 \leq Q < Q_2$) é de $\pm 3 \%$, independentemente da faixa de temperatura.

A Figura 20 ilustra graficamente estes requisitos.



Fonte: IPT

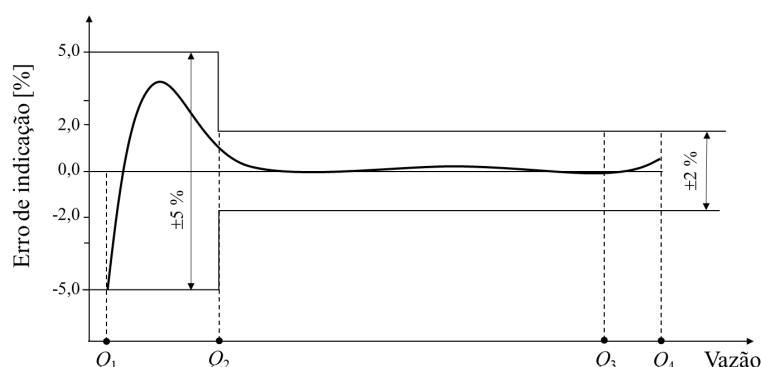
Figura 20. Curva de erro de indicação de um medidor de água classe de exatidão 1

- Medidores de água classe de exatidão 2

O EMA para a zona de vazão superior ($Q_2 \leq Q \leq Q_4$) é $\pm 2\%$, para temperaturas da água de $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, e $\pm 3\%$ para temperaturas superiores a $30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

O EMA para a zona de vazão inferior ($Q_1 \leq Q < Q_2$) é de $\pm 5\%$, independentemente da faixa de temperatura.

A Figura 21 ilustra graficamente estes requisitos.



Fonte: IPT

Figura 21. Curva de erro de indicação de um medidor de água classe de exatidão 2

As vazões Q_1 , Q_2 , Q_3 e Q_4 , características de cada tipo e modelo de medidor, são definidas a seguir:

- Vazão mínima, Q_1
é a menor vazão na qual o medidor deve funcionar dentro do erro máximo admissível.
- Vazão de transição, Q_2
é a vazão situada entre a vazão permanente Q_3 e a vazão mínima Q_1 , que divide a faixa de vazão operacional em dois campos, campo superior de medição e campo inferior de medição, cada qual caracterizado pelo seu próprio erro máximo admissível
- Vazão permanente, Q_3
é a maior vazão em condições de uso contínuo na qual medidor deve funcionar de maneira satisfatória, dentro do erro máximo admissível.
- Vazão de sobrecarga, Q_4
é a maior vazão na qual o medidor deve funcionar durante um curto espaço de tempo dentro do seu erro máximo admissível e, ao mesmo tempo, manter seu desempenho metrológico em operações subsequentes dentro de suas condições de utilização.

Com base nesses conceitos e definições apresentadas neste item, torna-se importante entender que a classe de exatidão é uma característica metrológica que define a capacidade de um tipo e modelo de instrumento de medição de proporcionar um desempenho adequado dentro das especificações definidas e declaradas pelo fabricante do medidor. Não significa, em hipótese alguma, que o seu erro de indicação seja nulo ou esteja sempre dentro dos erros máximos admissíveis conforme apresentados anteriormente. O atendimento aos erros máximos admissíveis somente irá ocorrer se o medidor estiver devidamente calibrado e, se necessário, ajustado, de modo que os erros de indicação sejam minimizados para atender aos limites estabelecidos.

Da mesma forma, é fundamental compreender que todo erro de indicação de um medidor que não seja corrigido deverá ser incorporado como uma fonte de incerteza na estimativa da incerteza expandida de medida associada ao volume de água totalizado. Diferentemente da incerteza de medida, o erro de indicação de um medidor de água é possível de ser corrigido nos cálculos efetuados para a determinação dos volumes de água medidos.

Por fim, requer esclarecer que um tipo e modelo de instrumento de medição somente apresentará um desempenho metrológico adequado se for aplicado à medição do fluido para o qual foi projetado e nas condições normais de operação definidas pelo fabricante. Caso alguma dessas condições não seja atendida, não há como garantir que o desempenho do medidor de água será conforme aquele descrito nas prescrições documentadas do fabricante.

5.2 Classe de Exatidão dos Medidores de Água do PISF

Considerando as informações apresentadas no item anterior e levando em conta os tipos e modelos de medidores de água já definidos e detalhados no Capítulo 4 deste guia, é possível estabelecer que os sistemas de medição de água bruta do PISF devem ser projetados, instalados e calibrados para operar dentro das classes de exatidão conforme especificado na Tabela 6 a seguir:

Tabela 6. Classe de exatidão dos sistemas de medição de água bruta do PISF.

Tipo de medição	Classe de exatidão
Medição da água recalcada nas estações de bombeamento	1
Medição da água transferida nas tomadas de água para uso difuso (TUDs)	1
Medição de água para os Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas (totalização do volume via medidor)	2

No caso da medição da água armazenada nos reservatórios e da água transportada nos canais, de fato, não se aplica o conceito de classe de exatidão pois, a princípio, não serão utilizados medidores de vazão e sim sistemas de quantificação de volumes que se baseiam na medição do nível da água no ponto de medição para, indiretamente, determinar o volume (curvas CAV no caso dos reservatórios) ou a vazão de água (curvas chaves no caso dos canais).

Da mesma forma, não há como definir classe de exatidão na quantificação por estimativa dos volumes de água consumida pelos Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas.

5.3 Incerteza Máxima de Operação dos Sistemas de Medição

Os sistemas de medição de água bruta do PISF deveriam ser projetados, instalados e calibrados para fornecer resultados com incertezas expandidas de medida compatíveis com a aplicação, considerando as tecnologias de medição disponíveis e as condições de operação presentes nas diferentes infraestruturas do sistema. Dessa forma, deveriam ser atendidas as seguintes condições:

- Nas estações de bombeamento (EBIs e EBVs), os sistemas de medição de vazão e totalização de volume de água bruta deveriam ser capazes de operar fornecendo resultados com incertezas expandidas de medida de no máximo 3,0 % dos volumes medidos considerando um nível da confiança de aproximadamente 95 %.
- Nas tomadas de água para uso difuso (TUDs), os sistemas de medição de vazão e totalização de volume de água bruta deveriam ser capazes de operar fornecendo resultados com incertezas expandidas de

medida de no máximo 2,5 % dos volumes medidos considerando um nível da confiança de aproximadamente 95 %.

Esses níveis de incerteza de medida definidos pressupõem que a calibração de um sistema de medição por intermédio da técnica de pitometria já contribui com uma fonte de incerteza da ordem de 2,0 %, a depender das condições de medição. Os fundamentos para esses níveis de incerteza nas medições de água realizadas nas estações de bombeamento e nas tomadas de água para uso difuso são explicitados com mais detalhes, respectivamente, nos itens 4.2.1 e 4.2.2 deste guia.

Os medidores, dispositivos adicionais ou auxiliares e os instrumentos de medição associados ao sistema de medição deveriam ser selecionados, instalados, mantidos e operados para que o valor medido esteja na faixa de medição e sua exatidão seja compatível com as características metrológicas especificadas neste guia.

Em relação à medição da água armazenada nos reservatórios e à medição da água transportada nos canais do PISF, considera-se que os resultados dessas medições se aplicam efetivamente ao controle operacional e gerenciamento do sistema e, dessa forma, poderiam ser toleradas incertezas de medida maiores. Não obstante, deveriam ser definidas as seguintes condições:

- Nos reservatórios, os sistemas de medição e monitoramento dos volumes de água bruta armazenada deveriam ser capazes de operar fornecendo resultados com incertezas expandidas de medida de no máximo 25 % dos volumes medidos considerando um nível da confiança de aproximadamente 95 %.
- Nos canais, os sistemas de medição e monitoramento dos volumes de água bruta transportada deveriam ser capazes de operar fornecendo resultados com incertezas expandidas de medida de no máximo 15% dos volumes medidos considerando um nível da confiança de aproximadamente 95 %.

No caso dos Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas nos trechos do PISF em seu respectivo Estado, as Operadoras Estaduais deveriam estabelecer, em seus respectivos Planos Operativos Anuais, as vazões a serem alocadas anualmente a esses consumidores.

Conforme abordado no item 4.5 deste guia, o Art. 22 da Resolução ANA Nº 2.333, de 27 de dezembro de 2017, estabelece que é responsabilidade da Operadora Federal a medição ou estimativa das vazões de água captadas pelos Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas. Ainda, conforme o Art. 34 da Resolução, o consumo de água pelos Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas será determinado adotando-se os seguintes critérios:

- I – para usuários com vazão total máxima de captação de até 2,5 L/s: por meio de leitura em equipamento de medição em intervalos de aproximadamente 30 dias ou por estimativa tecnicamente justificada, utilizando critérios hidráulicos que permitam o cálculo das vazões entregues;
- II – para usuários com vazão total máxima superior a 2,5 L/s: por meio de leitura em equipamento de medição, em intervalos de aproximadamente 30 dias.

No caso I, referente aos usuários com vazão total máxima de captação de até 2,5 L/s, a Resolução permite que os volumes de água demandados por cada um desses consumidores seja medido ou estimado.

Com base nas boas práticas de medição de vazão de água e nas tecnologias de medição aplicáveis à medição de água bruta atualmente disponíveis comercialmente, é possível indicar que, nos casos em que houver a possibilidade de instalação de um equipamento de medição, as incertezas de medida associadas aos volumes medidos podem ser de até 5 % dos volumes medidos com um nível da confiança de aproximadamente 95 %. De fato, existem no mercado tecnologias de medição que podem atender a esse tipo de aplicação, sendo que os desempenhos metrológico e operacional dos medidores tendem a ser diretamente dependentes dos custos de cada solução. O processo de atingimento desse objetivo poderia

ser definido pela ANA para ocorrer progressivamente ao longo de um período de tempo adequado com metas graduais de 10,0 %, 7,5 % e, finalmente, 5,0 %.

Por outro lado, no caso dos usuários com vazão total máxima de captação de até 2,5 L/s e onde os volumes consumidos tiverem que ser estimados, as incertezas associadas aos volumes totalizados de água tendem a ser expressivamente maiores, da ordem de até 25 % dos volumes estimados. Ressalta-se que, neste caso, o nível de incerteza será dependente da metodologia aplicada na estimativa dos volumes de água.

Tais técnicas podem ser baseadas, por exemplo, na multiplicação da vazão teórica dada pela curva da bomba hidráulica pelo tempo de operação da máquina totalizado por meio de um horímetro; ou, nos casos de captação de água por sifonamento, a vazão poderia ser estimada por meio de cálculos que levem em consideração os parâmetros hidráulicos envolvidos como tipo, diâmetro e comprimento do conduto, desnível entre a captação e a descarga, entre outros.

A Tabela 7 a seguir resume os tipos de medição previstas no PISF e os valores limite para as incertezas de medida esperados na totalização dos volumes de água bruta medida.

Tabela 7. Tipos de medição previstas no PISF e os valores limite para as incertezas de medida.

Tipo de medição	Incerteza expandida máxima associada ao volume totalizado de água (%)
Medição da água recalcada nas estações de bombeamento	3,0
Medição da água transferida nas tomadas de água para uso difuso (TUDs)	3,0
Medição da água armazenada nos reservatórios	25
Medição de água transportada nos canais	15
Medição de água para os Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas (via medidor)	Gradual: 10; 7,5 e 5,0
Medição de água para os Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas (via estimativa)	25

É importante ressaltar que os valores de incerteza de medida constantes da Tabela 6 são iniciais, e foram definidos em função da conjuntura existente à época da elaboração desta versão do guia. Portanto, a ANA poderá, a qualquer tempo, analisar e avaliar o desempenho histórico dos diferentes sistemas de medição e estabelecer novos limites, gerais ou específicos, para as incertezas de medida a serem atendidas no âmbito das medições de água realizadas no contexto do PISF.

Vale ressaltar que o parâmetro incerteza de medida em essência representa a confiabilidade metrológica atribuída ao resultado de uma medição e decorre de um conjunto de fatores que influenciam a qualidade da medição como a tecnologia de medição utilizada, as características e condições do processo medido, os procedimentos de medição aplicados, a competência técnica do pessoal envolvido entre outros. Assim, um valor reduzido de incerteza de medida tende a refletir uma alta confiabilidade atribuível aos resultados da medição; por outro lado, um valor elevado de incerteza de medida normalmente significa uma baixa confiabilidade do processo metrológico e, conseqüentemente, um risco elevado aos que irão utilizar ou ser impactados pelos resultados da medição. Daí resulta a importância de se buscar, sempre que possível, avaliar as circunstâncias, os riscos e as oportunidades para a definição dos limites de incertezas de medida mais adequadas a cada aplicação.

5.4 Metodologias de Cálculo para a Totalização dos Volumes

De acordo com o item 5.3 deste guia, antes da implementação de um novo sistema de medição ou da modificação de um sistema já existente, é importante que a Operadora Federal elabore um projeto do sistema de medição e reúna evidências que demonstrem que este atende às orientações deste guia, às regulamentações da ANA e às demais normas técnicas existentes e aplicáveis.

O projeto e os demais documentos pertinentes do sistema de medição deveriam ser enviados previamente à ANA para apreciação antes de sua implementação. Dentre os documentos deveria constar um manual de operação do sistema de medição contendo uma descrição dos procedimentos de medição e cálculo dos volumes totalizados medidos. Nos pontos onde ocorrer o controle da qualidade da água, os documentos deveriam incluir os procedimentos de amostragem, análise e determinação de características e propriedades da água bruta.

Nos sistemas de medição de vazão das estações de bombeamento, das TUDs, dos reservatórios e dos canais, a metodologia de cálculo para a totalização dos volumes de água medidos pelo sistema de medição deveria considerar a integração automática, ao longo do período de medição, das vazões instantâneas de água indicadas pelo mesmo e corrigidas de acordo com os fatores de correção determinados na sua última calibração. Dessa forma, durante a fase de operação, um sistema de medição deveria possibilitar a emissão periódica de um relatório de medição, com o registro de todos os valores medidos, todos os cálculos efetuados, incluindo os parâmetros e fatores utilizados, para determinação do volume da água medida ao longo de um período de medição.

Nos sistemas de medição de água bruta das estações de bombeamento, TUDs e pontos de entrega para pequenos usuários a vazão, embora normalmente constante, é iniciada ou interrompida de forma relativamente rápida, conforme o acionamento ou parada das motobombas ou abertura ou fechamento das válvulas, sendo assim importante que a vazão instantânea seja medida apenas durante o período de escoamento visando a totalização dos volumes escoados.

Por outro lado, nas medições realizadas nos canais, vertedores e reservatórios, qualquer eventual variação da vazão ou do nível da água tende a ocorrer lentamente, permitindo que a medição da vazão instantânea seja realizada em intervalos de tempo maiores. Nesse sentido, em qualquer das aplicações, os intervalos de tempo mínimo e máximo de medição da vazão pelos equipamentos deverão ser adequados ao comportamento da vazão no ponto de medição de modo que o volume totalizado de água medido efetivamente represente com exatidão o montante de água escoado pelo medidor.

No caso dos Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas, os volumes de água serão totalizados pelo equipamento de medição ou estimadas por meio de metodologia baseada critérios hidráulicos aceita pela ANA e que permitam o cálculo das vazões entregues. Os volumes serão lidos ou estimados mensalmente.

5.5 Estimativa da Incerteza na Totalização dos Volumes

O ABNT ISO/IEC Guia 99 (VIM) define o termo incerteza de medida como o “parâmetro não negativo que caracteriza a dispersão dos valores atribuídos a um mensurando, com base nas informações utilizadas”.

Incertezas de medida podem provir de várias fontes: da própria definição do mensurando que é a grandeza que se pretende medir, do objeto ou modelo físico da medição, do modelo matemático que procura representar o modelo físico, dos instrumentos de medição utilizados, do ambiente em que a medição está sendo realizada, do procedimento de medição utilizado, do desempenho do operador, além de outras origens. Cada uma dessas fontes de incerteza contribui, em maior ou menor grau, para a incerteza final associada ao resultado da medição.

Os valores atribuídos a cada uma dessas fontes de incerteza podem ser calculados com base na análise estatística de um conjunto de medidas ou utilizando outros tipos de informação disponíveis sobre o processo

de medição como certificados de calibração e manuais técnicos dos instrumentos utilizados, normas, livros, artigos e relatórios técnicos, informações de especialistas e outras.

Durante a fase de instalação do projeto de um sistema de medição de água bruta, dentre outros documentos, deveria ser apresentado à ANA um memorial de cálculo das incertezas de medida estimadas para os volumes de água medidos no ponto onde o sistema de medição será instalado, destacando as incertezas previstas para as faixas limites de vazão (vazões mínima e máxima).

A metodologia de análise das fontes de incerteza de medida e os procedimentos de cálculo e consolidação dessas incertezas deveriam ser baseados nas diretrizes do guia ISO GUM¹³ e da norma ABNT NBR ISO 5168¹⁴.

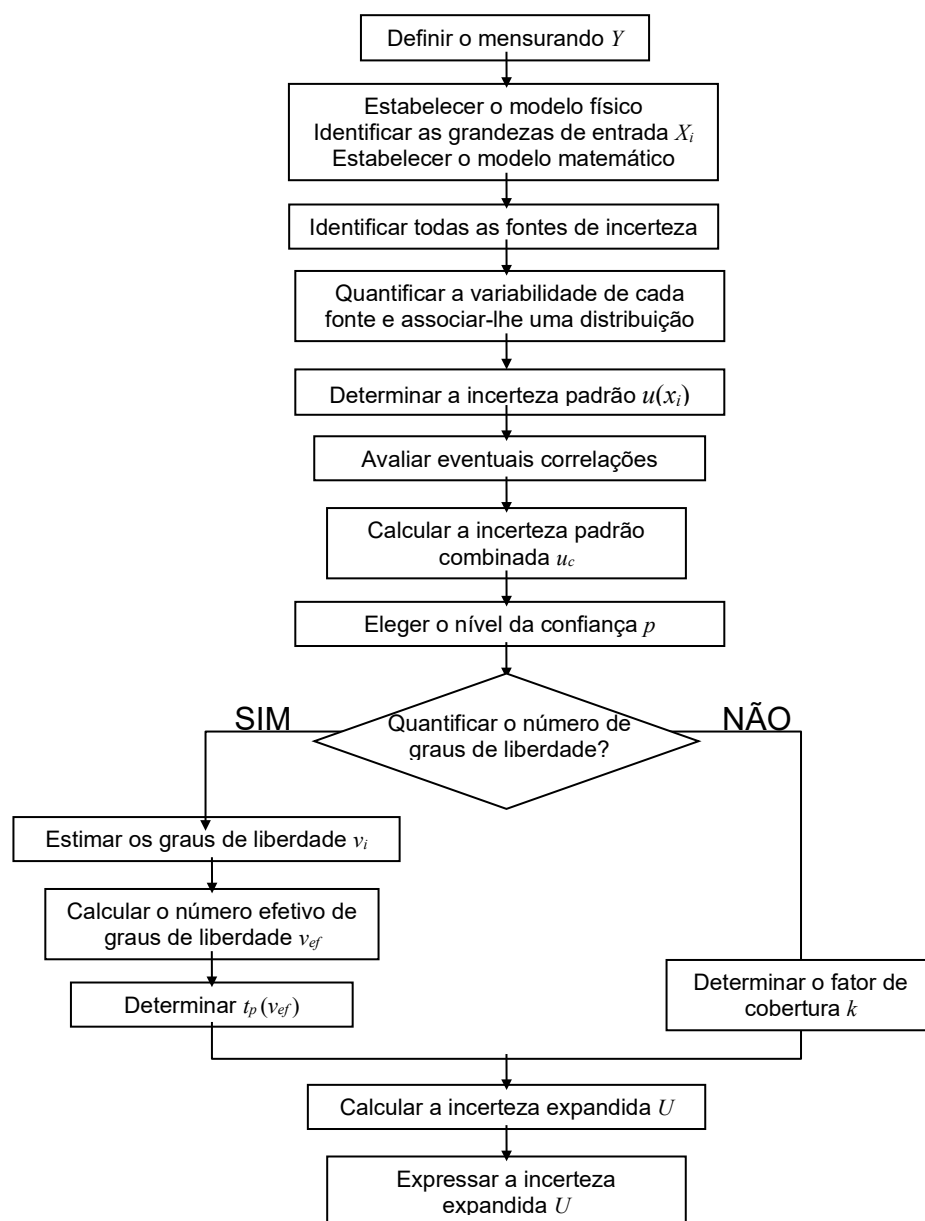
Conforme as diretrizes dessas referências técnicas, os passos principais para avaliar a incerteza de medida associada ao resultado de uma medição são os seguintes:

1. Definir claramente a grandeza que se pretende medir ou seja, o mensurando Y (por exemplo, o volume totalizado de água bruta ao longo de um período definido de tempo).
2. Estabelecer o modelo físico da medição e identificar as grandezas de entrada X_i que serão necessárias para se produzir o resultado desejado (por exemplo, vazão instantânea, intervalo de tempo, etc.). Determinar o modelo matemático $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$ que represente o modelo físico da medição.
3. Realizar as medições das grandezas de entrada X_i .
4. Calcular o resultado da medição, incluindo qualquer correção necessária sobre o valor indicado por um instrumento de medição de uma grandeza de entrada X_i decorrente da sua calibração.
5. Identificar todas as possíveis fontes de incerteza relacionadas às grandezas de entrada X_i e fatores de influência da medição.
6. Quantificar os valores das principais fontes de incerteza associadas ao valor de cada grandeza de entrada e fator de influência que contribui para o resultado do mensurando e associar-lhe uma distribuição de probabilidades (por exemplo, Gaussiana, retangular ou triangular).
7. Transformar todas as incertezas levantadas (as quais podem estar expressas como incertezas expandidas) em termos similares, ou seja, na forma de incertezas padrão ou padronizadas $u(x_i)$.
8. Avaliar se as incertezas associadas às grandezas de entrada são independentes umas das outras ou se pode haver alguma correlação entre algumas dessas variáveis.
9. Combinar as incertezas padrão $u(x_i)$ determinadas, considerando os respectivos coeficientes de sensibilidade c_i .
10. Determinar a incerteza padrão combinada $u_c(y)$ associada ao valor y do mensurando considerando todas as grandezas de entrada e de influência determinados anteriormente.
11. Calcular a incerteza expandida U associada ao valor y do mensurando em termos de um fator de abrangência k definido para um nível da confiança p especificado (por exemplo, de 95 %).
12. Declarar o resultado da medição e a sua incerteza expandida associada.

O diagrama da Figura 22, a seguir, ilustra esquematicamente o processo para a estimativa de incertezas em medições de acordo com a metodologia definida no ISO GUM e na norma ABNT NBR ISO 5168.

¹³ Avaliação de dados de medição: Guia para a expressão de incerteza de medição – GUM 2008. Duque de Caxias, RJ: INMETRO/CICMA/SEPIN, 2012 141 p. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/gum_final.pdf

¹⁴ ABNT NBR ISO 5168:2015 Medição de vazão de fluidos - Procedimento para avaliação de incertezas. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=349047>



Fonte: IPT

Figura 22. Esquema do processo para a estimativa de incertezas em medições de acordo com a metodologia definida no ISO GUM e na norma ABNT NBR ISO 5168.

Os resultados das estimativas de incerteza associadas aos valores de volume totalizado de água bruta pelos sistemas de medição do PISF deveriam atender aos limites máximos definidos na Tabela 6 deste guia.

Os cálculos das incertezas de medição deveriam ser atualizados após cada calibração de um sistema ou instrumento de medição ou sempre que ocorrer uma alteração significativa na sua composição ou nas condições de medição.

Caso o requisito de incerteza máxima não seja cumprido, os responsáveis pela operação do sistema de medição deveriam, primeiro, informar imediatamente à ANA do fato e, na sequência, proceder à análise das causas visando identificar o fator gerador dessa desconformidade. Com os resultados dessa análise, os responsáveis pela operação do sistema de medição deveriam definir as correções e ações corretivas

a serem implementadas de acordo com um plano de ações que deveria ser submetido e aprovado pela Agência.

Os resultados das correções e ações corretivas implementadas deveriam mostrar que foram eficazes na solução do problema, devendo todo o processo ser evidenciado, na extensão e profundidade adequada, por meio de documentos e registros organizados e mantidos em meio seguro.

5.6 Métodos de Calibração dos Medidores de Vazão

Via de regra, os instrumentos de medição são projetados, construídos, instalados e operados de forma a proporcionar resultados das grandezas medidas com exatidão e confiabilidade. No entanto, o que se verifica na prática é que os instrumentos de medição podem, muitas vezes, fornecer resultados de medição que não traduzem efetivamente o comportamento da grandeza medida, seja em termos quantitativos quanto qualitativos. Assim, não raramente, em sua operação, os sistemas de medição apresentam erros de medida significativos que, se não corrigidos, impactam no resultado das quantidades medidas ou na eficácia dos processos controlados.

Decorrentes de suas limitações construtivas ou de ajustes ou configurações inadequadas, os sistemas de medição podem, também, não serem capazes de medir no intervalo de medição requerido ou mesmo não serem sensíveis às variações inerentes da grandeza medida, comprometendo sobremaneira o processo metrológico.

Para assegurar que um instrumento ou sistema de medição esteja efetivamente apresentando um desempenho metrológico apropriado, é prática comum a realização da sua calibração em intervalos preestabelecidos ou sempre que julgado necessário.

De acordo com a norma ABNT ISO/IEC Guia 99, calibração é a operação que estabelece, sob condições especificadas, em uma primeira etapa, uma relação entre os valores e as incertezas de medição fornecidos por padrões e as indicações correspondentes com as incertezas associadas; em uma segunda etapa, utiliza esta informação para estabelecer uma relação visando a obtenção de um resultado de medição a partir de uma indicação.

No caso dos medidores de vazão de água, é usual a calibração do instrumento ou sistema de medição por meio do método comparativo direto do mensurando (vazão volumétrica ou volume totalizado de água) sob medição, conforme a própria definição do termo, ou seja, mediante o estabelecimento de uma relação entre os valores e as incertezas de medida fornecidos por padrões e as indicações correspondentes do medidor com as incertezas associadas.

Sempre que possível, as calibrações dos medidores de vazão são realizadas em laboratórios que possuem bancadas de calibração específicas para esse fim, além de condições de calibração mais controladas, o que permite a obtenção de resultados de calibração tipicamente com incertezas menores. Além disso, em um laboratório, é possível estabelecer diferentes vazões de calibração, possibilitando, se necessário, a construção de uma chamada “curva de calibração” com vários pontos de comparação ao longo da faixa de operação do medidor, o que normalmente não é possível nas calibrações em campo.

No entanto, os medidores de vazão de água bruta utilizados no PISF são em sua grande maioria equipamentos de grandes dimensões ou para condutos de grande diâmetro, fato que dificulta a sua retirada do local de operação e o seu envio a um laboratório de calibração. De fato, no caso dos medidores ultrassônicos de vazão instalados nas tubulações de recalque das estações de bombeamento, os sistemas de medição de água são conjuntos formados pelos transdutores de velocidade fixados em conexões especiais soldadas nas paredes dos condutos, pelos próprios trechos retos de tubulação adjacentes às seções de medição, os transmissores de vazão e os sistemas de processamento dos dados das medições. A retirada desses conjuntos para envio a um laboratório de calibração é impraticável.

Nesse sentido, é senso comum que, no caso dos medidores de vazão do PISF, apesar das incertezas de calibração resultantes serem maiores, a calibração deveria ser realizada preferencialmente em campo, sem a necessidade de remoção do sistema de medição de seu local original e, especialmente, nas suas condições de operação reais.

Como premissas fundamentais, o método de calibração a ser utilizado nas calibrações dos medidores de vazão de água em campo deveria ser confiável, proporcionar medidas de vazão rastreáveis com transferibilidade de aplicação comprovada e, também, ser totalmente auditável. Ou seja, o método deveria ser capaz de fornecer medidas de vazão com incertezas compatíveis à aplicação, os resultados das medições deveriam ser relacionados a padrões de medida reconhecidos e deveriam evidenciar ser válidos tanto nas condições de calibração do padrão em laboratório quanto nas de sua utilização em campo, e deveria, sempre que possível, ser baseado em um princípio físico fundamental validado.

Das técnicas de calibração disponíveis, a que mais tem se mostrado adequado às necessidades de medição de vazão em condutos de grandes diâmetros é a técnica de pitometria que se baseia na medição de vazão por meio do mapeamento do perfil de velocidades do escoamento através da seção de medição utilizando sondas do tipo Pitot Cole e transmissores de pressão diferencial. Nos últimos 20 anos, essa técnica de calibração por pitometria tem sido cada vez mais utilizada pelas concessionárias de distribuição de água do Brasil na calibração de seus macromedidores de água. Os fundamentos e detalhes da técnica de pitometria encontram-se descritos no *Manual orientativo para calibração de macromedidores de vazão de água por meio da técnica de pitometria*, documento técnico elaborado pelo IPT e publicado pela ANA.

Outras técnicas de calibração, por vezes utilizadas na calibração de medidores de vazão em condutos de grandes dimensões, a exemplo do medidor ultrassônico por tempo de trânsito do tipo *clamp-on* têm sido, por vezes, utilizadas como alternativas à pitometria. Porém, é importante considerar que esta técnica ultrassônica é altamente dependente da citada transferibilidade dos resultados da calibração do medidor de vazão em laboratório em relação às condições de sua utilização em campo. O medidor ultrassônico por tempo de trânsito é um medidor que amostra a velocidade média do escoamento através de uma trajetória específica dos pulsos ultrassônicos (ver Figura 9), não sendo capaz de detectar e distinguir eventuais assimetrias presentes no perfil de velocidades ao longo desse percurso. Assim, os resultados de uma medição com esse medidor somente seriam válidos se, de fato, as condições do escoamento em campo fossem idênticas às condições presentes na sua calibração em laboratório, situação em que poderia ocorrer a dita transferibilidade dos resultados.

Deveriam ser emitidos certificados de calibração de todos os instrumentos de medição críticos utilizados nos sistemas de medição de água bruta do PISF. Os relatórios deveriam incluir informações para evidenciar a rastreabilidade das medidas dos instrumentos e sistemas de calibração utilizados aos padrões de medida de laboratórios de calibração acreditados pela Cgcre-Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro.

No caso da constatação da necessidade de realização de ajustes nos sistemas ou instrumentos de medição, os resultados das calibrações anterior e posterior ao ajuste deveriam constar do certificado de calibração.

Os resultados da calibração de um medidor ou sistema de medição, normalmente na forma de fatores de desempenho metrológico (tendência ou erro de medida, fator de correção, fator do medidor, equação de ajuste etc.), deveriam ser implementados na configuração do medidor ou sistema de medição imediatamente após a realização da calibração, ou antes da sua entrada em operação.

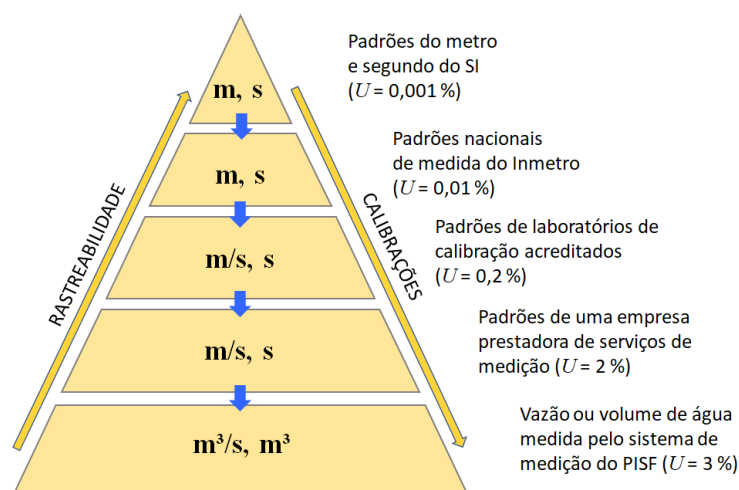
As calibrações dos sistemas e instrumentos de medição deveriam ser executadas por conta e risco do agente regulado, sempre que possível, por meio da utilização de provedores de serviços de calibração de medidores de vazão de água acreditados pela Cgcre do Inmetro.

5.7 Rastreabilidade das Medidas

A fim de garantir a confiabilidade e a transparência dos volumes de água bruta medidos pelos sistemas de medição do PISF, é importante evidenciar a rastreabilidade metrológica das medidas realizadas.

De acordo com a norma ABNT ISO/IEC Guia 99, a rastreabilidade metrológica é a “propriedade de um resultado de medição pela qual tal resultado pode ser relacionado a uma referência através de uma cadeia ininterrupta e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição”. Ou seja, significa, por exemplo, que a vazão (m^3/s) ou o volume (m^3) de água medido pelo sistema de medição do tipo ultrassônico instalado no duto de recalque de uma estação de bombeamento do PISF está relacionado aos padrões de medida de comprimento (metro) e de tempo (segundo) do SI-Sistema Internacional de Unidades por intermédio de uma cadeia contínua e documentada de calibrações, cada uma contribuindo para a incerteza de medição final associada à vazão ou ao volume de água medido. Uma eventual lacuna em qualquer ponto dessa cadeia pode impactar na confiabilidade das medidas uma vez que não é mais possível evidenciar a referida rastreabilidade das medidas às referências reconhecidas.

A Figura 23 ilustra esquematicamente essa cadeia de rastreabilidade metrológica.



Fonte: IPT

Figura 23. Exemplo de cadeia de rastreabilidade da vazão ou do volume de água medido por um sistema de medição do PISF.

Como se observa na Figura 23, as incertezas associadas aos resultados das medidas realizadas ao longo da cadeia de rastreabilidade tendem a ir aumentando, como resultado da natural redução da confiabilidade das medições provocada, entre outros fatores, pela substituição dos padrões primários e de referência por padrões de trabalho e instrumentos de medição comum, além da alteração das circunstâncias de medição que passam das condições laboratoriais controladas e estáveis para as condições reais de campo.

No caso das medições de vazão ou de volume de água bruta realizadas no PISF, é importante que as calibrações dos sistemas de medição sejam realizadas por organismo de avaliação da conformidade devidamente acreditado pela Cgcre do Inmetro, para o tipo de serviço específico (calibração, nas instalações do cliente, de medidor de vazão volumétrica de água ou totalizador de volume de água) e na faixa de medição dos sistemas a serem calibrados.

A acreditação concedida pela Cgcre, por meio de um processo formal e documentado de acreditação, evidencia que o organismo acreditado assegura, além da competência técnica no serviço em questão, a rastreabilidade metrológica das medições que realiza, uma vez que seus equipamentos de medição atendem às condições estabelecidas no item 6.4.6 da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025¹⁵, pois são calibrados por outros laboratórios, também acreditados, e que demonstram competência, capacidade de medição e rastreabilidade metrológica para a calibração específica fornecida.

5.8 Periodicidade de Calibração dos Sistemas de Medição e Instrumentos de Medição

Os componentes de um sistema de medição podem se deteriorar ao longo do tempo, a depender de diferentes fatores como taxa e condições de utilização, submissão a ciclos constantes de calor e frio decorrentes das condições ambientais, oxidação de componentes, sobrecarga de circuitos eletrônicos etc. Assim, para manter a confiabilidade das medições realizadas pelos sistemas de medição, além de uma manutenção adequada, é necessária sua recalibração periódica.

Os instrumentos ou sistemas de medição de água e instrumentos associados deveriam ser calibrados conforme periodicidade definida na Tabela 8 para cada aplicação e seguindo os requisitos determinados neste guia.

Considerando as Notas 1 e 2 da Tabela 8 e as condições definidas abaixo é a ANA quem tem a responsabilidade de avaliar e definir a periodicidade das calibrações. Trata-se de uma questão de analisar os riscos de medições incorretas e as oportunidades de economia de custos.

Tabela 8. Periodicidade de calibração dos sistemas e instrumentos de medição do PISF.

Instrumento de Medição	Periodicidade de recalibração (meses)
Medidor de vazão do tipo ultrassônico de estação de bombeamento	12
Medidor de vazão do tipo eletromagnético de TUD	12
Medidor de vazão do tipo ultrassônico de TUD	12
Medidor de vazão de outras tecnologias	12
Sistemas automático de medição de nível	24
Transmissor de pressão eletrônico	12
Manômetro analógico	12
Transmissor de temperatura eletrônico	12
Trenas	36
Medidor de qualidade da água	12

NOTA 1: As periodicidades de calibração apresentadas na tabela acima podem ser estendidas ou reduzidas em função de autorização ou determinação prévias da ANA, baseada em relatórios do histórico de calibrações de cada instrumento ou sistema de medição.

NOTA 2: Os sistemas de medição devem atender as periodicidades de calibração apresentadas pelo Operador Federal do PISF, em um plano de calibrações previamente aprovado pela ANA.

A flexibilização nos prazos é possível, mas deveria ser baseada na comprovação da confiabilidade e da estabilidade do sistema de medição específico. Nesse sentido, os instrumentos ou sistemas de medição de água e instrumentos associados poderiam ter suas periodicidades de calibração estendidas, após aprovação da ANA, seguindo os critérios a seguir especificados:

- Cada solicitação seria válida somente para um único medidor, utilizado em um mesmo ponto de medição do sistema do PISF;

¹⁵ ABNT NBR ISO/IEC 17025 *Requisitos gerais para a competência de laboratórios de ensaio e calibração*, 2017.

- b) Deveriam constar do documento de solicitação informações técnicas pertinentes do medidor incluindo o número de série do instrumento, tipo de instrumento, fabricante, modelo, faixa de trabalho e a identificação do medidor em um diagrama esquemático do ponto de medição;
- c) Deveria ser indicado o método cientificamente fundamentado e reconhecido utilizado para a avaliação do comportamento do desempenho metrológico do instrumento ao longo do tempo;
- d) Deveriam ser encaminhadas cópias dos certificados de calibração, planilhas de cálculo e outros documentos utilizados na avaliação;
- e) Deveria ser fornecido o relatório de avaliação da periodicidade de calibração, contendo a aplicabilidade e limitações do método utilizado, os resultados e conclusões específicos do instrumento objeto da avaliação, além de uma análise dos riscos envolvidos na extensão da periodicidade de calibração do medidor;
- f) Deveria ser indicada pelo responsável pelo sistema de medição a extensão da periodicidade de calibração sugerida, com base na análise realizada.

Para os instrumentos de medição cuja extensão da periodicidade de calibração tenha sido autorizada pela ANA, caberá ao agente regulado monitorar a sua operação e adotar as medidas cabíveis, caso a nova periodicidade de calibração não seja suficiente para a manutenção da incerteza e classe de exatidão das medidas exigidas pela Regulamentação para a aplicação correspondente.

Caso as condições de operação do instrumento de medição, nas quais foi elaborado o relatório de avaliação da extensão da periodicidade de calibração, sejam consideravelmente alteradas, a periodicidade de calibração do instrumento deve retornar ao prazo definido na Tabela 7.

A ANA poderá suspender a autorização de extensão de prazo de calibração ou mesmo reduzi-lo, caso seja verificado o não cumprimento dos níveis de incerteza e classe de exatidão exigidos pela Regulamentação.

5.9 Inspeções dos Sistemas de Medição

De acordo com o VIML 2013¹⁶ a inspeção é um termo relativo à avaliação da conformidade que, por sua vez, é a demonstração de que os requisitos especificados relativos a um produto, processo, sistema, pessoa ou organismo são atendidos.

Assim, o Vocabulário define que a inspeção é um exame de um projeto de produto, produto, processo ou instalação e determinação da sua conformidade com requisitos específicos ou, com base no julgamento profissional, com requisitos gerais.

No caso específico do PISF, a inspeção de um instrumento ou sistema de medição utilizado na medição de água bruta para fins de medição fiscal (captação de água do rio São Francisco), de transferência de custódia (entrega de água às Operadoras Estaduais) ou entrega ao consumidor final, deveria ser o seu exame técnico para constatar, entre outros, os seguintes itens:

- se o instrumento ou sistema de medição encontra-se em condições físicas e operacionais adequadas à sua aplicação;

¹⁶ Vocabulário Internacional de Termos de Metrologia Legal (VIML) a que se refere a Portaria Inmetro N° 150, de 29 de março de 2016.

- se o certificado de calibração é válido, ou seja, emitido de acordo com o plano de calibrações aprovado pela ANA e por organismo de avaliação da conformidade acreditado pela Cgcre;
- se nenhum lacre ou marca de selagem aplicado no instrumento ou sistema de medição apresenta indícios de dano ou adulteração;
- se, após a sua calibração, o instrumento ou sistema de medição não sofreu intervenções ou modificações evidentes;
- se os erros de medida fornecidos pelo instrumento ou sistema de medição não ultrapassam os erros máximos admissíveis em serviço.

A responsabilidade pela realização das inspeções dos instrumentos ou sistemas de medição é do Operador Federal do PISF, o qual poderá subcontratar, mediante contrato formalmente legalizado e constituído, o serviço de provedor externo, desde que reconhecidamente especializado, competente, e aprovado pela ANA.

Após uma inspeção de um instrumento ou sistema de medição, deveria ser emitido e encaminhado para a ANA um relatório de inspeção com todas as informações, dados e evidências necessárias e suficientes para assegurar que o item inspecionado continua a atender aos requisitos operacionais, de confiabilidade metrológica e de segurança definidos pela Agência.

A título de exemplo e orientação, no Anexo B deste guia, são apresentados tópicos importantes que deveriam ser abordados nas inspeções dos sistemas de medição de água bruta do PISF.

O relatório deve conter, de forma estruturada e clara, as informações, dados, fatos e evidências objetivas levantadas durante a inspeção. O modelo do relatório de inspeção deveria ser elaborado e submetido previamente à aprovação da ANA.

No PISF, os instrumentos ou sistemas de medição de água e instrumentos de medição associados deveriam ser inspecionados conforme periodicidade definida na Tabela 9 para cada aplicação.

Tabela 9. Periodicidade de inspeção dos sistemas e instrumentos de medição do PISF.

Instrumento de Medição	Periodicidade de inspeção (meses)
Medidor de vazão do tipo ultrassônico de estação de bombeamento	12
Medidor de vazão do tipo eletromagnético de TUD	12
Medidor de vazão do tipo ultrassônico de TUD	12
Medidor de vazão de outras tecnologias	12
Sistemas automático de medição de nível	24
Transmissor de pressão eletrônico	12
Manômetro analógico	12
Transmissor de temperatura eletrônico	12
Trenas	36
Medidor de qualidade da água	12

NOTA 1: As periodicidades de inspeção apresentadas na tabela acima poderiam ser estendidas ou reduzidas em função de autorização ou determinação prévias da ANA, baseada em relatórios do histórico de inspeções que atendam aos requisitos de cada sistema ou instrumento de medição.

NOTA 2: Os sistemas de medição devem atender as periodicidades de inspeção apresentadas pelo Operador Federal do PISF, em um plano de inspeções aprovado pela ANA.

As inspeções dos instrumentos ou sistemas de medição devem ser executadas por conta e risco do agente regulado.

Considerando as Notas 1 e 2 acima e as condições definidas abaixo é a ANA quem tem a responsabilidade de avaliar e definir a periodicidade das inspeções. Trata-se de uma questão de analisar os riscos de medições incorretas e as oportunidades de economia de custos.

A flexibilização nos prazos é possível, mas deveria ser baseada na comprovação da confiabilidade e da estabilidade do sistema de medição específico.

5.10 Auditoria Metrológica Independente do Sistema de Gestão da Medição

No item 5.1 deste guia, é definido que, com a finalidade de assegurar a eficácia e a adequação dos sistemas de medição ao uso pretendido, além de gerenciar o risco de resultados de medições incorretas, a Operador Federal do PISF deveria desenvolver e aplicar um sistema de gestão da medição específico para o empreendimento. Para a implementação de tal sistema, deveriam ser preferencialmente seguidas as diretrizes da norma ABNT NBR ISO 10012. Essa norma especifica requisitos gerais e fornece orientações para a gestão de processos de medição e comprovação metrológica de equipamentos de medição utilizados para dar suporte e demonstrar conformidade com requisitos metrológicos.

Um dos métodos mais eficazes e utilizados para se comprovar que um sistema de gestão da medição é mantido e operado em condições adequadas de funcionamento para efetuar a medição, dentro de premissas de utilização adequadas, atendendo às exigências técnicas e metrológicas pertinentes é a sua avaliação periódica por meio de uma auditoria técnica independente.

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 19011:2018¹⁷ o termo auditoria significa um processo sistemático, independente e documentado para obter evidências claras e avaliá-la objetivamente, para determinar a extensão na qual os critérios de auditoria são atendidos.

As auditorias internas, algumas vezes chamadas de auditorias de primeira parte, são conduzidas pela própria organização, ou em seu nome. Embora aparentemente mais fáceis de viabilizar, os principais desafios de uma auditoria interna são, obviamente, garantir a sua abrangência, profundidade e imparcialidade.

Por sua vez, as auditorias externas incluem aquelas geralmente chamadas de auditorias de segunda e terceira partes. Auditorias de segunda parte são conduzidas por partes que têm um interesse na organização, como clientes, ou por outras pessoas em seu nome. Já, auditorias de terceira parte são conduzidas por organizações de auditoria independentes, como aquelas que fornecerem certificação/registro de conformidade, ou por agências governamentais.

No desenvolvimento de suas atividades de operação do serviço de adução de água bruta do PISF o Operador Federal deveria identificar e selecionar oportunidades para melhoria e implementar as ações necessárias. As oportunidades de melhoria podem ser identificadas por meio do uso de diferentes técnicas e ferramentas, sendo uma das mais eficazes as auditorias independentes. Nesse sentido, o Operador Federal do PISF deveria conduzir auditorias a intervalos planejados para prover informações sobre se o sistema de gestão:

- a) está conforme com os requisitos da própria organização para o seu sistema de gestão da medição nas atividades de captação, bombeamento, transporte, reservação e entrega de água;
- b) está conforme as regulamentações da ANA;
- c) está implementado e mantido eficazmente.

Mais especificamente, o Operador Federal do PISF deveria:

¹⁷ ABNT NBR ISO 19011 *Diretrizes para auditoria de sistemas de gestão*, 2018.

- a) planejar, estabelecer, implementar e manter um programa de auditoria, incluindo a frequência, métodos, responsabilidades, requisitos para planejar e o relato, que deve levar em consideração a importância das suas atividades concernentes, mudanças que afetam a organização e os resultados de auditorias anteriores;
- b) definir os critérios de auditoria e o escopo para cada auditoria;
- c) assegurar que os resultados das auditorias sejam relatados à gerência pertinente e à fiscalização da ANA;
- d) implementar correção e ações corretivas apropriadas sem demora indevida;
- e) reter registros como evidências da implementação do programa de auditoria e dos resultados das auditorias.

A título de orientação, o Anexo C deste guia apresenta resumidamente uma visão geral dos grupos de requisitos que deveriam ser abordados em uma auditoria técnica conduzida com base na norma ABNT NBR ISO 10012 *Sistemas de gestão de medição – Requisitos para os processos de medição e equipamento de medição*.

O relatório de auditoria deve conter, de forma estruturada e clara, as informações, dados, fatos e evidências objetivas levantadas durante a auditoria para cada um dos requisitos previstos na norma ABNT NBR ISO 10012. Recomenda-se que a estrutura do relatório siga a sequência das cláusulas definidas na norma.

6 PROTEÇÃO DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO

O PISF é uma infraestrutura física de grandes dimensões composta por dois eixos de transposição de águas que se estende por longos trechos que atravessam centenas de municípios em quatro estados do nordeste brasileiro. Devido às suas características particulares, com grandes áreas desertas e infraestruturas abertas sem maiores controles de acesso, a proteção dos sistemas de medição revela-se, de fato, uma questão bastante complexa.

Frente a tais circunstâncias, a premissa fundamental que deveria ser estabelecida é que os sistemas de medição de água bruta do PISF necessitam ser protegidos contra acesso não autorizado, de forma a evitar vandalismos, danos e falhas dos instrumentos e componentes do sistema, permitindo, assim, a operação normal e segura desses equipamentos.

6.1 Requisitos de Proteção Física dos Sistemas de Medição

Nos sistemas de medição e equipamentos instalados nas estações de bombeamento do PISF as condições de segurança e vigilância tendem a ser melhores devido à presença dos operadores nas estações. Ainda assim, visando proporcionar uma segurança adicional, recomenda-se a instalação de sistemas de monitoramento e gravação por câmeras de vigilância de alta definição em pontos estratégicos das estações. As imagens geradas por esses sistemas deveriam ser transmitidas em tempo real para a central de controle do Operador Federal do PISF.

Por sua vez, por ficarem em locais remotos e normalmente desassistidos, os sistemas de medição de água instalados nas TUDs, reservatórios, canais e pontos de captação para os Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas, ficam mais expostos aos riscos de depredação, furto de componentes e danos diversos. Para minimizar esses riscos, recomenda-se fortemente a instalação de cercas metálicas de proteção patrimonial com barreiras de segurança laminadas para a proteção do perímetro em torno dos medidores, válvulas e demais equipamentos.

Sempre que possível, deveriam ser instalados lacres físicos para evitar o acesso não autorizado aos componentes dos sistemas de medição e às operações que possam afetar o desempenho desses sistemas e instrumentos associados.

Os lacres deveriam ser numerados e deveria ser elaborado um registro específico para o controle de todos os lacres utilizados. O registro deveria ser mantido permanentemente atualizado e disponível para a fiscalização por parte da ANA.

O registro de controle de lacres deveria conter, pelo menos:

- a) nome do agente regulado;
- b) identificação da instalação;
- c) relação de todos os pontos de instalação de lacres, com o número individual do lacre instalado em cada um deles e a data e a hora de instalação;
- d) histórico das operações de remoção e instalação de lacres, com data, hora e identificação.

Caso as medidas de proteção física dos sistemas de medição adotadas pelo Operador Federal do PIS não se mostrem eficazes, providências adicionais deveriam ser consideradas e implementadas visando atingir o nível adequado de segurança e integridade dos equipamentos que compõem o sistema.

6.2 Requisitos de Proteção dos Parâmetros de Configuração dos Medidores

Para operações realizadas por meio de programação e configuração digital de equipamentos e sistemas informatizados, deveriam ser previstos protocolos de acesso restrito baseados na identificação e autenticação do operador, utilizando credenciais previamente cadastradas no equipamento ou sistema.

O controle de acesso deveria ser complementado por senhas ou outros meios de restrição para impedir o acesso não autorizado aos equipamentos, sistemas e programas de configuração, ajuste e calibração.

No caso de operações em um sistema de medição realizadas por intermédio de programação, configuração ou outros meios, deveria ser obedecida uma hierarquização das senhas e os acessos por meio das mesmas deveriam ser auditáveis com base em relatórios de acessos ao histórico (*log* de eventos) protegido, inalterável e indelével. Com efeito, em relação a isso, o requisito 7.1.3 *Controle de ajustes de equipamento* da norma ABNT NBR ISO 10012 define que “Acessos aos meios de ajustes e dispositivos sobre equipamento de medição comprovado, cuja posição afeta o desempenho, devem ser selados ou de alguma outra forma protegidos para prevenir mudanças não autorizadas. Selos ou proteções devem ser projetados e implementados de tal forma que mudanças não autorizadas sejam detectadas”.

7 AMOSTRAGEM DA ÁGUA

De acordo com a Resolução nº 85 da ANA, a qualidade da água é um dos indicadores de Avaliação da Prestação do Serviço de Adução de Água Bruta pela Operadora Federal no âmbito do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF.

Este indicador foi definido para verificar se a Operadora Federal está entregando a água demandada pelos estados receptores com qualidade igual ou superior à qualidade verificada na captação de cada eixo, neste caso com enquadramento ao menos na classe 2 de águas doces conforme a Resolução CONAMA nº 357/2005¹⁸.

Conforme a referida Resolução, as águas doces classificadas como de classe 2 são as águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274/2000¹⁹;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

7.1 Amostragem e Análise da Água

O indicador de qualidade da água a que se refere a Resolução nº 85 da ANA é calculado pela fórmula $\left(\frac{\sum \text{pontos classe 2}}{\sum \text{pontos monitorados}}\right) \cdot 100$, expresso em percentual, onde $\sum \text{pontos classe 2}$ se refere ao somatório de pontos onde a água entregue foi considerada de qualidade adequada (isto é, com qualidade igual ou superior à qualidade verificada no ponto de captação), neste caso enquadrada ao menos na classe 2 conforme Resolução CONAMA nº 357/2005 e $\sum \text{pontos monitorados}$ se refere à quantidade de pontos monitorados.

Como referência para a verificação da qualidade da água nos pontos monitorados serão utilizados os limites de enquadramento da Resolução CONAMA nº 357/2005 para as variáveis monitoradas, enquadrando os pontos em uma classe. Além disso, a comparação das qualidades das águas entregue e captada deve ser realizada por Eixo, isto é, a qualidade da água nos pontos de entrega localizados no Eixo Norte somente pode ser comparada com a qualidade da água captada para o Eixo Norte (no rio São Francisco, a montante de Cabrobó/PE), e a qualidade da água nos pontos de entrega localizados no Eixo Leste somente pode ser comparada com a qualidade da água captada para o Eixo Leste (no reservatório de Itaparica).

A forma de medição é por meio da coleta e análise de diferentes variáveis de qualidade da água em pontos de entrega previstos no Plano de Gestão Anual – PGA, comparando a classe desses pontos conforme Resolução CONAMA nº 357/2005 com a classe verificada na captação da água junto ao rio São Francisco.

Para maiores informações sobre os procedimentos de amostragem da água, recomenda-se consultar o *Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos*²⁰.

¹⁸ Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em:

https://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Resolucao/2005/res_conama_357_2005_classificacao_corpos_agua_rtfcd_altrd_res_393_2007_397_2008_410_2009_430_2011.pdf

¹⁹ RESOLUÇÃO CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. Disponível em:

<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>. Acesso em 08.03.2021.

²⁰ Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes

Líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]. -- São

7.2 Parâmetros Medidos

De acordo com a Resolução nº 85 da ANA, nos primeiros anos de operação do PISF o indicador de qualidade da água deveria ser medido somente para fins de conhecimento do sistema, nos seguintes pontos de interesse: ponto PE13L (Ramal do Agreste), ponto PB01L (rio Paraíba), ponto CE01N (Cinturão das Águas do Ceará) e pontos PB01N e PB02N (derivações para o reservatório Eng. Ávidos).

Ainda, conforme a Resolução nº 85, as variáveis a serem medidas serão Oxigênio Dissolvido, Coliformes Termotolerantes, pH, $\text{DBO}_{5,20}$, Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Sólidos Totais.

Após esse período inicial, a ANA definirá quais serão as variáveis que deverão ser realmente medidas, a fórmula de cálculo do indicador e as metas que a Operadora Federal deverá atender para fins de avaliação da qualidade da prestação do serviço de adução de água bruta.

7.3 Periodicidade das Análises da Água

De acordo com a Resolução nº 85 da ANA, a periodicidade de amostragem e análise da qualidade da água bruta aduzida pela Operadora Federal do PISF será mensal.

No entanto, caso venham a ocorrer eventos circunstanciais que possam afetar tanto a qualidade da água captada do rio São Francisco quanto da água aduzida através da infraestrutura do PISF, a ANA poderá definir outros valores para a periodicidade de amostragem e análise da qualidade da água, estabelecer outros locais de amostragem além dos pontos citados na Resolução nº 85 e, também, determinar parâmetros adicionais de análise conforme pertinentes.

7.4 Plano e Método de Amostragem da Água

O Operador Federal do PISF deve desenvolver e aplicar um plano e um método de amostragem da água bruta aduzida no sistema. O método de amostragem deveria abordar os fatores a serem controlados, para assegurar a validade dos resultados das análises subsequentes. O plano e o método de amostragem deveriam estar disponíveis no local onde a amostragem for realizada. Planos de amostragem deveriam, sempre que aplicáveis, ser baseados em métodos estatísticos apropriados.

O método de amostragem deveria descrever:

- a) a seleção de amostras ou locais de amostragem,
- b) o plano de amostragem,
- c) a preparação e o tratamento das amostras de água 'bruta para as análises subsequentes.

Uma vez recebida no laboratório de análises, as amostras de água poderiam requerer manuseio adicional. Para isso, o laboratório deveria ter um procedimento para o transporte, recebimento, manuseio, proteção, armazenamento, retenção e descarte das amostras, incluindo todas as providências necessárias para a proteção da integridade das amostras e para a proteção dos interesses do laboratório e das partes envolvidas.

Deveriam ser tomadas precauções para evitar contaminação, perda ou deterioração das amostras durante o manuseio, transporte, armazenamento/espera e preparação para as análises. As instruções para manuseio fornecidas no procedimento deveriam ser seguidas.

O laboratório deveria ter um sistema para a identificação não ambígua das amostras de água recebidas. As identificações deveriam ser retidas enquanto as amostras estiverem sob a responsabilidade do laboratório. O sistema deve assegurar que as amostras não serão confundidas fisicamente ou quando forem citadas em registros ou outros documentos.

No ato do recebimento das amostras para análise, deveriam ser registrados os eventuais desvios das condições especificadas. Quando houver dúvidas sobre a adequação de uma amostra para análise, ou quando uma amostra não estiver em conformidade com a descrição fornecida, o laboratório deveria consultar o responsável pela coleta e envio da amostra para obter instruções adicionais antes de prosseguir, e deveria registrar os resultados desta consulta.

Quando o responsável pelo pedido de análise requerer que a amostra seja analisada mesmo admitindo um desvio das condições especificadas, o laboratório deveria incluir uma ressalva no relatório, indicando quais resultados poderiam estar afetados pelo referido desvio.

Quando as amostras de água tiverem que ser armazenadas ou acondicionadas sob condições ambientais especificadas, estas condições deveriam ser mantidas, monitoradas e registradas.

O laboratório deveria reter registros dos dados da amostragem que fazem parte das análises que forem realizadas. Estes registros deveriam incluir, quando pertinente:

- a) referência ao método de amostragem utilizado;
- b) data e hora da amostragem;
- c) dados para identificar e descrever a amostra (por exemplo, número, quantidade, nome);
- d) identificação do pessoal que realizou a amostragem;
- e) identificação do equipamento utilizado;
- f) condições ambientais ou de transporte;
- g) diagramas, desenhos, fotografias ou outros meios equivalentes para identificar o local exato da amostragem, quando apropriado;
- h) desvios, acréscimos ou exclusões do método de amostragem e do plano de amostragem.

Conforme citado anteriormente, para maiores informações sobre os procedimentos de amostragem da água, recomenda-se consultar o *Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos*.

8 SISTEMA DE SUPERVISÃO, OPERAÇÃO E CONTROLE

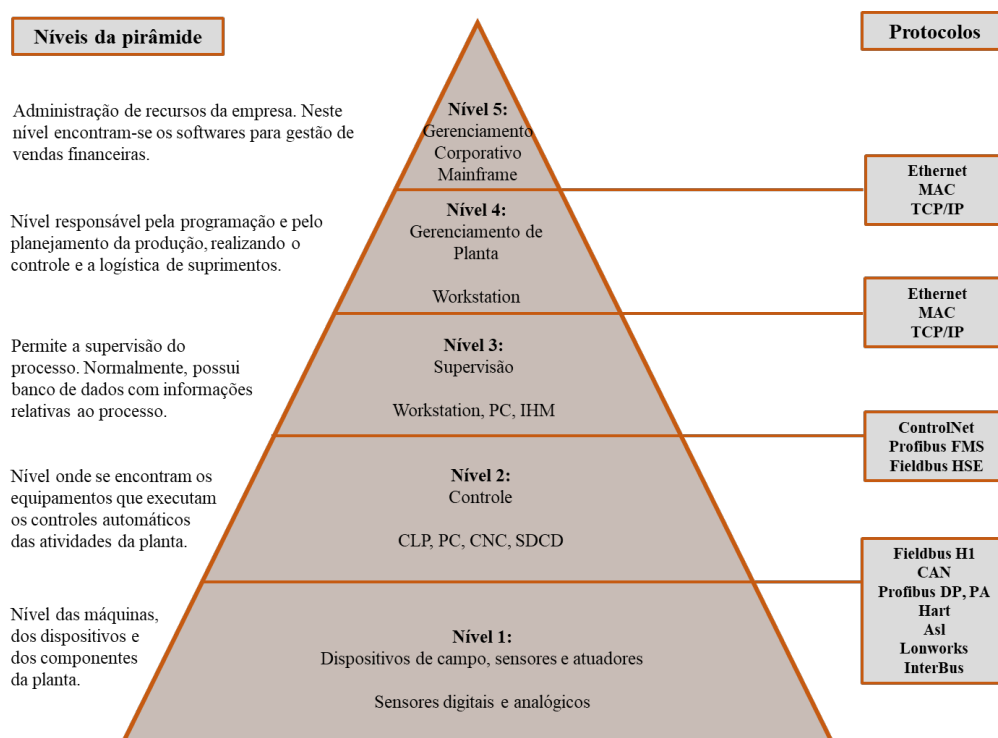
Com o desenvolvimento da Informática, os sistemas de supervisão vêm desempenhando um papel de extrema importância na estrutura de gestão organizacional, fato pelo qual deixaram de ser vistos como meras ferramentas operacionais, ou de engenharia, e passaram a ser vistos como uma relevante fonte de informação. Atualmente, os sistemas de supervisão de processos industriais automatizados desempenham três atividades básicas: supervisão, operação e controle²¹.

²¹ UDDIN, Safi; MOHAMED, Khalid Nor; SALAM, Sayeed. *Integration technique for an expert system on to a real-time system*. In Proceedings of the TENCON'2000, 2000.

De fato, para que a operação da infraestrutura do PISF seja realizada de forma eficaz e confiável, será fundamental a implementação e operação de um sistema de supervisão, operação e controle que atenda às necessidades da Operadora Federal e às exigências da fiscalização da ANA.

8.1 Sistema Digital de Supervisão e Controle – SDSC do PISF

A automação de uma planta industrial ou uma infraestrutura similar pode ser dividida em uma série de níveis, conforme representados na Figura 24.



Fonte: adaptado de Castrucci, Moraes (2007, p.13).

Figura 24. Pirâmide de automação de uma planta

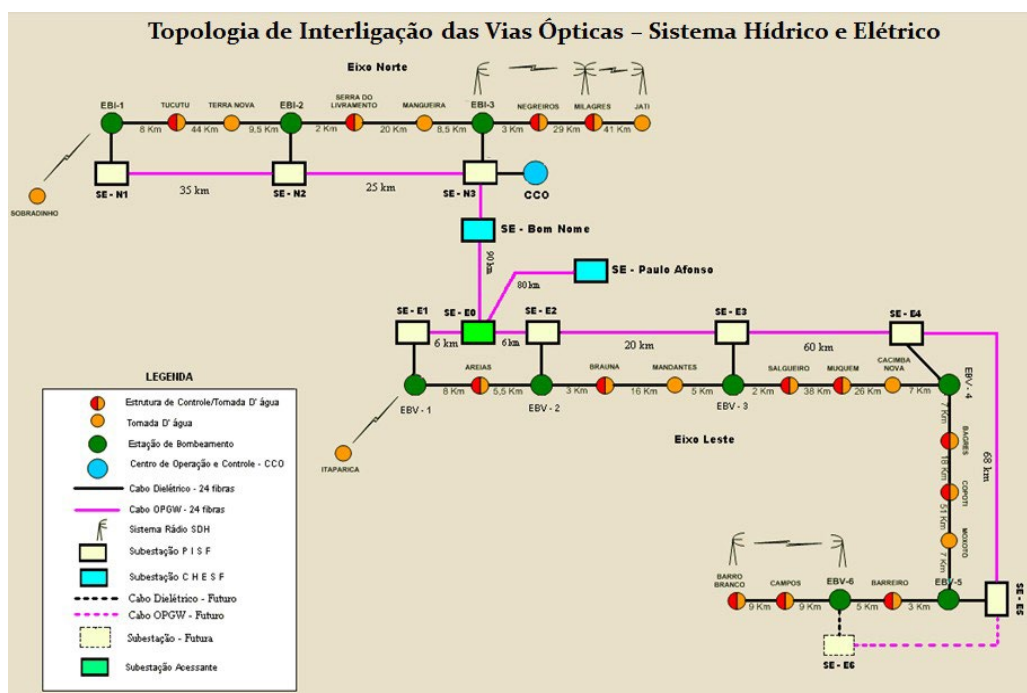
O nível 1, ou base da pirâmide, é o nível onde se encontram as máquinas, dispositivos e componentes. No caso do PISF, seriam as bombas hidráulicas, válvulas, medidores de vazão, medidores de nível etc. O nível 2 é composto pelos controladores digitais, dinâmicos e lógicos e de algum tipo de supervisão. No nível 3, onde é encontrado o sistema SCADA ²², é permitido o controle do processo da planta; é constituído por bancos de dados. O nível 4 é responsável pela programação e planejamento das atividades da planta, realizando controle e a logística dos suprimentos e, por último, o nível 5 que é responsável pela administração dos recursos da empresa, é onde se encontram os *softwares* para a gestão administrativa e financeira e, também, é onde se realizam a decisão e o gerenciamento de todo o sistema ²³.

²² SCADA Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (*Supervisory Control and Data Acquisition*) também chamado de *software* supervisor ou *software* SCADA, são sistemas que utilizam *softwares* para monitorar e supervisionar as variáveis e os dispositivos de sistemas de controle conectados por meio de servidores/*drivers* de comunicação (*drivers*) específicos.

²³ CASTRUCCI, Plínio de L; MORAES, Cícero Couto; Engenharia de automação industrial. 2. ed. Rio de Janeiro, LTC, 2007.

O Ministério do Desenvolvimento Regional contratou uma empresa especializada e implementou um Sistema Digital de Supervisão e Controle – SDSC, ferramenta que será responsável pelo controle, supervisão e operação das estações de bombeamento, estruturas de controle com comportas de segmento, tomadas d'água de barragens e tomadas d'água de uso difuso ao longo dos canais do PISF. Juntamente à implementação do Sistema Digital de Supervisão e Controle – SDSC, foi fornecido o Sistema de Telecomunicações a ser utilizado na operação da infraestrutura do PISF.

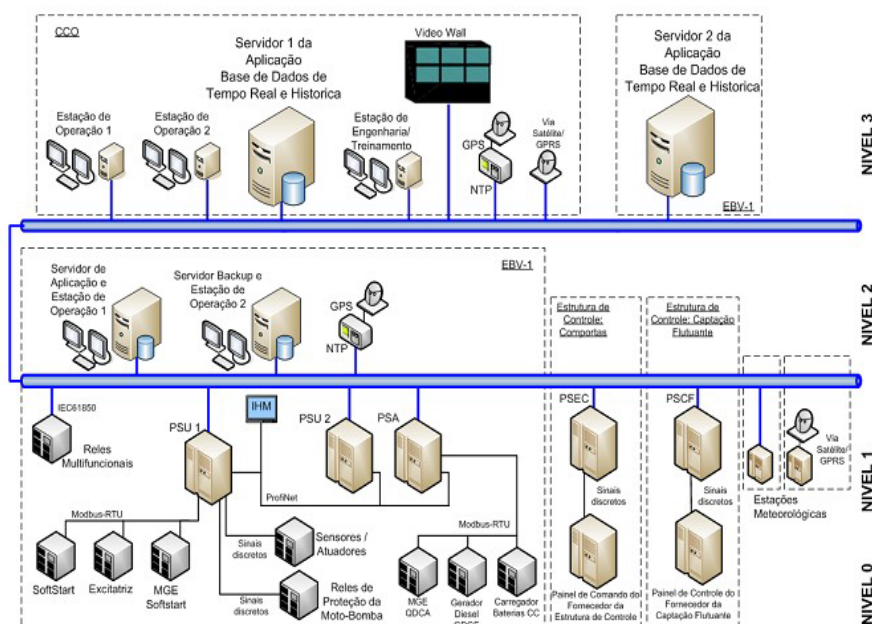
A Figura 25 apresenta a topologia de interligação das vias ópticas – Sistemas hídrico e elétrico do SDSC do PISF.



Fonte: Vector Sistemas de Automação Ltda.

Figura 25. Topologia de interligação das vias ópticas – Sistemas hídrico e elétrico do PISF

A Figura 26 apresenta a arquitetura do Sistema Digital de Supervisão e Controle – SDSC implementado no PISF.



Fonte: Vector Sistemas de Automação Ltda.

Figura 26. Arquitetura do Sistema Digital de Supervisão e Controle – SDSC do PISF
O SDSC é um sistema integrado que supervisionará e controlará um conjunto composto por centenas de equipamentos entre medidores de vazão e nível, painéis de supervisão e controle, estações de operação, equipamentos de GPS, estações hidrometeorológicas e servidores de dados.

A Tabela 10 apresenta o quantitativo dos equipamentos que comporão o SDSC do PISF.

Tabela 10. Equipamentos que comporão o SDSC do PISF.

Descrição	Quantidades		
	Norte	Leste	Total
SDSC			
Medidores ultrassônicos de nível	70	78	148
Medidores de vazão para tubulação	49	58	107
Medidor ultrassônicos de vazão para canal aberto	18	22	40
Painéis de supervisão e controle	54	71	125
Computadores das estações de bombeamento	6	17	23
Equipamentos GPS	3	7	10
Estações hidrometeorológicas	17	10	27
Servidores de dados	0	4	4

8.2 Armazenamento e Segurança de Dados Gerados

Por meio da utilização do Sistema Digital de Supervisão e Controle –SDSC, o Operador Federal deve ter acesso aos dados e informações necessários para realizar a operação e a gestão adequada do sistema do PISF. Dentre outras funcionalidades, o SDSC deverá contemplar um sistema de gestão da informação.

Antes da sua implantação, o sistema de gestão da informação, utilizado para a coleta, processamento, registro, relato, armazenamento ou recuperação de dados das medições e operações do sistema, deveria ser validado pelo Operador Federal quanto à funcionalidade, incluindo o funcionamento adequado das interfaces do sistema de gestão da informação.

Sempre que houver alguma alteração, incluindo reconfigurações ou modificações feitas pelo Operador Federal em *softwares* comerciais de prateleira, estas devem ser informadas, autorizadas, documentadas e validadas antes da implementação. Podem ser considerados suficientemente validados os *softwares* comerciais de prateleira utilizados em aplicações de cunho geral, dentro do campo de aplicação para o qual foram projetados.

Sob o aspecto da segurança, o sistema de gestão da informação do Operador Federal do PISF deveria:

- a) ser protegido contra o acesso não autorizado;
- b) ser protegido contra adulteração ou perda;
- c) ser operado em um ambiente que esteja em conformidade com as especificações do provedor ou do Operador Federal ou, no caso de sistemas não informatizados, prover condições que protejam a exatidão dos registros e das transcrições manuais;
- d) ser mantido de forma que assegure a integridade dos dados e das informações;
- e) incluir o registro das falhas do sistema e as correções imediatas e ações corretivas apropriadas implementadas.

Caso o sistema de gestão da informação seja gerenciado e mantido fora de suas instalações ou por meio de um provedor externo, o Operador Federal do PISF deve assegurar que o provedor ou o operador do sistema cumpra todos os requisitos aplicáveis deste guia.

O Operador Federal deve assegurar que as instruções, manuais e dados de referência pertinentes para a adequada operação do sistema de gestão da informação do PISF sejam mantidos prontamente disponíveis para o pessoal autorizado.

O Operador Federal deve garantir que os cálculos e as transferências de dados sejam submetidos a conferências apropriadas de maneira sistemática.

O Operador Federal deve definir e implementar os controles necessários para a correta identificação, armazenamento, proteção, provisão de cópias de segurança, arquivamento, recuperação, retenção e disposição dos seus registros dos dados e das informações.

O Operador Federal deve reter os registros por um período consistente com suas obrigações contratuais. O acesso a estes registros deve ser consistente com seus compromissos de confidencialidade, e os registros devem estar prontamente disponíveis para o pessoal autorizado e para a fiscalização da ANA.

8.3 Relatórios e Envio de Dados para a ANA

Por meio do uso do sistema de gestão da informação, o Operador Federal do PISF deve disponibilizar para a ANA, com conteúdo, frequência e forma a serem definidas pela Agência, os documentos mencionados neste item do guia.

O Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR possui em seu *site* na Internet o Portal de Dados Operacionais do PISF onde é possível consultar o Boletim Informativo de Adução e Utilização das Águas do PISF.

8.3.1 Relatórios de medição

O Operador Federal deve elaborar periodicamente relatórios de medição contendo todos os valores medidos, todos os cálculos efetuados, incluindo os parâmetros e fatores utilizados, para determinação do volume de água medido no período por cada sistema de medição crítico do PISF.

Os relatórios de medição devem incluir, pelo menos:

- a) Identificação do ponto de medição;
- b) Identificação do sistema de medição;
- c) Identificação (TAG) do medidor;
- d) Identificação dos instrumentos de medição associados, dispositivos auxiliares e adicionais;
- e) Fatores de calibração e configuração do medidor e instrumentos associados;
- f) Período abrangido pela medição;
- g) Valores medidos, calculados e registrados (vazões, níveis, volumes totalizados, pressões, etc.);
- h) Quantidade (acumulada) de horas, por medidor em operação, desde a última calibração;
- i) Avaliação das condições operacionais do sistema de medição (período de duração da ocorrência de falhas ou não conformidades);
- j) Data e hora de elaboração do relatório;
- k) Assinaturas dos responsáveis pela elaboração e aprovação do relatório.

8.3.2 Relatórios de calibração

De acordo com a periodicidade estabelecida no item 6.6 deste guia, o Operador Federal do PISF deve elaborar relatórios das calibrações dos medidores, sistemas de medição e instrumentos de medição associados.

Os relatórios de calibração devem incluir, pelo menos:

- a) Identificação do ponto de medição;
- b) Identificação do sistema de medição;
- c) Identificação (TAG) do medidor;
- d) Data e hora de disponibilização do medidor para calibração;
- e) Data e hora de início das medições;
- f) Data e hora de finalização das medições;
- g) Tipo de padrão de medição utilizado na calibração;
- h) Identificação do padrão de medição e instrumentos de medição associados utilizados;
- i) Rastreabilidade do padrão de medição e instrumentos de medição associados utilizados;
- j) Incerteza expandida associada às medidas realizadas com o padrão de medição utilizado;
- k) Número de medições realizadas na calibração;
- l) Data de emissão do relatório;
- m) Valores medidos (vazões, volumes, pressões, níveis etc.);
- n) Fator(es) de calibração configurado(s) antes da calibração (fator do medidor, k-factor etc.);
- o) Fator(es) de calibração configurado(s) após a calibração (fator do medidor, k-factor etc.);
- p) Incerteza(s) expandida(s) associada(s) ao(s) fator(es) de calibração determinado(s) na calibração;
- q) Diferença entre o(s) fator(es) de calibração antes e após a calibração;
- r) Histórico com o(s) fator(es) de calibração do medidor obtido(s) nas calibrações anteriores.

Devem ser emitidos relatórios de calibração de todos os instrumentos utilizados nos sistemas de medição fiscalizados pela ANA. Os relatórios devem incluir informações que possibilitem evidenciar a rastreabilidade a padrões de medida do Inmetro das medidas realizadas com o uso do padrão de medição e dos instrumentos de medição associados.

No caso da realização de ajustes no instrumento ou sistema de medição, os resultados das calibrações anterior e posterior ao ajuste devem constar no relatório de calibração.

8.3.3 Relatórios de análise da água

Devem ser emitidos relatórios com os resultados das análises realizadas nas amostras de água coletadas.

Devem ser armazenados os documentos comprobatórios das tomadas das amostras e das calibrações dos analisadores das características e qualidade da água utilizados.

8.3.4 Relatórios de falhas de medição

Sempre que ocorrer, devem ser averiguados e elaborados relatórios de falha de medição dos instrumentos e sistemas de medição utilizados no PISF. Os relatórios de falha de medição devem incluir, pelo menos:

- a. Identificação do ponto de medição;
- b. Identificação do instrumento ou sistema de medição;
- c. Identificação do medidor, sistema de medição ou equipamento em falha;
- d. Data de detecção da falha;
- e. Data da ocorrência da falha;
- f. Data prevista de retorno à normalidade;
- g. Descrição do evento/falha;
- h. Causa da ocorrência do evento/falha;
- i. Correção tomada para a solução da falha e ações corretivas tomadas para a prevenção de recorrência;
- j. Estimativa do volume de água afetado e do impacto (não contabilização, sobre medição ou sub medição do volume);
- k. Metodologia utilizada na estimativa e descrição dos cálculos;
- l. Data de emissão do relatório;
- m. Assinaturas dos responsáveis pela elaboração e aprovação do relatório.

8.3.5 Relatórios de inspeção

De acordo com periodicidade definida pela ANA ou, extraordinariamente, mediante demanda específica da Agência, deverá ser emitido e encaminhado para a ANA pelo Operador Federal do PISF um relatório técnico decorrente de inspeção realizada sobre um sistema de medição com todas as informações, dados e evidências necessárias e suficientes para assegurar que o sistema inspecionado continua a atender aos requisitos operacionais, de confiabilidade metrológica e de segurança definidos pela Agência.

8.3.6 Relatórios de auditoria

De acordo com periodicidade definida pela ANA ou, extraordinariamente, mediante demanda específica da Agência, deverá ser emitido e encaminhado para a ANA um relatório técnico decorrente de auditoria realizada sobre o sistema de gestão da medição do Operador Federal do PISF com todas as informações, dados e evidências necessárias e suficientes para assegurar que o sistema é mantido e operado em condições adequadas de funcionamento, atendendo os requisitos gerais para a gestão dos processos de medição e comprovação metrológica de equipamentos de medição utilizados para dar suporte e demonstrar conformidade às exigências técnicas e metrológicas aplicáveis.

O relatório de auditoria deveria conter, de forma estruturada e clara, as informações, dados, fatos e evidências objetivas levantadas durante a auditoria para cada um dos requisitos previstos na ABNT NBR

ISO 10012 Sistemas de gestão de medição – Requisitos para os processos de medição e equipamento de medição. Recomenda-se que a estrutura do relatório siga a sequência das cláusulas definidas na Norma.

8.3.7 Providências adicionais

Todos os resultados de medições expressos nos relatórios enviados para a ANA devem incluir as suas incertezas expandidas associadas, declaradas para um nível da confiança de 95 %.

O armazenamento dos dados de configuração, entrada e saída dos computadores de vazão ou sistemas digitais de supervisão e controle e demais dispositivos que impactem na medição deverá garantir a rastreabilidade das informações, de forma que todos os cálculos de volume de água medido possam ser devidamente comprovados, excetuando-se as medições realizadas apenas para controle operacional.

Todos os relatórios, documentos, certificados e dados citados neste guia devem ser armazenados pelo Operador Federal do PISF por período não inferior a dez anos, devendo ser garantida a segurança, a integralidade e a inviolabilidade dos mesmos.

9 FALHAS DE MEDIÇÃO

A manutenção da garantia da confiabilidade e consistência das vazões medidas na operação do PISF será, de fato, um grande desafio uma vez que se trata de um sistema hidráulico de grandes dimensões, aberto e complexo.

Uma das metodologias que poderiam ser utilizadas para avaliar a consistência das vazões medidas é o balanço hídrico das vazões e volumes de água em cada eixo do sistema, possivelmente subdividindo-os em subsistemas devido à inércia de resposta dos deslocamentos de água ao longo dos seus canais e reservatórios.

Outro recurso a ser utilizado deveria ser a garantia da confiabilidade das vazões medidas e volumes totalizados nos pontos chave do sistema, por meio das calibrações e inspeções regulares dos sistemas de medição. Um sistema de gestão da medição implementado pelos operadores do PISF nos moldes da norma ABNT NBR ISO 10012 poderia servir de base para minimamente estruturar as medições de vazão no sistema.

Não obstante, na operação dos sistemas de medição de água bruta no sistema do PISF podem ocorrer falhas de medição de diferentes tipos, decorrentes de causas variadas e com potencial de impacto em diferentes níveis sobre os resultados das medições.

Para uma abordagem apropriada das falhas de medição convém definir inicialmente os seguintes tipos de falhas:

- Falha de Sistema - Ocorrência na qual o desempenho do sistema de medição de água não atende aos requisitos definidos pela ANA em seus regulamentos e normas aplicáveis.
- Falha Presumida - Situação na qual existem indícios de irregularidade operacional decorrente de ação tal como regulagens ou ajustes não autorizados ou de variação dos valores de volumes medidos que não corresponda a variações nas condições de operação das instalações de medição do PISF. Uma falha presumida, se confirmada e validada, torna-se uma falha de sistema.

9.1 Identificação, Validação e Comunicação de Falhas de Medição

Em um sistema de medição de água bruta do PISF, na maior parte das vezes, a falha de sistema ou falha presumida pode ser detectada:

- a) Durante a operação, se o sistema apresentar problemas de funcionamento, fornecer resultados errôneos ou se forem identificadas e comprovadas regulagens ou ajustes não autorizados;
- b) Durante a calibração, se o sistema apresentar erros ou variações nos resultados da calibração acima dos limites definidos ou se os instrumentos não puderem ser calibrados.

Toda ocorrência de falha identificada deve ser validada tão rápido quanto possível, a fim de confirmar o fato ou descartá-lo. A validação pode ser feita mediante o levantamento de evidências materiais que comprovem a falha, por exemplo, por meio de dados e resultados inconsistentes de medições, pela própria interrupção da medição, pela identificação de danos em componentes do sistema de medição, entre outras formas.

Quando for detectada e confirmada uma falha de sistema ou falha presumida em um componente ou em um sistema de medição completo, o mesmo deve ser retirado de operação e substituído imediatamente por outro equipamento que esteja em condições normais de operação.

Deve ser considerada uma falha presumida do medidor de vazão de água quando a variação do valor do fator de desempenho metrológico (tendência ou erro de medida, fator de correção, fator do medidor, equação de ajuste etc.) do medidor, em relação ao resultado obtido na calibração imediatamente anterior, for maior que 3,0 % ou quando não for possível obter resultados consistentes para determinação confiável do valor do fator de desempenho metrológico do medidor. Neste caso, o medidor de vazão deve ser submetido à manutenção ou substituído.

A Operadora Federal do PISF deve informar à Fiscalização da ANA, no prazo de setenta e duas horas, da ocorrência ou detecção de uma falha do sistema de medição de água, assim como de quaisquer outros incidentes operacionais que vierem a causar erros nos resultados da medição ou quando houver interrupção total ou parcial da medição, em padrão de comunicação próprio definido pela Agência.

Para falha de sistema, a notificação deve incluir uma estimativa preliminar do volume de água afetado, indicando um período representativo para o cálculo, e apontar a previsão de retorno à normalidade da operação do sistema de medição.

Para falha presumida, a notificação deve relatar os indícios de irregularidade operacional constatados, incluir uma estimativa preliminar do volume de água afetado e indicar a previsão de retorno à normalidade da operação do sistema de medição.

Em toda ocorrência de falha de medição nos sistemas de medição de água bruta do PISF, devem ser elaborados e enviados para a fiscalização da ANA o relatório de falha de medição. Os relatórios de falha de medição devem incluir, pelo menos as seguintes informações:

- a) Identificação do ponto de medição;
- b) Identificação do local de medição e o eixo do PISF;
- c) Identificação do tipo de medição;
- d) Identificação do medidor, sistema de medição ou equipamento em falha;
- e) Data do início da ocorrência da falha (se determinada);
- f) Data e hora de detecção da falha;
- g) Responsável pela detecção da falha;
- h) Descrição da ocorrência, sempre que possível com fotografias e vídeos;
- i) Ações preliminares tomadas para a solução da falha;
- j) Estimativa do volume de água afetado;

- k) Metodologia utilizada na estimativa do volume de água afetado;
- l) Data prevista de retorno à normalidade operacional;
- m) Data de emissão do relatório;
- n) Assinaturas dos responsáveis pela elaboração e aprovação do relatório.

A estimativa do volume de água afetado por uma falha de medição deverá ser realizada com base em metodologia proposta pela Operadora Federal do PISF e aprovada pela ANA com base nas seguintes diretrizes conforme especificado para cada aplicação:

- a. A estimativa do volume de água bombeada através de um conduto de adução em uma estação de bombeamento entre o momento da falha e o retorno à normalidade da operação do sistema de medição deverá considerar, entre outros possíveis parâmetros, os intervalos de tempo em que as bombas operarem sem medição da vazão e as vazões usuais de cada bomba nas condições de operação com uma e duas bombas em paralelo, a depender de cada conjunto de bombeamento e estação;
- b. A estimativa do volume de água fornecida, entre o momento da falha e a saída de operação de um medidor em um ponto de entrega (TUDs e vertedores), deverá considerar, entre outros possíveis parâmetros, os intervalos de tempo em que o ponto de entrega operou sem medição e a vazão média usual do referido ponto, determinada com base nas medições dos últimos 30 dias imediatamente anteriores em que o referido sistema de medição operou normalmente;
- c. A estimativa do volume de água armazenada em um reservatório deverá considerar para o intervalo de tempo em que o reservatório operou sem medição, entre outros possíveis parâmetros, o último valor de volume medido antes da falha do sistema de medição e o resultado do balanço das vazões medidas e totalizadas e nos volumes apurados nos pontos de medição existentes nos canais de transporte imediatamente a montante e a jusante do reservatório;
- d. A estimativa do volume de água fornecida para os Pequenos Usuários, SIAAs e Pequenas Comunidades Agrícolas deverá considerar, entre outros possíveis parâmetros, o intervalo de tempo em que o ponto de entrega operou sem medição e a vazão média usual do referido ponto, determinada com base nas medições dos últimos 30 dias imediatamente anteriores em que o referido sistema de medição operou normalmente;

Quando a falha for detectada durante a calibração periódica de um sistema de medição, a estimativa do volume de água afetado deverá considerar os impactos nos resultados das medições realizadas neste ponto pelo menos desde a calibração precedente.

Em caso de falha na medição da qualidade da água em relação aos requisitos definidos no item 8 (Amostragem da Água) deste guia, a Operadora Federal do PISF deve informar a ANA, em padrão de comunicação definido por esta, em até setenta e duas horas da ocorrência da falha.

Toda a documentação referente às ocorrências de falhas de medição, devidamente organizada e completa, deverá ser armazenada em meio eletrônico e de forma segura pela Operadora Federal do PISF pelo prazo mínimo de 10 anos.

A ANA deveria ter acesso *on-line* aos principais parâmetros operacionais do PISF via o sistema de monitoramento automático. Assim, poderia ter uma visão geral constante da consistência das medições por meio do balanço hídrico do sistema. Não obstante, muitas das falhas de medição somente seriam identificadas por meio da análise dos dados das medições em cada sistema de medição. Um sistema de gestão da medição com base na norma ABNT NBR ISO 10012 poderia ajudar.

9.2 Tratamento de Falhas de Medição

Em atendimento ao disposto no subitem 5.2 (Sistema de Gestão da Medição) deste guia, a Operadora Federal do PISF deverá realizar uma investigação sobre toda falha de medição identificada e confirmada. Deverá ser analisada e identificada a causa raiz da falha, ou seja, a fonte de problema que levou à ocorrência da falha. Para essa análise, podem ser utilizadas diferentes técnicas que incluem, por exemplo, o *brainstorm*, o diagrama de causa-efeito ou diagrama de Ishikawa, a técnica dos 5 *por quês*, e outras.

É importante ressaltar que a grande maioria das falhas identificadas em sistemas de medição tem como causa raiz as pessoas envolvidas com o planejamento, projeto, implantação, operação e gestão dos equipamentos, principalmente os responsáveis pelos mesmos. Raramente, as causas raiz das falhas derivam de procedimentos, planilhas, equipamentos, insumos etc. Isso porque todos eles, a princípio, são elaborados, especificados, selecionados, implementados, verificados, operados e gerenciados por esse pessoal.

Identificada uma falha de medição, uma das medidas a serem tomadas sem demora é realizar a análise da eventual abrangência da mesma. Ou seja, deve-se promover uma investigação sobre a possível ocorrência da falha apontada em outros pontos do sistema. Isso é importante para avaliar se o problema é pontual ou, ao contrário, está alastrado em outros pontos do sistema de gestão da medição do PISF e, assim, pode acabar comprometendo a operação de todo o sistema.

Outra vertente importante na análise de abrangência refere-se à análise do impacto da falha de medição, ou seja, a avaliação das consequências da falha identificada sobre as atividades desenvolvidas pela Operadora Federal do PISF.

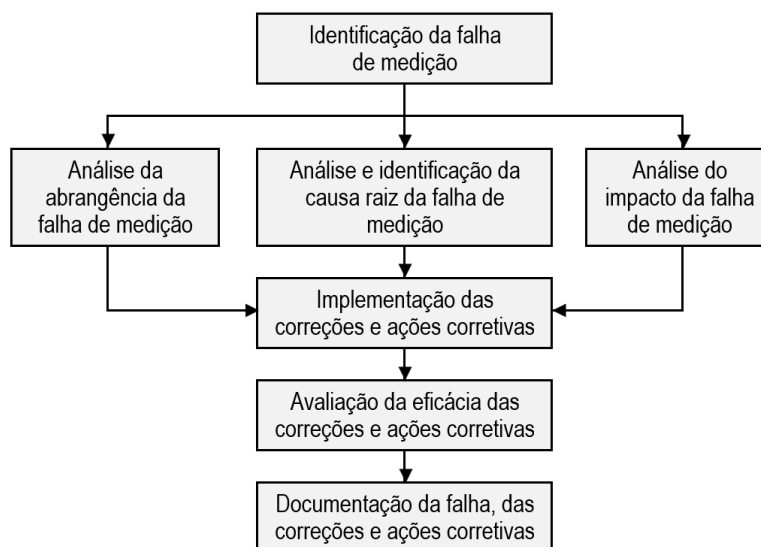
Para que as medidas de correção da falha de medição sejam tomadas com a urgência devida e as ações corretivas sejam planejadas de forma adequada, é importante que a análise da abrangência da falha seja feita concomitantemente à análise da causa raiz. Assim, tal análise não pode ser uma ação a ser realizada posteriormente. Somente após a identificação da causa raiz e da real abrangência da falha de medição, é possível propor correções e ações corretivas apropriadas para a falha identificada.

Uma vez identificadas a causa raiz da falha e a sua eventual abrangência, passa-se à etapa de propor as correções e ações corretivas.

As correções têm como objetivo corrigir a falha específica identificada, seus impactos e, eventualmente, as ocorrências similares que a análise de abrangência identificar. Por sua vez, as ações corretivas têm como finalidade evitar a recorrência da falha. Essas correções e ações corretivas devem ser de fato implementadas.

Ao final do processo de tratamento da falha de medição, a Operadora Federal do PISF deverá avaliar a eficácia das correções e ações corretivas implementadas. Caso eficazes, deverá ser elaborado um relatório técnico apontando as causas que provocaram a falha, as consequências potenciais e as correções e ações corretivas tomadas para readequação e continuidade do processo de medição. O relatório tem como função registrar a ocorrência para diferentes fins, como auditorias, inspeções e fiscalizações da ANA e outros.

A Figura 27 apresenta um fluxograma simplificado do processo de tratamento de falhas de medição.



Fonte: IPT

Figura 27. Fluxograma do processo de tratamento de falhas de medição.

10 FISCALIZAÇÕES E VERIFICAÇÕES

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico - ANA tem como missão regulamentar e fiscalizar os usos das águas, a segurança de barragens, os serviços de irrigação sob concessão e os serviços de adução de água bruta quando envolvem rios e lagos de domínio da União.

Segundo o Art. 4º da Lei nº 9.984, de 2000, que criou a ANA, compete à Agência:

“...

IV – outorgar, por intermédio de autorização, o direito de uso de recursos hídricos em corpos de água de domínio da União, observado o disposto nos artigos 5º, 6º, 7º e 8º;

...

XIX – regular e fiscalizar, quando envolverem corpos d'água de domínio da União, a prestação dos serviços públicos de irrigação, se em regime de concessão, e adução de água bruta, cabendo-lhe, inclusive, a disciplina, em caráter normativo, da prestação desses serviços, bem como a fixação de padrões de eficiência e o estabelecimento de tarifa, quando cabíveis, e a gestão e auditoria de todos os aspectos dos respectivos contratos de concessão, quando existentes”

10.1 Escopo das Fiscalizações e Verificações pela ANA

No âmbito do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF, a Resolução Nº 2.333, de 27 de dezembro de 2017, dispõe sobre as condições gerais de prestação do serviço de adução de água bruta pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – Codevasf. Posteriormente, partes desta Resolução foram alteradas por meio da Resolução ANA Nº 74/2019, de 25 de setembro de 2019, particularmente no que tange ao seu

cumprimento por qualquer entidade designada como operadora federal, função que atualmente é da Codevasf. Requisitos da Resolução N° 2.333 são abordados neste guia nos itens 4.5, 5.1, 5.3 e 5.5.2.

10.2 Obrigações e Responsabilidades das Partes

A Resolução ANA N° 2.333, de 27 de dezembro de 2017, trata em seu Capítulo VIII sobre a comprovação de prestação do serviço adequado pela Operadora Federal do PISF.

Mais especificamente, o Artigo 23 da Resolução define que o serviço adequado é aquele que satisfaz os princípios da regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia, modicidade tarifária e utilização racional dos recursos hídricos. Os três parágrafos desse artigo, apresentados a seguir, abordam em mais detalhes essa questão:

§1º A comprovação do serviço adequado será feita por meio da apuração dos indicadores de desempenho da prestação dos serviços de adução de água bruta do PISF.

§2º A ANA estabelecerá, em resolução específica, os indicadores de desempenho, suas respectivas formas e periodicidade de apuração, bem como os procedimentos a serem adotados para verificação da conformidade da apuração dos indicadores.

§3º A ANA estabelecerá, em resolução específica, os procedimentos de fiscalização do serviço de adução da água bruta, sob responsabilidade da Operadora Federal, mediante ações de acompanhamento, controle, apuração de infrações, e aplicação de penalidades.

10.3 Apuração de indicadores de operação

Em 29 de outubro de 2018, a ANA emitiu a Resolução N° 85 que dispõe sobre os Indicadores de Avaliação da Prestação do Serviço de Adução de Água Bruta, no âmbito do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF

Em seu art. 1º, a Resolução aprova os seguintes indicadores de avaliação da prestação do serviço de adução de água bruta pela Operadora Federal no âmbito do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional – PISF:

- I – fornecimento de água;
- II – qualidade da água;
- III – disponibilidade de medição confiável;
- IV – eficiência energética; e
- V – perdas totais

Em seu art. 2º, a Resolução indica que o detalhamento de cada indicador, contendo sua descrição, forma de cálculo, unidade de medida e responsáveis pela apuração e fiscalização são os apresentados nos Quadros 1 a 5.

Quadro 1. Indicador I – Fornecimento de Água

INDICADOR Fornecimento de Água - <i>FA</i>	Perspectiva:	Efetividade	Forma de Medição	Volume entregue / Volume previsto no PGA		
	Objetivo:	Qualidade do Serviço	Unidade de Medida	Percentual	Revisão dos Parâmetros	A cada 5 anos

Descrição:
Este indicador foi definido para verificar se a Operadora Federal está entregando a quantidade de água demandada por cada um dos estados receptores. Ele é calculado pela fórmula $FA = 100 \cdot (V_{entregue}/V_{PGA})$, expresso em percentual, onde $V_{entregue}$ é o volume total medido nos pontos de entrega de cada estado receptor, em metros cúbicos (m³), e V_{PGA} é o volume total previsto no PGA para cada estado receptor, em metros cúbicos (m³).

Periodicidade de Cálculo / Aferição	Mensal	Fonte de Coleta de Dados:	Equipamentos de medição de volumes nos pontos de entrega.
Área / Responsável pelo Índice	Operador Federal	Nota Apurada:	Valor entre 0 % e 100 %
Órgão Fiscalizador	ANA	Nota / Conceito:	Inicialmente, não será estabelecida meta para a nota.

Observações:
Nos primeiros anos, este indicador deve somente ser medido para fins de conhecimento do sistema. Após este período, a ANA definirá quais serão as metas que a Operadora Federal deverá atender para fins de avaliação da qualidade da prestação do serviço de adução de água bruta. Será avaliada a entrega a cada estado para que eventuais entregas superiores ao previsto para um estado não sejam compensadas por entregas inferiores ao previsto para outro estado, isto é, caso seja entregue a um estado mais do que o previsto, o termo $\frac{V_{entregue}}{V_{PGA}}$ da fórmula terá valor máximo igual a 1.

Quadro 2. Indicador II - Qualidade da Água

INDICADOR: Qualidade da Água - <i>QA</i>	Perspectiva:	Eficácia	Forma de Medição	Coleta e análise de diferentes variáveis de qualidade da água em pontos de entrega previstos no Plano de Gestão Anual - PGA, comparando a classe desses pontos conforme Resolução CONAMA nº 357/2005 com a classe verificada na captação junto ao rio São Francisco.		
	Objetivo:	Qualidade do Serviço	Unidade de Medida	Percentual	Revisão dos Parâmetros	A cada 5 anos
Descrição: Este indicador foi definido para verificar se a Operadora Federal está entregando a água demandada pelos estados receptores com qualidade igual ou superior à qualidade verificada na captação de cada eixo. Ele é calculado pela fórmula $QA = \left(\frac{\sum \text{pontos classe 2}}{\sum \text{pontos monitorados}} \right) \cdot 100$, expresso em percentual, onde $\sum \text{pontos classe 2}$ se refere ao somatório de pontos onde a água entregue foi considerada de qualidade adequada (isto é, qualidade igual ou superior à qualidade verificada no ponto de captação), e $\sum \text{pontos monitorados}$ se refere à quantidade de pontos monitorados. Como referência para a verificação da qualidade da água nos pontos monitorados serão utilizados os limites de enquadramento da Resolução CONAMA nº357/2005 para as variáveis monitoradas, enquadrando os pontos em uma classe. Além disso, a comparação da qualidade da água entregue e captada deve ser realizada por Eixo, isto é, a qualidade da água nos pontos de entrega localizados no Eixo Norte somente pode ser comparada com a qualidade da água captada para o Eixo Norte (rio São Francisco), e a qualidade da água nos pontos de entrega localizados no Eixo Leste somente pode ser comparada com a qualidade da água captada para o Eixo Leste (reservatório de Itaparica).						
Periodicidade de Cálculo / Aferição		Mensal	Fonte de Coleta de Dados:		Água bruta nos locais de interesse	
Área / Responsável pelo Índice		Operador Federal	Nota Apurada:		Valor entre 0 % e 100 %	
Órgão Fiscalizador		ANA	Nota/ Conceito:		Inicialmente, não será estabelecida meta para a nota.	
Observações: Nos primeiros anos, este indicador deve somente ser medido para fins de conhecimento do sistema, nos pontos de entrega previstos no Plano de Gestão Anual - PGA, além das captações para o Eixo Norte, no Rio São Francisco, e para o Eixo Leste, no reservatório de Itaparica. As variáveis a serem medidas serão Oxigênio Dissolvido, Coliformes Termotolerantes, pH, DBO _{5,20} , Nitrogênio Total, Fósforo Total, Turbidez e Sólidos Totais. Após este período, a ANA definirá quais serão as variáveis realmente medidas, a fórmula de cálculo do indicador e as metas que a Operadora Federal deverá atender para fins de avaliação da qualidade da prestação do serviço de adução de água bruta.						

Quadro 3. Indicador III – Disponibilidade de Medição

INDICADOR Disponibilidade de Medição - DM	Perspectiva:	Execução	Forma de Medição	Dias em que os equipamentos de medição não funcionam adequadamente em relação ao total de dias analisados		
	Objetivo:	Qualidade do Serviço	Unidade de Medida	Percentual	Revisão dos Parâmetros	A cada 5 anos
Descrição: Este indicador foi definido para verificação se a água demandada pelos estados receptores está sendo mensurada pelos equipamentos de medição de volumes instalados no projeto. Ele é calculado pela fórmula $DM = \left(1 - \frac{D_{\text{medição indisponível}}}{D_{\text{totais}}}\right) \cdot 100$, expresso em percentual, onde $D_{\text{medição indisponível}}$ é a quantidade total de dias em que os equipamentos de medição de volumes não estão funcionando adequadamente, e D_{totais} é a quantidade de dias totais no período de análise.						
Periodicidade de Cálculo / Aferição		Mensal	Fonte de Coleta de Dados:		Equipamentos de medição de volumes nos pontos de entrega.	
Área / Responsável pelo Índice		Operador Federal	Nota Apurada:		Valor entre 0 % e 100 %	
Órgão Fiscalizador		ANA	Nota/ Conceito:		Inicialmente, não será estabelecida meta para a nota.	
Observações Nos primeiros anos, este indicador deve somente ser medido para fins de conhecimento do sistema. Após este período, a ANA definirá quais serão as metas que a Operadora Federal deverá atender para fins de avaliação da qualidade da prestação do serviço de adução de água bruta.						

Quadro 4. Indicador IV – Eficiência Energética

INDICADOR Eficiência Energética - <i>EE</i>	Perspectiva:	Eficiência	Forma de Medição	Consumo Específico de Energia Normalizado - CEN		
	Objetivo:	Consumo eficiente de energia elétrica	Unidade de Medida	kWh/m³/100m	Revisão dos Parâmetros	Sem revisão
<p>Descrição: Este indicador foi definido para verificar se a operação de cada uma das estações de bombeamento do projeto está em níveis de eficiência adequados. Ele é baseado no Consumo Específico de Energia Normalizado-CEN, que é definido como a energia gasta para elevar um metro cúbico de água a 100 metros de altura manométrica, calculado pela fórmula $CEN = \frac{E_{\text{consumida}}}{E_{\text{bombeado}} \left(\frac{H_{\text{man}}}{100}\right)}$, e será calculado para cada uma das estações de bombeamento.</p> <p>Para consolidar o resultado de cada estação de bombeamento em um único número, será atribuída pontuação 1,00 caso a faixa de eficiência seja boa, pontuação 0,50 caso a faixa de eficiência seja mediana, e pontuação zero caso a faixa de eficiência seja insatisfatória. Então, o indicador será calculado pela fórmula $EE = \left(\frac{\sum \text{pontuação } EB}{\sum EB}\right) \cdot 100$, onde $\sum \text{pontuação } EB$ corresponde ao somatório das pontuações verificadas para cada estação de bombeamento, e $\sum EB$ corresponde ao total de estações de bombeamento avaliadas. Se forem todas as estações de bombeamento do PISF, este número será igual a 9 (nove).</p>						
Periodicidade de Cálculo / Aferição	Mensal	Fonte de Coleta de Dados:		Volume bombeado em m³, consumo de energia elétrica em kWh e alturas manométricas em m de todas as bombas.		
Área / Responsável pelo Índice	Operador Federal	Nota Apurada:		Faixas recomendadas pelo ERSAR (Portugal): bom, mediano e insatisfatório.		
Órgão Fiscalizador	ANA	Nota / Conceito:		Bom: $0,27 < CEN < 0,40 \rightarrow$ pontuação 1,00. Mediano: $0,40 \leq CEN \leq 0,54 \rightarrow$ pontuação 0,50. Insatisfatório: $CEN > 0,54 \rightarrow$ pontuação zero.		

Observações

Nos primeiros anos, este indicador deve somente ser medido para fins de conhecimento do sistema para todas as estações de bombeamento em funcionamento. Após este período, a ANA definirá quais serão as metas que a Operadora Federal deverá atender para fins de avaliação da qualidade da prestação do serviço de adução de água bruta. Importante considerar o nível do rio São Francisco para fins de cálculo deste indicador nas estações de bombeamento EBV-1 e EBI-1. Será necessário que o Ministério da Integração Nacional, responsável pela implantação do projeto, efetue até 31/12/2019 a adequação de seus sistemas de monitoramento e/ou instalações elétricas para permitir que a Operadora Federal possa medir a energia consumida para cada uma das estações de bombeamento.

Quadro 5. Indicador V - Perdas Totais

INDICADOR Perdas Totais - <i>PT</i>	Perspectiva:	Eficiência	Forma de Medição	Volumes total entregue / Volume total captado		
	Objetivo:	Uso racional da água	Unidade de Medida	Percentual	Revisão dos Parâmetros	A cada 5 anos
Descrição: Este indicador foi definido para verificação do nível de perdas físicas no sistema de adução. Ele é calculado pela fórmula $PT = \left(\frac{V_{entregue}}{V_{captado}} \right) \cdot 100$, expresso em percentual, onde $V_{entregue}$ é o somatório do volume total medido nos pontos de entrega em metros cúbicos (m³), e $V_{captado}$ é o volume total captado no rio São Francisco em metros cúbicos (m³).						
Periodicidade de Cálculo / Aferição		Mensal	Fonte de Coleta de Dados:		Equipamentos de medição de volumes nos pontos de entrega e na captação no rio São Francisco	
Área / Responsável pelo Índice		Operador Federal	Nota Apurada:		Valor entre 0 % e 100 %	
Órgão Fiscalizador		ANA	Nota/ Conceito:		Inicialmente não será estabelecida meta para a nota.	
Observações Nos primeiros anos, este indicador deve somente ser medido para fins de conhecimento do sistema. Após este período, a ANA definirá quais serão as metas que a Operadora Federal deverá atender para fins de avaliação da qualidade da prestação do serviço de adução de água bruta. Apesar do cálculo ser mensal, a comparação deve ser feita ano a ano, para minimizar os efeitos sazonais das épocas de chuvas, onde poderá haver aporte de água ao sistema.						

No seu parágrafo único, o art. 2º da Resolução estabeleceu que durante o período de dois anos após a assinatura de contrato de prestação de serviço de adução de água bruta do Projeto de Integração do Rio São Francisco com Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional - PISF e consequente início da operação comercial, a apuração dos indicadores elencados no art. 1º será realizada para fins de conhecimento do sistema e terá efeitos na primeira definição de tarifa para a prestação do serviço de adução de água bruta após esses dois anos.

No que tange à operação dos sistemas de medição de água do PISF, o escopo das fiscalizações e verificações a serem desenvolvidas pela ANA devem, entre outros aspectos, garantir o cumprimento pela Operadora Federal do PISF do conjunto de requisitos metrológicos a serem definidos em regulamento técnico metrológico específico a ser emitido pela Agência para assegurar a confiabilidade na quantificação dos volumes de água captados, bombeados, transportados, reservados e distribuídos na operação do sistema.

AUTORIA E REVISÃO

O presente Guia foi elaborado e revisado pelos seguintes pesquisadores do Laboratório de Vazão da Unidade de Negócios em Tecnologias Regulatórias e Metrológicas do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT:

- Autor:

Kazuto Kawakita (Pesquisador do Laboratório de Vazão da TRM)

- Revisores pelo IPT:

Nilson Massami Taira (Diretor da TRM)

Rui Gomez Teixeira de Almeida (Chefe do Laboratório de Vazão da TRM)

- Revisores pela ANA:

Alan Vaz Lopes

Leonardo Peres Araújo Piau

Melquizedeque Bento Alves

Marcus Vinícius Araújo Mello de Oliveira

Josimar Alves de Oliveira

São Paulo, 03 de março de 2022.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS-IPT

Unidade de Negócios em Tecnologias

Regulatórias e Metrológicas - TRM

Laboratório de Vazão - LV

Kazuto Kawakita

Engenheiro Mecânico

Pesquisador do LV/TRM

CREA nº 0601287430 / RE 07236

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS-IPT

Unidade de Negócios em Tecnologias

Regulatórias e Metrológicas - TRM

Nilson Massami Taira

Engenheiro Mecânico

Diretor da TRM

CREA nº 601861565 / RE 7858

ANEXO A - REQUISITOS BÁSICOS PARA PROJETO DE SISTEMA DE MEDIÇÃO DE ÁGUA BRUTA

De acordo com a definição, um sistema de medição é um conjunto de um ou mais instrumentos de medição e frequentemente outros dispositivos, montado e adaptado para fornecer informações destinadas à obtenção dos valores medidos, dentro de intervalos especificados para grandezas de tipos especificados.

O sistema de medição de água bruta inclui o medidor propriamente dito e todos os dispositivos auxiliares e adicionais, incluindo instrumentos de medição associados, aplicados a um ponto de medição de vazão, volume totalizado ou volume armazenado.

O projeto de um sistema de medição de vazão de água bruta é composto de um conjunto de documentos referentes ao sistema de medição. Do projeto e demais documentos pertinentes do sistema de medição, deverão ser enviados previamente à ANA para apreciação minimamente as seguintes informações:

1. Informações Básicas

- Tipo de medição a que se destina o sistema de medição: medição de vazão e totalização de volume de recalque de água em estação de bombeamento, medição de vazão e totalização de volume de entrega de água em TUD, medição de vazão e totalização de volume de água entregue para pequenos consumidores, medição de vazão e totalização de volume de água em ponto de controle de canal, medição de volume de água em reservatório ou outro.
- Tipo de tecnologia de medição: medidor ultrassônico de vazão, medidor eletromagnético de vazão, medidor ultrassônico de nível, medição por canal aberto ou outro.
- Tipo de aplicação: medição em conduto forçado, conduto aberto, reservatório ou outro.
- Identificação dos componentes do sistema de medição: marca, tipo, modelo e número de série do sensor, conversor, transmissor, etc.
- Identificação do sistema de medição: TAG ou outro tipo/código de identificação.
- Protocolo de comunicação (se utilizado): Modbus, Profibus, Fieldbus ou outro.
- Intervalo de medição nominal da vazão: por exemplo, de 10 m³/h a 100 m³/h.
- Classe de exatidão do medidor: por exemplo, Classe 1.
- Diâmetro nominal do medidor: por exemplo, 100 mm ou 4 polegadas.
- Classe de pressão: por exemplo, 150 psi.
- Tipo de alimentação elétrica: 127 VCA, 220 VCA, baterias ou outro.
- Grau de proteção: proteção IP (mínimo IPW65).
- Data da calibração do sistema de medição: dd/mm/aaaa.

- Organismo provedor da calibração: por exemplo, nome do laboratório (nº da acreditação concedido pela Cgcre CAL NNNN).
- Local da realização da calibração: em laboratório ou no local de instalação e operação do sistema.
- Método de calibração: pitometria, medidor de referência ou outro.
- Incerteza expandida associada aos resultados da calibração (95 %): por exemplo, 1,8 % da vazão medida.

2. Informações Complementares

Além das informações básicas relacionadas no item anterior, os seguintes documentos fazem parte do projeto de um sistema de medição de água bruta:

- Coordenadas geográficas do ponto de medição.
- Documentação fotográfica que ilustre o local e as condições existentes para a instalação do sistema de medição.
- Diagrama esquemático das instalações indicando a(s) corrente(s) de água, incluindo a posição exata do ponto de medição.
- Memorial descritivo do sistema de medição, incluindo informações e dados sobre a arquitetura do sistema.
- Diagrama de tubulação e instrumentação (P&ID) e diagramas isométricos contendo as informações pertinentes referentes ao ponto de medição.
- Plano de gerenciamento de lacres e proteções para a instalação de medição, relacionando todos os lacres instalados em instrumentos, sistemas, válvulas e outros dispositivos, a função de cada lacre e as operações para as quais poderia ser necessária à sua remoção. Devem, também, constar deste plano, senhas ou outros meios para impedir o acesso não autorizado aos sistemas eletrônicos em operações realizadas por meio de programação ou configuração.
- Memorial de cálculo das incertezas estimadas de medição para os volumes medidos no ponto onde o sistema será instalado, destacando as incertezas previstas para as faixas limites de vazão.
- Documentos relativos aos procedimentos de calibração dos instrumentos de medição associados ao sistema de medição.
- Especificações e folhas de dados dos instrumentos de medição, amostradores e acessórios.
- Manual de operação do sistema de medição, contendo uma descrição dos procedimentos de medição e cálculo dos volumes medidos.

Toda a documentação listada anteriormente deve possuir identificação do responsável pelas informações prestadas e estar sempre à disposição para análise da ANA.

A ANA poderá solicitar documentos complementares além dos listados anteriormente.

ANEXO B - INSPEÇÃO TÉCNICA DOS SISTEMAS DE MEDIÇÃO DE ÁGUA BRUTA DO PISF

1. Introdução

Inspeção técnica é um exame de um projeto de produto, produto, processo ou instalação e determinação da sua conformidade com requisitos específicos ou, com base no julgamento profissional, com requisitos gerais.

No âmbito do PISF, a inspeção de um instrumento ou sistema de medição utilizado na medição de água bruta para fins de medição fiscal (captação de água do rio São Francisco), de transferência de custódia (entrega de água às Operadoras Estaduais) ou entrega ao consumidor final, deveria ser o seu exame técnico para constatar, entre outros, os seguintes itens:

- ✓ se está definido e documentado qual o tipo de medição a que se destina o sistema de medição;
- ✓ se a organização possui e opera eficazmente um sistema de gestão da medição de acordo com os requisitos da norma ABNT NBR ISO 10012;
- ✓ se a documentação do sistema de medição se encontra completa e é mantida organizada e atualizada;
- ✓ se o estado geral do sistema de medição e dos instrumentos e componentes associados evidencia que os equipamentos são mantidos em condições físicas e operacionais adequadas à sua aplicação;
- ✓ se os registros das medições são mantidos completos, organizados e atualizados;
- ✓ se os equipamentos de medição são mantidos calibrados, com rastreabilidade a padrões de referência reconhecidos e em condições de garantir a confiabilidade metrológica requerida à aplicação;
- ✓ se as medidas para a garantia do suprimento de energia para operação do sistema de medição são adequadas;
- ✓ se a instalação dos equipamentos do sistema de medição foi realizada de forma correta e cumprindo todos os requisitos técnicos aplicáveis;
- ✓ se os operadores do sistema de medição são competentes para operar o sistema de medição instalado no ponto de medição;
- ✓ se os regulamentos da ANA estão sendo plena e satisfatoriamente cumpridos.

2. Tópicos para Inspeção de Sistemas de Medição do PISF

A título de exemplo e orientação, são apresentados, a seguir, tópicos importantes que deveriam ser abordados nas inspeções dos sistemas de medição de água bruta do PISF:

A) Tipo de medição e sistema de gestão da medição

Verificar se está definido e documentado qual o tipo de medição a que se destina o sistema de medição: medição de vazão e totalização de volume de recalque de água em estação de bombeamento, medição de vazão e totalização de volume de entrega de água em TUD, medição de vazão e totalização de volume de água entregue para pequenos consumidores, medição de vazão e totalização de volume de água em ponto de controle de canal, medição de volume de água em reservatório ou outro.

Verificar se existe projeto aprovado pela ANA para o sistema de medição de água bruta no ponto de medição sob inspeção.

Verificar se estão disponíveis os fluxogramas, folhas de especificação de instrumentos, memorial descritivo e as respectivas aprovações.

Verificar se o medidor de água utilizado possui portaria de aprovação de modelo emitido pelo Inmetro.

Caso aplicável, verificar se existem outros instrumentos associados ao sistema de medição, como medidores de pressão e de temperatura. Se existirem, verificar se estão instalados corretamente, nas posições corretas, se estão calibrados e com certificados de calibração disponíveis.

Verificar se existe medidor reserva instalado para entrar em operação imediatamente em caso de falha do medidor em operação. Verificar se a fiação está operacional. Verificar se o arranjo de tubulação para o medidor reserva é adequado. Verificar se o acionamento do medidor reserva é apropriado.

Verificar se os procedimentos técnicos para as diferentes atividades relacionadas com os medidores (instalação, operação, zeragem, limpeza, manutenção, etc.), estão disponíveis para os operadores, se estão sendo utilizados e se são mantidos atualizados.

Verificar se há necessidade e, em caso positivo, se existe uma válvula de controle instalada a montante do medidor.

Verificar se o totalizador de volume ou computador de vazão possui modo de “reset” e, se houver, verificar como é evitado o acionamento acidental do mesmo.

Verificar se existe um procedimento documentado do cálculo ou do algoritmo utilizado no computador de vazão ou totalizador de volume e se este foi validado.

Verificar se os procedimentos ou algoritmos de cálculo para medição da vazão e totalização do volume de água são específicos para cada tipo de aplicação ou se são os mesmos para todos os tipos de medição.

Verificar se existe formalmente designado pela gerência da empresa um responsável e um substituto pela operação e manutenção do sistema de gestão da medição.

Verificar se o sistema de gestão da medição é mantido eficazmente e é continuamente atualizado.

B) Análise da documentação

Verificar se os seguintes documentos estão organizados em pastas específicas, identificadas com clareza e facilmente recuperáveis:

- Identificação do ponto de medição (TAG);
- Folha de dados do medidor e instrumentos associados que compõem o sistema de medição, contendo a identificação, marca, modelo, nº de série, faixa de operação, etc.;
- Fluxograma simplificado do sistema de medição;
- Se aplicável, um memorial descritivo simplificado da arquitetura de automação do sistema de medição;
- Memória de cálculo de ajustes ou folhas de dados de todos os valores ajustáveis no sistema;
- Memórias de cálculo das incertezas de medida do sistema de medição.

Verificar se estão disponíveis para consulta os registros de leitura das vazões ou volumes de água bruta.

C) Inspeção da condição geral do sistema de medição

Verificar o estado geral do sistema de medição e dos instrumentos e componentes associados.

Verificar se o sistema de medição se encontra perfeitamente operacional, completo, íntegro, sem danos aparentes ou evidências de depredação.

Verificar se o medidor e os instrumentos associados do sistema de medição instalados estão devidamente identificados com plaqueta do fabricante afixada (com rebites, parafusos ou outro meio) e bem preservada, contendo nome do fabricante, modelo e n.º série legíveis.

Verificar se os números de série dos instrumentos instalados nos pontos de medição correspondem aos números de série registrados nos certificados de calibração.

Verificar o estado geral dos cabos de ligação, fios, conectores, conduítes, condutos de proteção, *tags* de identificação, etc.

D) Proteção do sistema de medição e sua instrumentação

Verificar se o sistema de medição e os instrumentos associados requerem e possuem proteção física apropriada contra fraudes, vandalismo ou furtos.

Verificar se o sistema de medição e os instrumentos associados estão protegidos contra possíveis danos provocados por intempéries (radiação solar excessiva, chuva, inundação, poeira, oxidação, interferências eletromagnéticas, descargas atmosféricas etc.) e riscos locais.

Verificar se o grau de proteção IP (mínimo IPW65) definido na folha de dados do sistema de medição e a especificação de área do ponto de medição estão compatíveis.

Verificar se as proteções existentes e o grau de proteção definido para o sistema de medição são adequados à aplicação, considerando as circunstâncias locais do ponto de medição.

E) Análise dos registros

Verificar se existem registros dos volumes totalizados medidos de água bruta nos boletins diários de medição (BDM).

Verificar se as medições de água bruta lançadas nos BDMs são os valores efetivamente medidos.

Verificar se existe algum parâmetro informado que não tenha sido medido ou corrigido. Em caso afirmativo, verificar qual o método de estimativa utilizado.

Verificar se as variações das condições de processo registradas no último ano (vazão, pressão, temperatura e qualidade da água) estão dentro das faixas compatíveis com os instrumentos de medição empregados.

Se a variação for superior à faixa de medição especificada de um instrumento, verificar se existe outro compatível em paralelo, com a fiação operacional e com chaveamento automático.

Verificar se ocorreram mudanças de vazão, pressão, temperatura e qualidade da água desde a última calibração do sistema de medição e instrumentos associados. Verificar se tais mudanças não implicam a necessidade de uma recalibração dos mesmos.

F) Calibração

Verificar se o sistema de gestão da medição mantém os registros dos históricos das calibrações dos medidores e instrumentos associados de forma acessível e organizada.

Verificar se as calibrações dos medidores e instrumentos associados seguem um plano de calibração.

Verificar se o medidor e os instrumentos associados que integram o sistema de medição estão com os seus respectivos certificados de calibração em dia.

Verificar se é atendida a periodicidade de calibração exigida pela ANA para o medidor e os instrumentos associados que integram o sistema de medição de água bruta, considerando o tipo de aplicação.

Verificar se os certificados de calibração contêm os seguintes dados mínimos:

- identificação do organismo de calibração acreditado (nome e razão social, endereço, informações para contato);
- número do certificado de calibração;
- identificação do contratante (nome, endereço, informações para contato) do serviço de calibração;
- uma descrição e, quando necessário, condição do item calibrado;
- identificação não ambígua do item calibrado (tipo, fabricante, modelo, n.º de série, faixa de medição e faixa calibrada);
- local de realização da calibração;
- data da calibração;
- data de emissão do certificado;
- resultados obtidos antes e depois de qualquer ajuste ou reparo, se disponíveis;
- resultados da calibração (no mínimo os valores indicados, valores de referência, unidades de medida, parâmetro de desempenho metrológico, incertezas expandidas apresentadas na mesma unidade do mensurando ou na forma de um termo relativo ao mensurando como, por exemplo, percentual);
- método de calibração utilizado;
- condições (por exemplo, ambientais) sob as quais as calibrações foram realizadas, que tenham influência sobre os resultados de medição;
- fluido de calibração utilizado;
- padrões de referência utilizados, suas datas de sua calibração e rastreabilidade das medidas;
- uma declaração de que os resultados se referem somente ao item calibrado;
- quando pertinente, uma declaração de conformidade aos requisitos ou especificações;
- quando apropriado, opiniões e interpretações;
- identificação dos responsáveis pela execução do serviço e pela emissão do certificado.

Caso o medidor tenha sido calibrado fora do local de instalação, verificar se nos certificados de calibração é deixado claro qual o fluido de calibração utilizado. Verificar se o fluido utilizado é compatível com a qualidade da água bruta medida.

Verificar se os padrões de referência utilizados nas calibrações dos medidores de água e instrumentos associados estão com os certificados de calibração dentro do prazo de validade.

Verificar se, após as calibrações, é realizada uma análise crítica dos resultados das calibrações dos medidores e instrumentos associados, por exemplo, avaliando se a variação dos parâmetros de desempenho metrológico dos instrumentos está coerente.

Verificar se as incertezas de medida relatadas nos certificados de calibração dos medidores e instrumentos associados são coerentes com os limites de incerteza final definidos para cada aplicação específica.

G) Suprimento de energia e aterramento

Verificar se o sistema de medição requer suprimento de energia elétrica para sua operação. Em caso positivo, verificar se o suprimento de energia existe e é adequado (em termos de rede elétrica instalada, tensão, frequência, potência, qualidade, estabilidade, constância) à aplicação.

Verificar se o sistema de medição dispõe de suprimento de energia por fonte de alimentação ininterrupta (*nobreak*).

Verificar se a fonte de alimentação ininterrupta tem capacidade de atender todo o sistema de medição e pelo tempo mínimo definido de acordo com um plano de contingência do operador.

Verificar se, em caso de falha ou manutenção da fonte de alimentação ininterrupta, existe procedimento para garantia da continuidade operacional do funcionamento do sistema de medição.

Verificar se o chaveamento é automático quando da interrupção no fornecimento de energia primária.

Verificar se há inspeção periódica da fonte de alimentação ininterrupta. Verificar se as suas condições fazem parte do *log* de alarmes do sistema de medição, incluindo alarmes de condições anteriores ao *shut down* da fonte de alimentação ininterrupta.

Verificar se é necessário e se há redundância nas linhas de alimentação do sistema de medição.

Verificar se as baterias do banco de baterias da fonte de alimentação ininterrupta são inspecionadas periodicamente e de acordo com um procedimento definido. Verificar se existem registros dessas inspeções.

Verificar se existe um ponto de aterramento para a instrumentação do sistema de medição, independente do ponto de aterramento do suprimento elétrico.

Verificar se foi realizada a medição da resistência de aterramento no ponto de aterramento da instrumentação de acordo com o procedimento da norma NBR15749:2009 *Medição de resistência de aterramento e de potenciais na superfície do solo em sistemas de aterramento*.

Verificar qual o valor encontrado.

Verificar se há um certificado da medição emitido e assinado por responsável técnico competente.

Verificar se há uma barra de aterramento instalada em cada painel do sistema de medição.

Verificar se a barra de aterramento está conectada ao ponto de aterramento da instrumentação.

Verificar se as bitolas da fiação de aterramento e da fiação de alimentação são adequadas.

Verificar se a resistência elétrica entre a conexão superior do ponto de aterramento e a barra de aterramento do painel mais distante é adequada. Verificar se é medido periodicamente o valor desta resistência elétrica de aterramento.

H) Acessórios para a instalação do medidor

Verificar se o tipo de medidor de água bruta requer a instalação de um filtro a montante. Se necessário, verificar se o filtro se encontra instalado no ponto de medição e se possui as características (tipo de filtro, material de construção, *mesh* da malha etc.) requeridas à aplicação.

Verificar se existe um manômetro para o monitoramento da pressão diferencial no filtro e se a pressão diferencial é satisfatória ao bom funcionamento do sistema.

Verificar se o filtro está instalado a uma distância apropriada do medidor, de forma a não interferir na medição.

Verificar se a frequência de limpeza e manutenção do filtro é adequada.

Verificar se existe um contorno (*by-pass*) do medidor para operações de manutenção ou retirada do medidor. Se existir, verificar se o contorno possui válvulas de bloqueio com lacres para controle da operação. Verificar se as válvulas são do tipo duplo bloqueio com dreno. Em não sendo deste tipo, verificar se são realizados testes de estanqueidade, qual a periodicidade e se existe um procedimento para esse teste.

Verificar se o responsável pela execução do teste de estanqueidade é tecnicamente competente.

Verificar se estas válvulas de bloqueio constam do projeto apresentado à ANA.

Verificar se as válvulas de bloqueio e de *by pass* possuem selagem e se há controle desses selos.

Verificar se a pressão diferencial (perda de carga) produzida pelo medidor é condizente com o valor esperado de acordo com o catálogo técnico do medidor para a vazão de operação.

Para os medidores de vazão que dependem do perfil de velocidades plenamente desenvolvido na sua entrada, verificar se a configuração do conduto e os componentes do sistema hidráulico a montante e a jusante do mesmo proporcionam essa condição.

Verificar se os comprimentos dos trechos retos de conduto a montante e a jusante do medidor de vazão estão de acordo com os requisitos das normas técnicas e das recomendações do fabricante do medidor.

Verificar se há presença de vibração, compressão ou tensão mecânica sobre o medidor durante a sua operação. Em caso positivo, verificar como esses fenômenos foram detectados e avaliados. Verificar se esses fenômenos influem no desempenho do medidor e, em caso positivo, quais medidas devem ser tomadas para resolver esse problema.

Nas aplicações de medição em condutos forçados, verificar se existe a possibilidade de o medidor vir a operar com o conduto parcialmente preenchido. Se houver, verificar quais as medidas previstas e tomadas pelo operador para evitar a sua ocorrência.

Verificar se os medidores estão em posição que possa acumular ar. Em caso positivo, verificar se há respiros (*vent*), se há um procedimento de purga e qual a frequência de purga.

Verificar se há possibilidade de reversão do sentido do escoamento da água através do sistema de medição. Em caso positivo, verificar quais as providências tomadas para resolver ou mitigar esse problema.

Verificar se há arranjo de tubulação adequado para permitir a retirada do medidor em operação quando este necessitar de manutenção, sem prejuízo para a medição. Verificar se há previsão e suportes adequados para a operação de retirada e reinstalação do medidor no local.

Verificar se há acesso e apoio para a viabilização dos serviços de manutenção e de operação do sistema de medição.

Se aplicável, verificar se há dispositivos e procedimentos para proteção do sistema de medição contra condições operacionais que extrapolem as condições previstas no projeto e se estes são apropriados.

I) Capacitação técnica dos operadores

Verificar se os operadores do sistema de medição receberam capacitação e treinamento adequados para operar o sistema de medição instalado no ponto de medição.

Verificar se a capacitação e o treinamento ministrados foram adequados do ponto de vista do conteúdo técnico, metodologia (teoria e prática), prazo de duração, há quanto tempo foi ministrado, competência de quem o ministrou, método de avaliação da eficácia do treinamento e resultados.

Verificar como novos operadores que ingressam no sistema de gestão da medição recebem essa mesma capacitação e treinamento e quem o ministra. Verificar se o procedimento está adequado à finalidade.

Verificar se existe implementada uma sistemática de treinamentos periódicos para atualização da capacitação dos operadores nos sistemas de medição. Verificar se a periodicidade é satisfatória, quando foi o último e quem o ministrou.

Verificar se existe monitoramento da capacitação dos operadores dos sistemas de medição após os treinamentos e se os resultados têm sido satisfatórios.

ANEXO C - AUDITORIA DO SISTEMA DE MEDIÇÃO DE ÁGUA BRUTA DO PISF

A auditoria técnica independente se constitui em um dos métodos mais eficazes e utilizados para se comprovar que um sistema de gestão da medição de uma organização é mantido e operado em condições adequadas de funcionamento para efetuar as medições previstas, dentro de premissas de utilização adequadas, atendendo às exigências técnicas e metrológicas aplicáveis.

Nesse sentido, na operação do PISF, auditorias técnicas realizadas em intervalos planejados teriam como objetivo comprovar se o sistema de gestão da medição do Operador Federal está conforme com os requisitos da própria organização para as atividades de captação, bombeamento, transporte, reservação e entrega de água; se está cumprindo as regulamentações da ANA e se está implementado e mantido eficazmente.

Na prática, existem diferentes abordagens para a condução de uma auditoria técnica sobre um sistema de gestão da medição podendo, por exemplo, ser abrangente ou específica sobre um tópico ou uma parte do sistema. No entanto, normalmente todas objetivam verificar se a organização possui estruturado, documentado e implementado um sistema de gestão da medição de acordo com os requisitos da norma ABNT NBR ISO 10012 *Sistemas de gestão de medição – Requisitos para os processos de medição e equipamento de medição*. Em resumo, essa norma técnica prevê a abrangência dos seguintes tópicos que compõem um sistema de gestão da medição:

- 1) Requisitos gerais
- 2) Responsabilidade da direção
 - Função metrológica
 - Foco no cliente
 - Objetivos da qualidade
 - Análise crítica pela direção
- 3) Gestão de recursos
 - Recursos humanos
 - Recursos de informação
 - Recursos materiais
 - Fornecedores externos
- 4) Comprovação metrológica e realização do processo de medição
 - Comprovação metrológica
 - Processo de medição
 - Incerteza de medição e rastreabilidade
- 5) Análise e melhoria do sistema de gestão de medição
 - Generalidades
 - Auditoria e monitoramento
 - Controle de não-conformidades
 - Melhoria

Cada um dos tópicos da norma é composto por um conjunto de requisitos, os quais requerem ser entendidos, planejados, estruturados, implementados e mantidos por meio dos recursos e processos estabelecidos no sistema de gestão da medição da organização.

A auditoria técnica tem como finalidade constatar, por meio do levantamento de evidências objetivas, que os requisitos da norma estão sendo atendidos, se os regulamentos normativos da ANA estão sendo cumpridos e se o sistema de gestão da medição está efetivamente implementado e é mantido de forma eficaz.

O relatório de auditoria deve conter, de forma estruturada e clara, as informações, dados, fatos e evidências objetivas levantadas durante a auditoria para cada um dos requisitos previstos na Norma. Recomenda-se que a estrutura do relatório siga a sequência das cláusulas definidas na Norma.



MINISTÉRIO DO
MEIO AMBIENTE E
MUDANÇA DO CLIMA

