

Anexo Único – Manual de Monitoramento da Continuidade do Abastecimento

SUMÁRIO

1 OBJETIVOS.....	1
2 SISTEMA DE MONITORAMENTO.....	2
2.1 DEFINIÇÕES BÁSICAS.....	2
2.2 DEFINIÇÕES COMPLEMENTARES.....	4
2.2.1 SETORIZAÇÃO CLÁSSICA.....	5
2.2.2 Área de Influência.....	6
2.2.3 Zona de Abastecimento.....	6
2.2.4 Distrito de Medição e Controle.....	6
2.2.5 Zona de Pressão.....	7
2.2.6 Distrito Pitométrico.....	8
2.2.7 Setor de Manobra.....	8
2.2.8 Recomendação.....	10
2.3 INDICADOR DE MONITORAMENTO DA CONTINUIDADE.....	10
2.3.1 Periodicidade.....	11
2.3.2 Exemplos de cálculo para fixação conceitual do IAP05.....	12
2.3.3 Confiabilidade e Exatidão dos Dados.....	14
2.4 MODELOS DE APURAÇÃO.....	17
2.4.1 Modelo "B".....	17
2.4.2 Modelo "A".....	20
2.4.3 Comparação dos modelos.....	24
2.5 RECOMENDAÇÕES.....	25
3AS DIRETRIZES PARA A SELEÇÃO DE PONTOS DE MONITORAMENTO.....	27
3.1 DIRETRIZES BÁSICAS.....	27
3.2 DIRETRIZES AVANÇADAS.....	27
4 ORIENTAÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO DA INFRAESTRUTURA DE MONITORAMENTO.....	30
5 SÍNTESE DAS AÇÕES DE ROTINA E RESPECTIVOS AGENTES RESPONSÁVEIS.....	42
6 GUIA DE REFERÊNCIA PARA PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO, AQUISIÇÃO E TRANSMISSÃO DE DADOS.....	43
6.1 MEDIÇÕES.....	43
6.1.1 Local.....	45
6.1.2 Telemetria.....	45
7 ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DOS MATERIAIS, MÉTODOS E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS.....	47
7.1 SELEÇÃO DE MEDIDORES DE VAZÃO.....	47
7.1.1 Requisitos obrigatórios para datalogger de pressão.....	49
7.1.2 Requisitos recomendados para datalogger de pressão.....	49
7.2 DATALOGGER DE VAZÃO E PRESSÃO.....	49
7.2.1 Requisitos obrigatórios para datalogger de vazão e pressão.....	51
7.2.2 Requisitos recomendados para datalogger de vazão e pressão.....	51

8 GUIA DE REFERÊNCIA PARA MODELAGEM, SIMULAÇÃO E CALIBRAÇÃO DO MODELO COMPUTACIONAL.....	52
8.1 MODELADOR HIDRÁULICO.....	52
8.2 INSUMOS BÁSICOS.....	52
8.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE A DEMANDA DE ÁGUA E VARIAÇÃO DE CONSUMO.....	53
8.3.1 Determinação do consumo base.....	54
8.3.2 Coeficiente de Rugosidade.....	56
8.3.3 Válvulas de Controle.....	57
8.3.4 Componentes Operacionais do Sistema.....	57
8.3.5 Padrões Temporais.....	58
8.3.6 Padrão de Consumo.....	59
8.3.7 Coeficientes de Correção (K1 e K2).....	59
8.3.8 Controles.....	59
8.4 CALIBRAÇÃO DO SISTEMA.....	60
9 ESTRATÉGIAS PARA MANUTENÇÃO DA CONTINUIDADE DO ABASTECIMENTO.....	61
9.1 GESTÃO DE ATIVOS.....	61
9.1.1 Gestão de Ativos Infraestruturais.....	61
9.1.2 Cadastro técnico completo.....	62
9.1.3 Monitoramento de variáveis.....	63
9.1.4 Automação.....	63
9.1.5 Ativos não infraestruturais (recursos humanos e informação).....	64
9.2 GESTÃO DAS PERDAS DE ÁGUA.....	64
9.2.1 Objetivos específicos do DMC.....	66
10 BIBLIOGRAFIA.....	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de Setorização Clássica.....	5
Figura 2: Zona de Abastecimento de um Hipotético Sistema de Distribuição.....	9
Figura 3: Hipotético Sistema de Distribuição.....	13
Figura 4: Exemplo tipo do Modelo B.....	19
Figura 5: Validação do Modelo.....	21
Figura 6: Vista aérea do Município de Tarrafas – 977 ligações.....	29
Figura 7: Vista aérea do Município de Pacoti – 890 ligações.....	29
Figura 8: Passos para implantação da infraestrutura – Modelo de Monitoramento “B”	31
Figura 9: Diagrama do Subsistema Vaquejada.....	32
Figura 10: Validação de Pontos de Monitoramento.....	35
Figura 11: Setor de Monitoramento Betolândia (Parte).....	37
Figura 12: Registro típico de medição de pressão - Ponto Crítico.....	38
Figura 13: Curva de vazão x pressão.....	44
Figura 14: Caixa de Medidor de Pressão.....	45
Figura 15: Classificação de Medidores de Vazão.....	48
Figura 16: Campo de aplicação de medidores.....	48
Figura 17: Datalogger com telemetria.....	50

Figura 18: Fluxograma para montagem do modelo hidráulico.....	55
Figura 19: Configuração típica de uma das telas do EPANET.....	56
Figura 20: Caixa de entrada de dados – Curva.....	57
Figura 21: Caixa de entrada de dados – Padrão.....	58
Figura 22: Caixa de entrada de controle simples.....	58
Figura 23: Balanço Hídrico.....	65
Figura 24: Cruz de Perda Aparente.....	65
Figura 25: Cruz de Lambert.....	66
Figura 26: Relação entre pressão e volume perdido.....	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Configurações dos setores de medição e controle.....	9
Quadro 2: Exemplo de Cálculo do Indicador de Monitoramento.....	14
Quadro 3: Classificação da confiabilidade dos dados - Resolução 167/2013.....	15
Quadro 4: Exatidão do resultado.....	15
Quadro 5: Classificação da exatidão dos dados.....	16
Quadro 6: Classificação da confiabilidade e exatidão dos dados.....	16
Quadro 7: Procedimentos para monitoramento da continuidade – Modelo “A”	23
Quadro 8: Comparação entre Modelos.....	24
Quadro 9: Identificação de pontos de monitoramento do Subsistema Vaquejada.....	33
Quadro 10: Exemplo de tabela de dados obtida do datalogger de pressão.....	39
Quadro 11: Matriz de responsabilidades.....	42
Quadro 12: Coeficiente de Rugosidade (Formula de Hazen-Williams).....	56
Quadro 13: Gestão de Ativos da Infraestrutura – Componentes e requisitos.....	62

1 OBJETIVOS

O Sistema de Monitoramento da Continuidade está em consonância com os dispositivos recomendados pela Resolução ARCE Nº 167, de 05 de Abril 2013, que dispõe sobre procedimentos de prestação de informações periódicas e eventuais, bem como institui o sistema de avaliação de desempenho dos serviços públicos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, e dá outras providências (ARCE, 2013).

Portanto, o Manual de Monitoramento de Continuidade tem por objetivos estabelecer as diretrizes e procedimentos técnicos necessários para a gestão do sistema de acompanhamento da continuidade do abastecimento de água, além de ser um instrumento permanente e atualizável de capacitação dos técnicos da ARCE e CAGECE.

Além disto, o Manual é um instrumento para orientar, tanto os técnicos da CAGECE, como os técnicos da ARCE, através de toda a cadeia de construção do indicador, desde a aquisição de dados primários até a obtenção dos indicadores, incluindo também os procedimentos associados de suporte e manutenção do sistema.

2 SISTEMA DE MONITORAMENTO

2.1 Definições Básicas

Para efeito de objetivar a interpretação deste Manual as definições e conceituações a seguir foram transcritas da “DAS DISPOSIÇÕES INICIAIS”, CAPÍTULO I a Resolução ARCE Nº 167/2013 (ARCE, 2013):

Avaliação de desempenho

Refere-se à avaliação e comparação periódica e integral do conjunto de indicadores de desempenho.

Indicador de desempenho

Trata-se da medida de avaliação quantitativa da eficiência e/ou da eficácia de um elemento ou atividade relativa ao serviço prestado. A eficiência mede se os recursos disponíveis são utilizados de modo ótimo para a produção do serviço. A eficácia, por sua vez, mede o cumprimento dos objetivos de gestão, específicos e realistas.

Um indicador de desempenho pode ser definido como uma medida quantitativa de um aspecto particular da prestação dos serviços, expressando o nível atingido em relação a um determinado objetivo, proporcionando uma avaliação direta da eficiência e da eficácia da prestação dos serviços (IWA, 2000).

Monitoramento Regular

É o acompanhamento regular e análise independente e individualizada de alguns indicadores de desempenho, tendo em conta os objetivos fins e a periodicidade da coleta dos respectivos dados.

Sistema de Avaliação

O conjunto de componentes e regras que permitem a avaliação de desempenho dos serviços de abastecimento de água e/ou de esgotamento sanitário.

Período de Avaliação

Refere-se ao período correspondente a um ano civil a que se reporta cada avaliação de desempenho, podendo ou não ser considerado um

acompanhamento periódico, de acordo com as especificidades de cada indicador.

Localidade

Representa todo lugar onde exista um aglomerado permanente de habitantes, nos termos e critérios adotados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Prestador de Serviços

É o órgão ou entidade responsável pela execução das obras e instalações, a operação e manutenção dos serviços de captação, transporte, tratamento, reservação e distribuição de água, e o esgotamento, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários, a medição dos consumos, o faturamento, a cobrança e arrecadação de valores e monitoramento operacional de seus serviços.

Sistema de abastecimento de água

É a infraestrutura necessária ao abastecimento público de água potável destinada a um conjunto de usuários cujo atendimento possa compartilhar quaisquer das instalações operacionais de ligações, ramais prediais, distribuição, reservação, tratamento, adução, elevação ou captação, não incluídos os mananciais.

Subsistema

Parte do sistema de abastecimento de água delimitado de forma a abranger a área de uma unidade de informação, nunca contendo mais de um único município para cada subsistema.

Sistemas Integrados

Considerarem-se como Sistemas Integrados aquelas unidades produtoras de água potável que fornecem suprimento a diversos municípios simultaneamente ou quando mais de uma unidade produtora atende um único município, bairro, setor ou localidade.

Sistemas isolados

Referem-se aos sistemas produtores que atendem isoladamente bairros, setores ou localidades.

Sistema local

Refere-se ao sistema de abastecimento de água destinado a atender usuários de uma ou mais localidades situadas todas em um único município, e que contenha a infraestrutura implantada no território do mesmo município, incluindo a infraestrutura de captação, armazenamento e transporte de água bruta.

Sistema regional ou intermunicipal

Refere-se ao sistema de abastecimento de água destinado a atender usuários de localidades situadas em mais de um município, caracterizando-se o sistema regional aquele que integra uma prestação regionalizada, conforme definida na Lei Federal 11.445, de 5 de janeiro de 2007, e sistema intermunicipal aquele que atende a usuários em mais de um município nos casos que não integram uma prestação regionalizada.

Unidade de avaliação

Unidade territorial e funcional elementar sujeita à avaliação de desempenho no âmbito do sistema de avaliação de desempenho, correspondendo, para cada Prestador de Serviços, a cada município e a cada serviço, no caso o serviço de abastecimento de água.

Unidade de informação

Espaço de atendimento do fornecimento de água pelo sistema de abastecimento de água que delimita a abrangência da área para qual a informação é fornecida do Prestador de Serviços à ARCE da forma mais próxima da realidade possível, tais como um município, um sistema ou um subsistema.”

2.2 Definições Complementares

O gerenciamento do controle de pressão inclui uma combinação de técnicas e ações diferentes para se atingir o controle do sistema de distribuição e alcançar os benefícios fixados. Para melhor entendimento do assunto, é prudente que os conceitos relativos aos diversos tipos de setorização de redes de distribuição sejam uniformizados.

Normalmente, são utilizadas diferentes denominações para nomear a setorização de um sistema de distribuição, e isto pode gerar distorções no entendimento e análise de resultados. Neste Manual, são adotadas como padrão, as definições dos diversos setores que podem ser configurados em um sistema de distribuição de água.

A finalidade da setorização é de promover a gestão rigorosa dos quesitos básicos necessários à prestação do serviço de abastecimento de água no que tange à

qualidade, quantidade, regularidade, confiabilidade e custo, além de possibilitar o acompanhamento da evolução do consumo e avaliar as perdas de água na rede, de forma temporária ou permanente. Qualquer que seja o nível da setorização, a sua área obrigatoriamente deverá ser perfeitamente delimitada, estanque e isolável por medidores e/ou isolável por manobras.

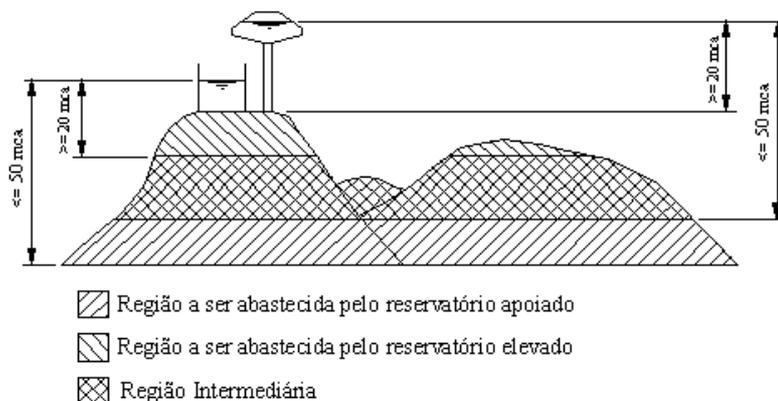
Dependendo da finalidade de monitoração, estes setores podem ter denominações especiais de Zonas de Abastecimento, Subzonas de Abastecimento, Áreas de Influência e Distritos de Medição e Controle.

2.2.1 Setorização Clássica

Segundo a Norma Técnica ABNT NBR 12218/1994¹, a pressão estática máxima nas tubulações de distribuidoras deve ser de 500 kPa (50 mca), e a pressão dinâmica mínima, de 100 kPa (10 mca). Valores de pressão superiores à pressão estática ou inferiores à pressão dinâmica podem ser aceitos desde que devidamente justificados (ABNT, 1994).

Na setorização clássica, figura 1, para condicionar as pressões de serviços dentro do patamar fixado pela NBR 12218, torna-se necessária a existência de um reservatório elevado de no mínimo dez metros de altura acima da cota mais alta do setor em questão, podendo este estar situado dentro ou fora da área do referido setor.

Figura 1: Esquema de Setorização Clássica



(Tardelli Filho, et al., 1999)

¹Esta Norma está em processo de revisão pela ABNT.

2.2.2 Área de Influência

É considerada área de influência de uma ou mais unidades associadas de um Sistema de Distribuição de Água, o conjunto de redes e ligações situado à jusante desta, por exemplo, de um reservatório, elevatória, booster, válvula de controle ou medidores.

2.2.3 Zona de Abastecimento

É o contexto geográfico coberto pela rede de distribuição de um sistema de abastecimento de água, podendo ser uma localidade específica ou partes de uma região metropolitana que compreenda várias localidades. A Zona de Abastecimento - ZA pode subdividir-se em subzonas de distribuição de água - SZA. Conceitualmente, a ZA é a unidade básica de um sistema distribuidor de água, que compreende linhas primárias e secundárias de uma área circunscrita à ação do suprimento de água diretamente de uma estação de tratamento de água, ou de uma derivação de adutora ou ainda, indiretamente, através de um reservatório setorial. No caso de poços artesianos a sua zona de abastecimento é a área circunscrita à sua ação. Portanto, este conceito (ZA e/ou SZA) se aplica adequadamente à gestão (monitoramento e controle) de grandes áreas de abastecimento de água.

2.2.4 Distrito de Medição e Controle

Devido à complexidade de gestão das ZA e suas SZA, foi padronizado pela *International Water Association - IWA*, como uma das melhores práticas de gestão das perdas de água, a divisão de vastas áreas de abastecimento de água em setores menores, o que permite analisar cada componente das perdas de água e definir ações que proporcionem otimizar a eficiência e eficácia da gestão operacional do sistema de distribuição de água.

A alimentação de um DMC, sempre que for viável, deverá ser através de uma única entrada capacitada de instalações normatizadas que possibilitam o monitoramento remoto das medições contínuas das vazões mínimas, médias e máximas (somente na entrada do DMC) e das pressões, tanto do próprio DMC, quanto das suas zonas

de pressão, se for o caso. O tamanho do DMC pode variar de 1.000 a 5.000 ligações (Morrison, et al., 2005).

A implantação de DMC também é útil para a gestão do monitoramento da continuidade do abastecimento, bem como da qualidade da água e deterioração acelerada da infraestrutura, permitindo, também, conhecer o comportamento dos consumos da área, além de favorecer um planejamento efetivo no direcionamento das ações.

Em resumo, o DMC é a parte da rede de distribuição perfeitamente delimitada, estanque e isolável, com a finalidade de acompanhar a evolução do consumo, monitoramento da continuidade do abastecimento e avaliar as perdas de água na rede.

2.2.5 Zona de Pressão

É a área abrangida por uma subdivisão da rede na qual as pressões estática e dinâmica obedecem a limites prefixados. O gerenciamento do controle de pressão inclui uma combinação de técnicas e ações diferentes para se atingir o controle do sistema de distribuição e alcançar os benefícios fixados, principalmente para o controle das perdas de água. Portanto, é obrigatória a definição de um método para determinações das pressões concomitantemente com uma metodologia para monitoramento e acompanhamento das mesmas.

No contexto deste Manual, será considerada para efeito de quantificação da duração total do desabastecimento por setor de monitoramento, a pressão medida menor do que 1 mca. A pressão mínima foi definida com o objetivo de garantir que a tubulação de água da concessionária esteja pressurizada, garantindo sua segurança sanitária, e que o usuário possua água disponível no ponto de utilização. Ainda que a água não consiga abastecer o reservatório superior, o usuário a terá disponível ao nível próximo do solo. Também foi considerada a faixa de precisão dos equipamentos de medição recomendados nesse Manual, que é de 0,5 m.c.a, dessa forma, não faria sentido regulamentar pressão mínima em décimos de metro de coluna de água.

Este critério foi definido, levando-se em consideração a precisão dos equipamentos de medição recomendados nesse Manual, que é de 0,5 m.c.a. Dessa forma, leituras de 1 m.c.a, significam pressões disponíveis entre 0,5 m.c.a e 1,5 m.c.a, o que garante que tubulação está pressurizada, com as condições de segurança sanitária.

2.2.6 Distrito Pitométrico

O Distrito Pitométrico - DP é parte da rede de distribuição de uma determinada Zona de Abastecimento que pode ter funcionamento hidráulico independente, por meio de manobras em válvulas de bloqueio ou de tamponamento de redes, ou naturalmente por acidentes geográficos, avenidas, linhas férreas, ou outros referenciais, e cuja fonte de alimentação seja conhecida e mensurável por meio de processo pitométrico.

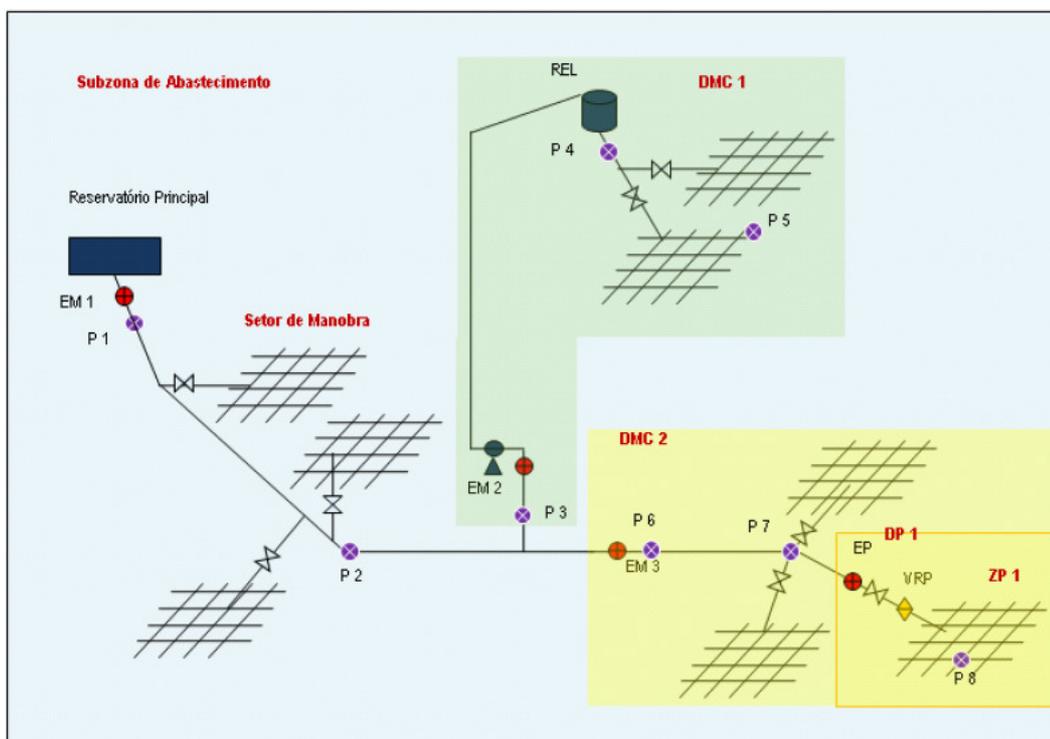
A principal finalidade do DP é de realizar estudos de distribuição de consumos e identificação de perdas através da análise de vazões e pressões, objetivando identificar fugas visíveis e não visíveis. As medições de vazão e pressão são feitas através de instalação de estações pitométricas – EP.

2.2.7 Setor de Manobra

O Setor de Manobra é considerado a menor subdivisão da rede de distribuição cujo abastecimento pode ser isolado pelo menor número de válvulas sem afetar o abastecimento do restante da rede.

A Figura 2 representa a setorização, com três zonas de pressão, de um hipotético sistema distribuição de água (RAP, REL e VRP), sendo que as configurações dos setores de medição e controle estão apresentadas no Quadro 1.

Figura 2: Zona de Abastecimento de um Hipotético Sistema de Distribuição



Quadro 1: Configurações dos setores de medição e controle

Nome do Setor	Monitoramento	
	Vazão	Pressão
Zona de Abastecimento	EM1	P1 (Saída do Reservatório)
Subzona de Abastecimento	EM1 - EM2 - EM3	P2 (Medida no ponto crítico)
DMC 1	EM 2	P5 (Medida no ponto crítico)
DMC 2	EM 3	P7 (Medida no ponto crítico)
DP 1	EP	P8 (Medida no ponto crítico)

Considerando o porte do sistema de distribuição, as possíveis configurações dos pontos de monitoramento da continuidade do abastecimento - IAP05 podem variar em função da quantidade de ligações ativas.

2.2.8 Recomendação

É desejável que os setores de distribuição de água, citados anteriormente, sejam indicados e mantidos atualizados em mapas temáticos da base do cadastro técnicos de rede (informatizados ou não) e que haja igual correspondência com a base do cadastro comercial. O ideal é que todas as informações das duas bases sejam disponibilizadas para os diversos setores da operadora em uma única base informatizada.

2.3 Indicador de Monitoramento da Continuidade

O Indicador de Monitoramento da Continuidade, código IAP05, visa avaliar a qualidade do serviço prestado pelo operador, quanto continuidade da disponibilidade da água para o consumidor. A sua metodologia de apuração permite sua agregação por município, por sistema e subsistemas.

A pressão mínima definida pela ARCE, para efeito de monitoramento da descontinuidade de abastecimento é a ocorrência de pressões inferiores a 1 m.c.a.

O Índice de Continuidade IAP05, expresso em h/dia/ligação, foi definido como sendo a relação entre a quantidade de horas totais de desabastecimento **de um determinado setor** pela quantidade de ligações ativas deste mesmo setor e a quantidade de dias corridos no período de análise.

$$IAP05 = 24 - \left(\frac{DA32}{DA07 * Dias} \right), \text{ onde:}$$

- ✓ DA32: Duração do total de horas de desabastecimento, em horas;
- ✓ DA07: Quantidade de ligações ativas de água, em ligações;
- ✓ Dias: Quantidade total de dias corridos no período de referência, em dia.

A componente DA32 refere-se ao valor da soma da quantidade de horas, no período de referência, que cada ligação ativa de água esteve sujeita a paralisações no sistema de distribuição de água. No caso de município atendido por mais de um sistema, as informações dos diversos sistemas devem ser somadas para obtenção

de indicadores por município. Para sistemas regionais ou intermunicipais, as informações devem ser alocadas ou rateadas para cada Município.

Valores de Referência

- Excelente ≥ 23 h/dia/ligação
- Bom ≥ 18 h/dia/ligação e < 23 h/dia/ligação
- Mediano ≥ 12 h/dia/ligação e < 18 h/dia/ligação
- Ruim < 12 h/dia/ligação

Os valores de referência foram estabelecidos na Resolução 167/2013 da ARCE: “A classificação de “Excelente” e atribuída as Unidades de Avaliação que superem o *target* definido pela ARCE. As classificações de “Bom”, “Mediano” e “Ruim” são atribuídas para cada Indicador de Desempenho em função da distancia do resultado alcançado ao *target* definido pela ARCE”, (ARCE, 2013).

2.3.1 Periodicidade

A periodicidade do processo de avaliação é estabelecida em função do comportamento de cada dado, da sua importância e da relação entre custos e benefícios resultantes do aumento da frequência da análise. Na fixação da periodicidade, é também considerada a volatilidade da informação, isto é, se os dados evoluem de forma mais rápida (como é o caso das análises de qualidade da água ou dos esgotos tratados nos sistemas) ou se têm um comportamento mais lento (como no caso dos níveis de cobertura dos serviços).

Assim sendo, distinguem-se dois tipos de análise no âmbito da aplicação do presente Manual:

Avaliação de Desempenho

Avaliação conduzida pela ARCE, podendo considerar alguma componente de auto avaliação do Prestador de Serviços. Esta análise abrange o processo completo de avaliação e será realizada numa base anual (ARCE, 2013).

Monitoramento Regular

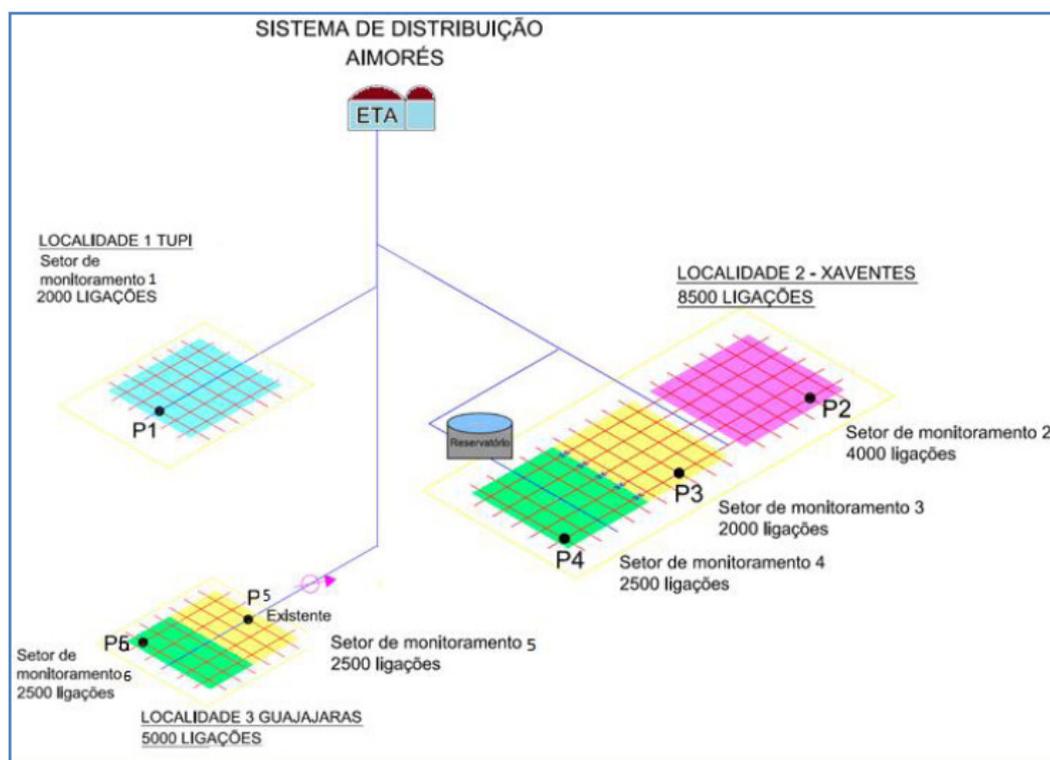
São análises parciais, de forma individual e independente tendo em vista fins específicos que exigem acompanhamento regular. Podem ser realizadas diretamente pelo Prestador de Serviços e/ou ser conduzidas pela ARCE, consoante a informação que necessitam e a frequência com que são realizadas. Estas análises abrangem o cálculo de indicadores específicos e tem periodicidade inferior a um ano, em geral, mensal (ARCE, 2013).

Poderão ser modificadas, acrescentadas ou suprimidas análises específicas no âmbito do monitoramento regular em função das necessidades e circunstâncias que eventualmente ocorram.

2.3.2 Exemplos de cálculo para fixação conceitual do IAP05

Considerando a Zona de Abastecimento do Hipotético Sistema de Distribuição, conforme mostrado na Figura 3, são apresentados no Quadro 2, situações de monitoramento para cálculo do Indicador de Monitoramento da Continuidade para os diversos setores de monitoramento configurados na Figura 3, com a variação da quantidade de ligações ativas em cada um dos setores e da quantidade de pontos de monitoramento, para um período de referência de 30 dias.

Figura 3: Hipotético Sistema de Distribuição



Quadro 2: Exemplo de Cálculo do Indicador de Monitoramento

Sistema de Distribuição de Água Aimorés							
LOCALIDADE	SETOR DE MONITORAMENTO	LIGAÇÕES ATIVAS DA07 UN	PONTOS DE MONITORAMENTO UN	TEMPO TOTAL DE DESABASTECIMENTO P1 h	DA32	IAP05 h/lig/dia	CLASSIFICAÇÃO
TUPI	Setor 1	2.000	P1	30	60.000	23,0	• Excelente
XAVANTES	Setor 2	4.000	P2	10	40.000	23,67	• Excelente
	Setor 3	2.000	P3	45	90.000	22,50	• Bom
	Setor 4	2.500	P4	15	37.500	23,50	• Excelente
	Total	8.500			167.500	23,34	• Excelente
GUAJAJARAS	Setor 5	2.500	P5	12	30.000	23,60	• Excelente
	Setor 6	2.500	P6	190	475.000	17,67	• Mediano
	Total	5.000			505.000	20,63	• Bom
S.D. AIMORÉS	TOTAL	15.500			732.500	22,42	• Bom

2.3.3 Confiabilidade e Exatidão dos Dados

A credibilidade dos Indicadores de Desempenho depende da qualidade e robustez dos dados fornecidos para a sua construção que pode ser através da combinação matemática de um ou mais dados, dessa forma, a credibilidade não será superior à qualidade dos dados considerados individualmente.

No âmbito deste Manual, a credibilidade é avaliada através da confiabilidade, e depende do modo como a informação é agregada, da sua exatidão, que mede a aproximação entre o resultado da medição e o valor verdadeiro da grandeza medida, conforme mostrado no Quadro 3.

Quadro 3: Classificação da confiabilidade dos dados - Resolução 167/2013

Classe de confiabilidade da fonte de informação	Conceito associado
A	Dados baseados em medições exaustivas, registros fidedignos, procedimentos, investigações ou análises adequadamente documentadas e reconhecidas como o melhor método de cálculo.
B	Genericamente como a anterior, mas com algumas falhas não significativas nos dados, tais como parte da documentação estar em falta, os cálculos serem antigos, ou ter-se confiado em registros não confirmados, ou ainda terem-se incluído alguns dados por extrapolação.
C	Dados baseados em estimativas ou extrapolações a partir de uma amostra limitada.

(ARCE, 2013)

A confiabilidade das informações obtidas por equipamentos de sensor de pressão, que possuem boa qualidade, é de 0,5% do Fundo de Escala, no caso, de 0,5 mca. Entretanto, a verificação do mesmo deve ser feita com periodicidade, pelo menos, anual.

No que respeita à exatidão, o Prestador de Serviços deve reportar o nível de cada dado, de acordo com a sua percepção do erro associado ao processo de apuração. O nível de exatidão dos dados é atribuído de acordo com a classificação definida no Quadro 5.

Quadro 4: Exatidão do resultado

Grandeza Medida	Quantidade de Pontos de Medição	Exatidão do Equipamento	Confiabilidade do Resultado	Exatidão do Resultado
Pressão	Poucos	Boa	Alta	Alta
	Muitos	Ruim	Baixa	Baixa
	Poucos	Ruim	Baixa	Baixa
	Muitos	Boa	Alta	Alta

Conforme mostrado no Quadro 4, se for efetuado um número muito reduzido de medidas de pressão e a qualidade do equipamento de medição da pressão oferecer uma boa exatidão, a confiabilidade do resultado será pouco baixa. Isto é, por exemplo, se forem efetuadas medições de pressão através de manômetro no ponto

crítico de 6h em 6h (6h, 12h, 18h e 24h), pode ocorrer desabastecimento entre tais intervalos de tempo. Então, o resultado será pouco confiável, apesar da exatidão da medição efetuada pelo equipamento. Portanto, é recomendado que a medição seja contínua através de um equipamento de boa qualidade.

Por outro lado, se forem efetuadas medições de pressão em muitos locais, por exemplo, nos pontos críticos, alto, mais distante e na entrada do setor, com um equipamento confiável, porém sujeito a falhas na medição, por exemplo, devido à bateria esgotada, compromete-se a exatidão do resultado final, muito embora que, os dados medidos enquanto o equipamento estiver energizado sejam confiáveis.

Nota-se, portanto, que é fundamental que seja dedicada especial atenção à avaliação dos graus de confiabilidade e de exatidão dos dados, conforme os Quadros 5 e 6.

Quadro 5: Classificação da exatidão dos dados

Classe de exatidão dos dados	Erro associado ao dado
0 - 5%	Menor ou igual a $\pm 5\%$
5 - 20%	Maior $\pm 5\%$ e menor ou igual a $\pm 20\%$
20 - 50%	Maior que $\pm 20\%$, e menor ou igual a $\pm 50\%$
> 50%	Maior que $\pm 50\%$

(ARCE, 2013)

Quadro 6: Classificação da confiabilidade e exatidão dos dados

Confiabilidade e Exatidão	A	B	C
0 - 5%	A1	B1	C1
5 - 20%	A2	B2	C2
20 - 50%	A3	B3	C3
> 50%	A4	B4	C4

(ARCE, 2013)

2.4 Modelos de Apuração

Foram definidos dois modelos para a apuração dos dados, de acordo com as definições da Resolução 167/2013 da ARCE: A metodologia denominada como “Modelo B”, que se enquadra como classe de confiabilidade da informação “B” e a metodologia denominada “Modelo A”, que se enquadra como classe de confiabilidade da informação “A”, conforme as classes de confiabilidade estabelecidas no Quadro 3.

No MODELO “B”, os dados são baseados em medições, mas com algumas falhas não significativas, tais como parte da documentação estar em falta, os cálculos serem antigos, ou ter-se confiado em registros não confirmados, ou ainda terem-se incluído alguns dados por extrapolação.

No MODELO “A”, os dados baseados em medições exaustivas, registros fidedignos, procedimentos, investigações ou análises adequadamente documentadas e reconhecidas como o melhor método de cálculo.

2.4.1 Modelo “B”

Para o levantamento do dado DA32 – Duração do total de horas de desabastecimento – para o cálculo do Indicador de Monitoramento da Continuidade, o Modelo de Monitoramento “B” pressupõe a extrapolação da duração total de horas de desabastecimento para o conjunto de ligações do Setor de Monitoramento, a partir do monitoramento contínuo, com *datalogger*, de pelo menos um ponto no interior do Setor.

O Setor de Monitoramento é definido como um conjunto de, no máximo, 5.000 ligações ativas de água, abastecidos por um mesmo reservatório, estação elevatória ou poço com injeção direta na rede, associados a um ponto de monitoramento.

O cálculo do indicador por subsistema é necessário para possibilitar posterior agregação dos dados e cálculo de indicadores por município.

A duração total do desabastecimento por Setor de Monitoramento deverá ser obtida a partir dos dados primários dos *dataloggers*, considerando-se o total de horas, por

período mensal, com pressão medida menor do que 1 mca. Considerar-se-á que a totalidade de ligações associadas ao ponto de monitoramento estão submetidas às mesmas pressões que o ponto de monitoramento, e dessa forma, por analogia, a mesma duração de desabastecimento. Assim, por exemplo, se um ponto de monitoramento indicar 10 horas por mês, sem abastecimento, e a ele estiverem associadas 1.000 ligações ativas, o DA32 será de 10.000 horas.

A localização do ponto de monitoramento deverá ser alvo de estudo técnico, por parte do operador do sistema, conforme diretrizes descritas no Capítulo 3, que vise determinar o ponto de desabastecimento mais desfavorável do conjunto de ligações por ele representado.

O Setor de Monitoramento poderá ser subdividido, dependendo da existência de mais de uma zona de pressão, ou então, quando a quantidade de ligações ativas for superior a 5.000 unidades abastecidas por um reservatório, estação elevatória ou poço com injeção direta na rede.

O monitoramento da pressão deverá ser contínuo, através de *datalogger*, com leitura das pressões em intervalos de no máximo 15 minutos, com armazenamento de pelo menos um período mensal de leituras, e envio dos dados para a ARCE a cada mês, juntamente com o indicador calculado para cada subsistema, e a memória de cálculo de rateio de dados de sistemas quando pertinente, utilizando-se preferencialmente como direcionador de rateio a quantidade de ligações ativas de cada subsistema.

O prestador de serviço deverá ser capaz de identificar a falha no armazenamento de dados em um prazo máximo de 7 dias corridos e não será admitida uma perda de mais de 3,0% de leituras de pressão, considerando um intervalo de 15 minutos, anualmente, por ponto de monitoramento.

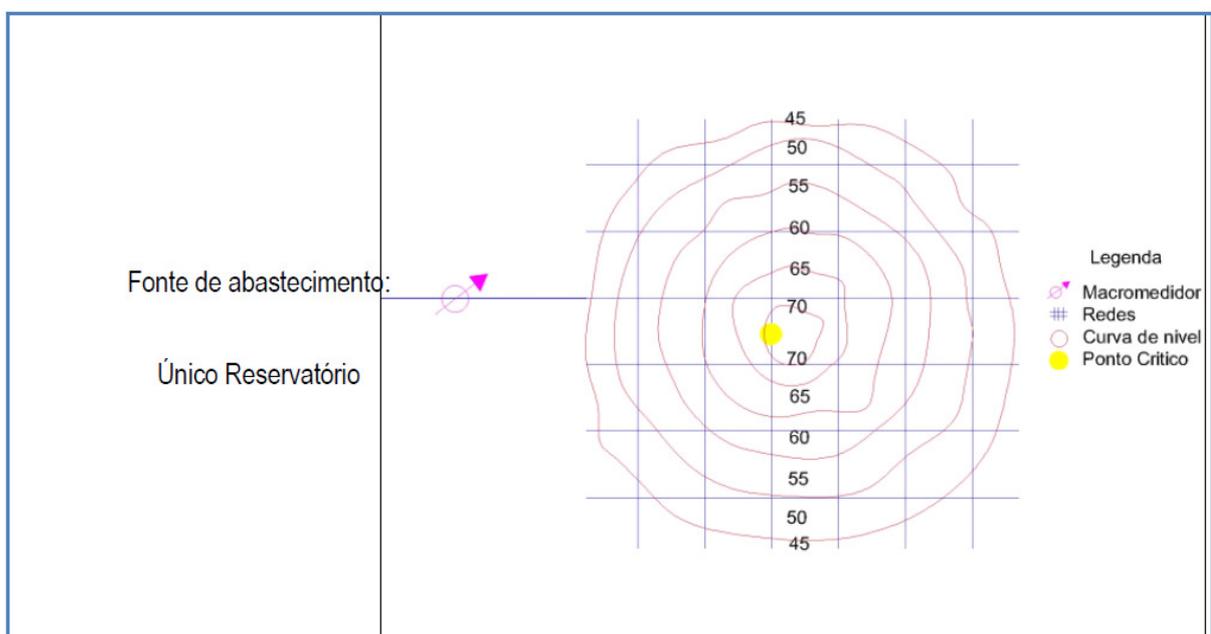
O equipamento de medição de pressão (sensor de pressão com *datalogger*) deverá ser instalado em ligação de água realizada especificamente para este fim, em caixa de abrigo compacta e protegida contra vandalismo. A localização do equipamento de medição de pressão não poderá estar abaixo da geratriz superior da tubulação, a fim de que a pressão medida não seja superior à pressão na tubulação. Quando não for

possível localizar o equipamento acima da geratriz superior do tubo, por qualquer motivo, deverá ser descontado o desnível entre a geratriz superior da tubulação e o ponto de instalação do equipamento de medição de pressão.

O prestador de serviços poderá utilizar pontos de monitoramento existentes em seu sistema de abastecimento para monitoramento da continuidade, tais como, em estações piezométricas, macromedidores, válvulas redutoras de pressão, elevatórias, etc.. Nestes casos, as tomadas de medição de pressão devem derivar diretamente da tubulação de abastecimento, além disso, o setor de monitoramento deve ter ao menos um ponto de monitoramento situado no local de desabastecimento mais desfavorável, representativo de um conjunto de ligações em quantidade não inferior a qualquer das subdivisões compostas por pontos existentes.

A Figura 4 representa um setor típico de monitoramento do Modelo B.

Figura 4: Exemplo tipo do Modelo B



2.4.2 Modelo “A”

A metodologia de monitoramento da continuidade do abastecimento de água denominada “Modelo A” pressupõe um nível de monitoramento e processamento de dados que permita a identificação individualizada das ligações não abastecidas. Para este nível de monitoramento, é necessária a utilização de ferramentas tecnológicas mais avançadas que permitam o processamento e correlação das informações levantadas em campo.

Setorização

A setorização das áreas de abastecimento deverá ser confinada em uma única zona de pressão, e ter todas as entradas/saídas de água conhecidas, bem como suas vazões e pressões monitoradas através de medidores específicos. Cada área de monitoramento deverá abranger no máximo 10.000 ligações. O Monitoramento da vazão e pressão deverá ser contínuo com registros dos dados em *datalogger*, sendo que as leituras feitas em intervalos de no máximo 15 minutos e capacidade de armazenamento de pelo menos 1 mês de leituras. Deverá possuir também, no mínimo, em cada setor, um ponto interno de monitoramento de pressão, diferente dos pontos de entrada e saída.

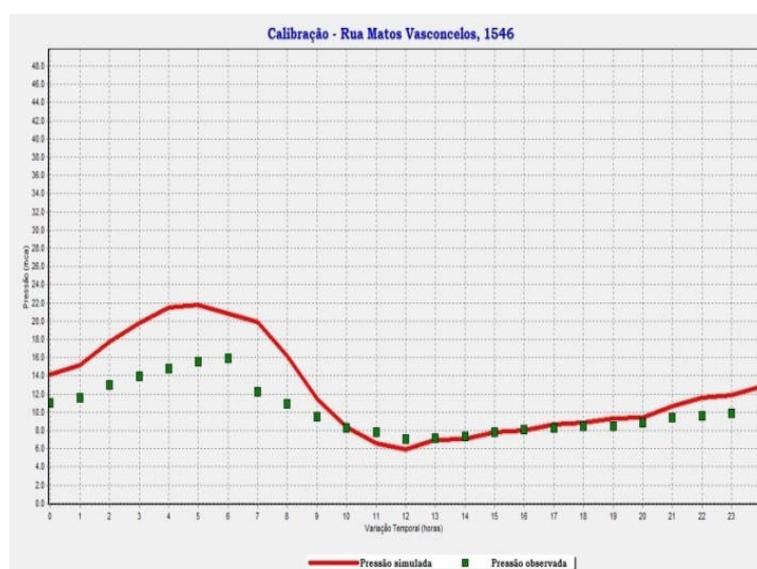
A localização do(s) ponto(s) de monitoramento(s) deverá ser alvo de estudo técnico, conforme diretrizes estabelecidas no Capítulo 3, que vise determinar o(s) ponto(s) de abastecimento mais desfavorável (eis) do setor de monitoramento. O monitoramento de ponto de pressão interna ao setor, neste modelo, tem o objetivo de aferir o modelo matemático hidráulico, portanto, não é necessário o seu monitoramento contínuo, somente nas campanhas de calibração do modelo. Recomenda-se, pelo menos 1 ponto de monitoramento para cada conjunto de 3.000 ligações para calibração do modelo.

Modelamento Matemático Hidráulico

O modelo matemático hidráulico da rede de distribuição de água, em tempo estendido, pode ser construído em EPANET ou software similar. Para a construção do modelo matemático hidráulico, é necessário o cadastro técnico da rede de

distribuição, o cadastro planialtimétrico da área de monitoramento e as dados de vazões e pressões nas entradas e saídas do setor e de pressão no ponto de abastecimento mais desfavorável, levantadas no monitoramento de campo. Para a validação do modelo hidráulico matemático, deverão ser apresentados os relatórios de calibração dos pontos de monitoramento interno de pressão, em comparação com as pressões medidas, onde a variação, entre elas, poderá ser de no máximo 3 mca ou 10%, o que for maior, Figura 5.

Figura 5: Validação do Modelo



(ENOPS, 2014)

Cadastro Comercial

O Cadastro comercial das ligações da água do setor, deverá ser georreferenciado, em software GIS. Poderá ser utilizada solução similar, tendo como ambiente gráfico os programas de CAD, agregando um conjunto de rotinas que têm a finalidade de auxiliar e facilitar o processo de digitalização e criação de desenhos referentes a Semicadastros Urbanos, Redes de Distribuição de Água, Redes Coletoras de Esgoto e Cadastro de Clientes, inclusive exportando para o EPANET o modelo hidráulico. O carregamento dos nós é feito através dos dados dos volumes micromedidos disponíveis no Sistema Comercial.

Alternativamente, as ligações de água poderão ser plotadas no modelo hidráulico calibrado na forma de nós de consumo.

Sistema de Processamento de Dados

O sistema de processamento de dados deve permitir calcular automaticamente o tempo total, em horas por mês, que cada ligação ficou desabastecida, considerando como desabastecimento, a pressão inferior a 1 mca. Este processamento será feito a partir dos dados de vazão e pressão medidos nas entradas e saídas do setor de monitoramento, por meio da aplicação dos dados medidos em campo ao modelo hidráulico calibrado em tempo estendido e à base de ligações de água georreferenciada.

Para este modelo de monitoramento da continuidade, o indicador de continuidade deverá ser apresentado de forma análoga ao outro modelo, entretanto, para o cálculo do dado DA32 – Duração total de horas de desabastecimento – o sistema de processamento de dados deverá calcular o somatório de horas de desabastecimento de todas as ligações ativas do Setor de Monitoramento, não sendo necessária a extrapolação de dados.

As etapas do procedimento de monitoramento da continuidade do abastecimento, pelo modelo A, são apresentadas no Quadro 7.

Quadro 7: Procedimentos para monitoramento da continuidade – Modelo “A”

PASSOS	PROCEDIMENTOS	AÇÃO	REQUISITOS
1	Setorização	Seccionamento dos setores de monitoramento, com no máximo 10.000 ligações ativas e em uma única zona de pressão.	Cadastro planialtimétrico de redes e diagrama unifilar altimétrico do sistema de abastecimento.
2	Seleção dos Pontos de Monitoramento	Identificação dos pontos de monitoramento de vazões e pressões, nas entradas e saídas, bem como no ponto mais desfavorável do setor.	Estações pitométricas nas entradas e saídas das tubulações de cada um dos setores modelados e equipamentos de pitometria para execução medição de vazões e pressão associados aos <i>dataloggers</i> para armazenamentos dos dados medidos.
		Execução de medições instantâneas de vazão e pressão para dimensionamento dos equipamentos de medição, nas entradas e saídas do ponto mais desfavorável.	
		Confirmação dos pontos de monitoramento de vazões e pressões.	Tabulação e análise dos dados de vazão e pressão coletados
3	Modelo Hidráulico	Calibração do matemático hidráulico dos setores de monitoramento e validação do modelo.	Todos os requisitos citados anteriormente.
4	Monitoramento contínuo da pressão	Monitoramento dos dados de pressão e aplicação ao modelo calibrado para a obtenção do número de horas de desabastecimento em cada ligação individualmente	Dados de Pressão monitorados no período; Cadastro comercial georreferenciado; Modelo Hidráulico Calibrado

2.4.3 Comparação dos modelos

Tendo em vista a complexidade de se implementar o serviço de monitoramento da continuidade previsto no Modelo “A” em relação à simplicidade do Modelo “B”, recomenda-se o monitoramento seja inicializado através da adoção do segundo Modelo. O Quadro 8 apresenta a comparação de requisitos entre os Modelos.

Quadro 8: Comparação entre Modelos

REQUISITOS	MODELO A	MODELO B
Grau de Confiabilidade de Informação	A	B
Grau de Exatidão	Depende da exatidão dos equipamentos implantados e da exatidão da calibração do modelo	Depende da exatidão dos equipamentos implantados.
Nível de complexidade	Alto	Baixo
Quantidade máxima de ligações ativas/Setor	10.000	5.000
Quantidade de pontos de monitoramento de pressão	Entradas, saídas, ponto desfavorável do setor e, para calibração do modelo hidráulico, um ponto para cada conjunto de 3.000 ligações. Posteriormente, um ponto para cada 10.000 ligações para monitoramento.	Um ponto
Condição de desabastecimento	Pressão menor que 1 mca	Pressão menor que 1 mca
Fornecimento de água	Distrito de Medição e Controle	Mesmo reservatório, elevatória ou poço
Modelamento hidráulico	Necessário	Não se aplica
Controle da pressão em relação ao restante do setor	Identificação individualizada das ligações não abastecidas	Por comparação com a pressão no ponto de monitoramento

REQUISITOS	MODELO A	MODELO B
Complexidade dos Sistemas de Informação e ferramentas de apoio	Alta	Baixa (Planilha Eletrônica)
Modelamento Hidráulico	Altamente necessário	Não se aplica
Requisitos	Cadastro de redes, curvas de nível, cadastro comercial georreferenciado, setorização em DMCs implantada, dados dos equipamentos existentes.	Dados dos equipamentos existem, cotas topográficas dos pontos de monitoramento.
Intervenção no Sistema de Redes	Alta	Baixa
Conhecimento técnico	Alto	Baixo
Complexidade da operacionalização do serviço de monitoramento	Alta	Baixo
Custo total de propriedade (Implantação, operação e manutenção).	Alto	Relativamente baixo

2.5 Recomendações

Tendo em vista os diversos problemas que podem ocorrer com as equipes operacionais, principalmente aqueles advindos da criminalidade local, tornam-se imprescindíveis, para garantia da segurança operacional do serviço de monitoramento, que se tenham pontos de tomadas através de ramais próprios e exclusivos, conectados diretamente à rede, com abrigo na parede externa das residências ou nas calçadas.

É prudente que os equipamentos de monitoramento de pressões, tipo *datalogger*, a serem utilizados no serviço de monitoramento tenham alto grau de eficiência e eficácia da confiabilidade da medição.

Na construção dos modelos hidráulicos, é recomendado o *software* EPANET para simulação hidráulica e análise da continuidade. O EPANET é um *software* livre,

utilizado principalmente na modelagem de novas redes, setorização de sistemas de abastecimento e modelagem de melhorias em sistemas existentes. Para a implantação dos modelos em grande escala, é recomendável a adoção de algumas ferramentas específicas para o monitoramento automatizado da continuidade.

Caso contrário, para o lançamento das informações no EPANET será necessário a inserção manual de todas as informações, pois o *software* não tem interface nativa com AutoCAD. A confiabilidade dos resultados do modelo hidráulico dependerá da precisão dos dados primários.

3 AS DIRETRIZES PARA A SELEÇÃO DE PONTOS DE MONITORAMENTO

Ter o conhecimento do mapeamento e monitoramento das pressões da rede em cada setor de distribuição de água possibilita uma melhor avaliação dos pontos críticos de pressão.

Para a implantação da rede de pontos de monitoramento da continuidade do abastecimento, em uma determinada localidade, faz-se necessária a elaboração de um estudo apurado da sua área para identificação dos pontos referenciais de monitoramento.

3.1 Diretrizes Básicas

Para a seleção dos pontos primários de monitoramento, devem ser identificados nas plantas planialtimétricas do cadastro de redes de água da localidade, pelo menos, três pontos notáveis para uma cada zona de pressão:

- ✓ Ponto mais próximo à entrada do setor;
- ✓ Ponto mais elevado do setor;
- ✓ Ponto mais afastado da entrada do setor.

3.2 Diretrizes Avançadas

A complexidade para identificação dos três pontos será proporcional à quantidade de ligações de cada uma das localidades, bem em função da existência de mais de uma zona de pressão. Neste caso, cuidados especiais devem ser observados para não comprometer o planejamento da rede de pontos de monitoramento.

Para cada zona de pressão deverão ser identificados três pontos notáveis de monitoramento. A estanqueidade de cada uma das zonas de pressão deverá ser permanentemente garantida.

Entretanto, é importante salientar que cada área de monitoramento não precisa ser estanque.

Uma vez que a área de monitoramento esteja delimitada, para a definição do ponto crítico de abastecimento mais desfavorável, visando a implantação do ponto de monitoramento, deverá ser realizado o seguinte procedimento:

a) Obter o cadastro de rede do setor de monitoramento, ou caso, não se disponha deste, utilizar uma planta que contenha o arruamento;

b) Identificar no cadastro ou planta, os pontos suspeitos de ser o de abastecimento mais desfavorável, a saber: ligações localizadas nos pontos mais altos do setor de monitoramento, pontos localizados mais distantes da entrada de água da zona de pressão, locais com rede antiga ou subdimensionada, e locais recorrentes em reclamações de desabastecimento. Nesta etapa, devem ser identificados tantos pontos quanto possíveis;

c) Realizar medições instantâneas de pressão, com manômetro ou datalogger, nos pontos identificados em planta. As medições devem ser realizadas preferencialmente no horário de maior consumo e, todas elas, dentro de um intervalo de tempo de no máximo 90 minutos;

d) Repetir o procedimento anterior, pelo menos, mais uma vez, em um dia diferente da semana, para a confirmação dos dados;

e) De posse das medições de pressão, analisar os dados, descartar os pontos em locais com suspeita de vazamento de rede, e identificar o ponto com pressão mais baixa, como sendo o de pressão mais desfavorável para a instalação do Ponto de Monitoramento;

f) Caso não seja possível definir de maneira inequívoca o ponto de abastecimento mais desfavorável na etapa anterior, ou se fique em dúvida entre mais de um ponto, deverá ser feita medição de pressão, com datalogger, por período de no mínimo 48 horas;

g) Em locais com variação sazonal de consumo, como regiões de veraneio, regiões turísticas, áreas com centros comerciais, áreas com grandes consumidores, entre outros, deverão ser feitas medições de pressão, com *datalogger*, por período de no

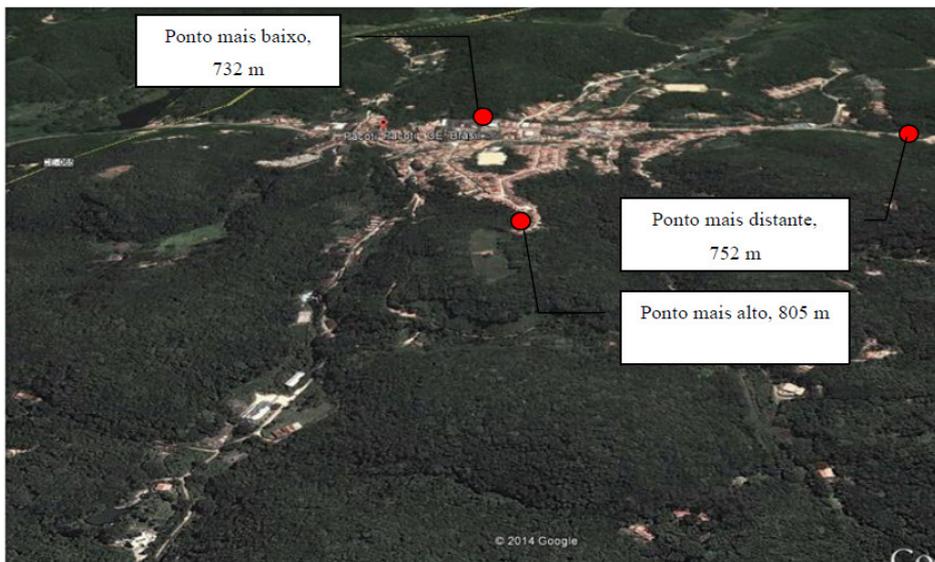
mínimo 7 (sete) dias, em pelo menos dois pontos distintos, para identificar possível variação do ponto de abastecimento mais desfavorável, entre os dias úteis e os finais de semana, para apoiar a escolha do Ponto de Monitoramento definitivo.

Nas Figuras 6 e 7, estão representadas vistas aéreas dos municípios de Tarrafas, com 977 ligações, e Pacoti, com 890 ligações, com a indicação de três pontos notáveis, cada um, para exemplificar a identificação dos pontos críticos:

Figura 6: Vista aérea do Município de Tarrafas – 977 ligações



Figura 7: Vista aérea do Município de Pacoti – 890 ligações

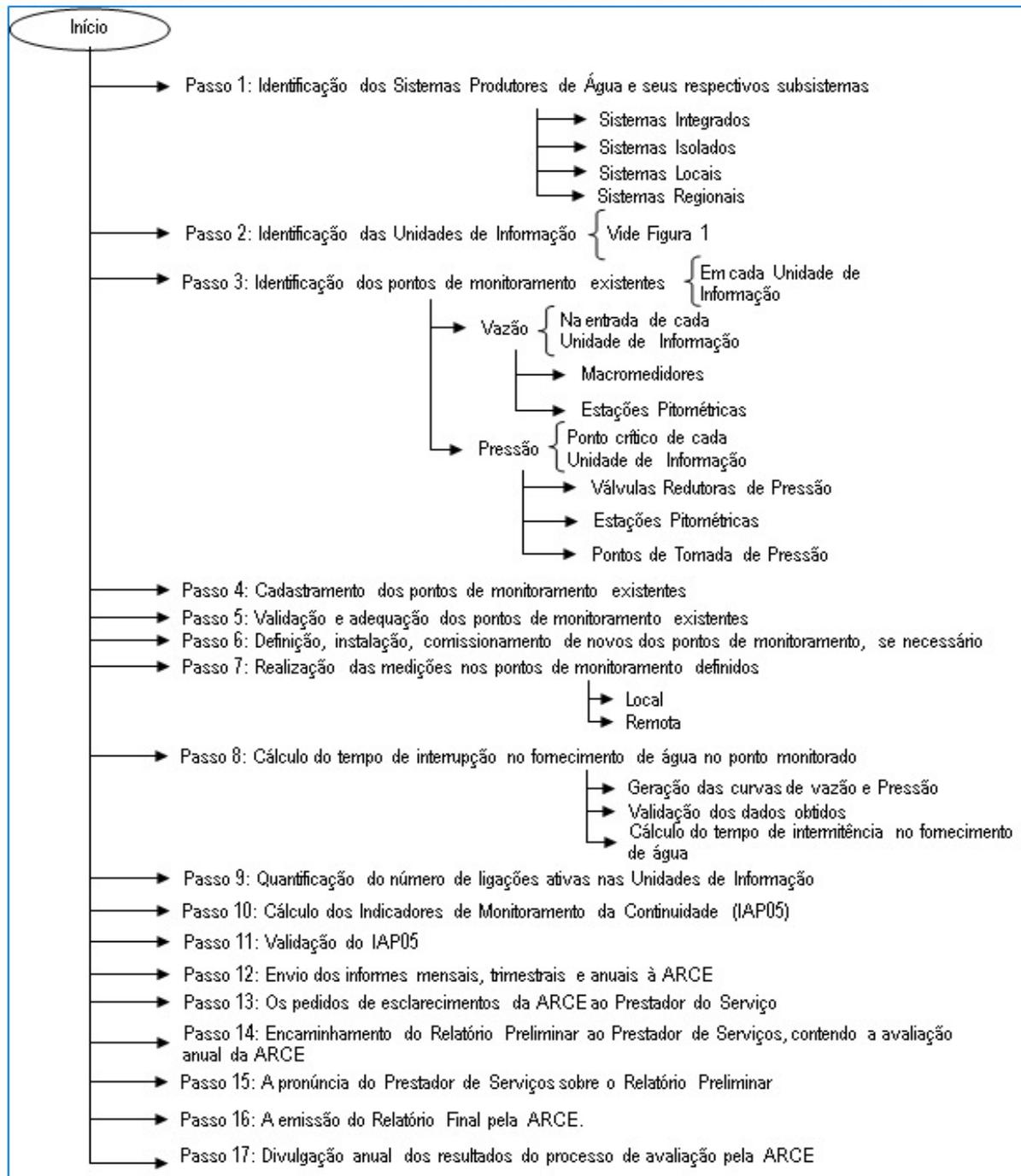


4 ORIENTAÇÕES PARA A IMPLANTAÇÃO DA INFRAESTRUTURA DE MONITORAMENTO

Face à realidade de cada Prestador de Serviço, admitindo que a implantação do Sistema de Monitoramento possa ser progressiva, de modo a permitir a adaptação consistente do Prestador às novas exigências do Monitoramento da Continuidade e no intuito de fortalecer os procedimentos para determinação do Indicador da Continuidade IAP05, são percorridos, os passos necessários à implantação da infraestrutura de monitoramento da continuidade do abastecimento de água com orientações mais objetivas de como fazer, esclarecendo o porquê e os requisitos necessários.

Na Figura 8 está representada a sequência de atividades básicas necessárias para implementação da rede de monitoramento, tendo como exemplo o Sistema Produtor de Juazeiro do Norte.

Figura 8: Passos para implantação da infraestrutura – Modelo de Monitoramento “B”



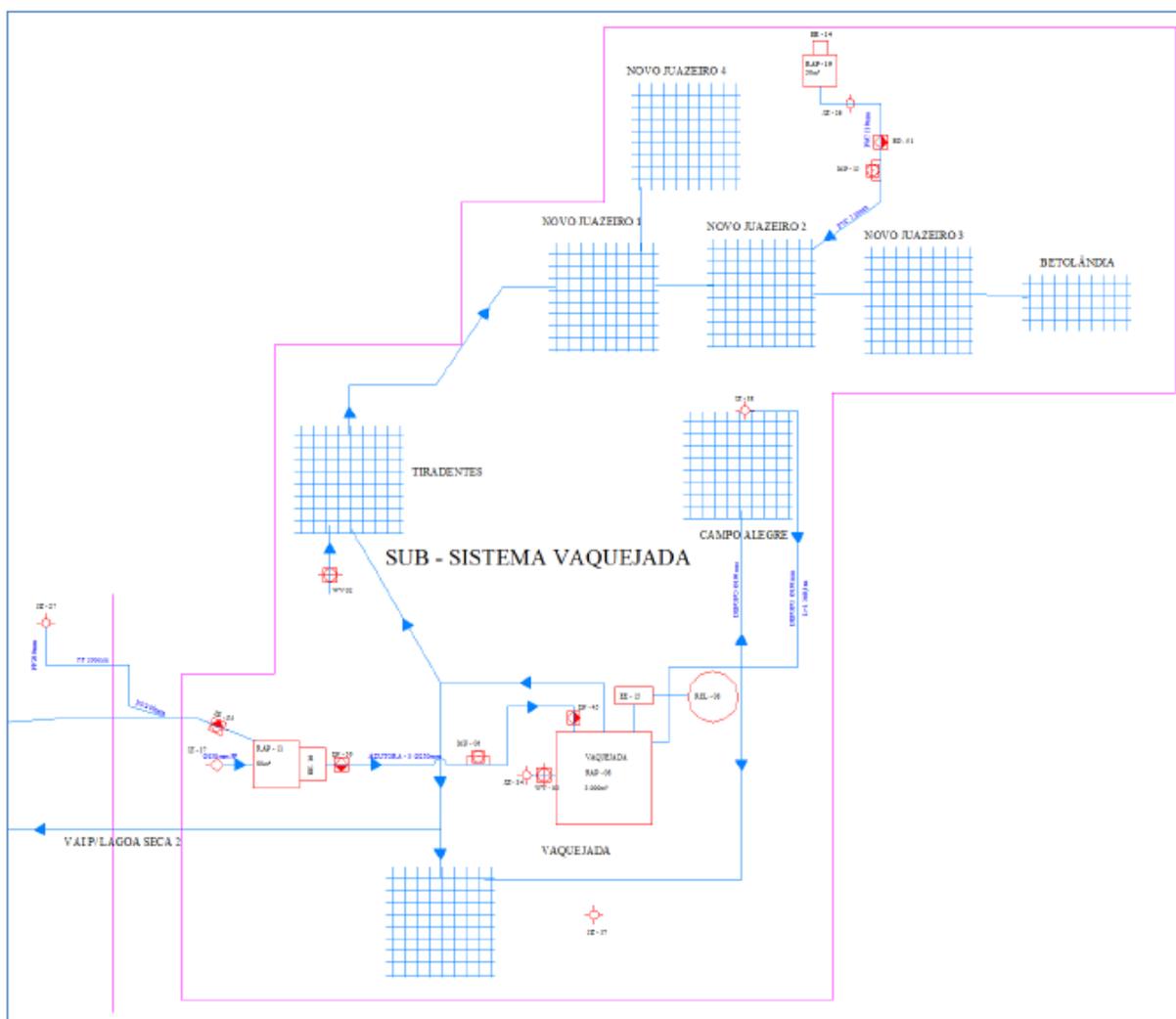
Passo 1: Identificação dos Sistemas Produtores de Água e seus respectivos subsistemas

O Sistema Produtor de Juazeiro do Norte é responsável pelo suprimento de água para o município de mesmo nome, com 76.678 ligações ativas, três subsistemas de distribuição de água: Principal, Vaquejada e Horto.

Passo 2: Identificação das Unidades de Informação

Para fins didáticos, escolhemos o Subsistema Vaquejada, apresentado na Figura 9, para exemplificar o processo de definição dos pontos de monitoramento.

Figura 9: Diagrama do Subsistema Vaquejada



Passo 3: Identificação dos pontos de monitoramento existentes

Recorrendo ao diagrama do Subsistema Vaquejada (daí a importância do cadastro de rede bem elaborado) procede-se a identificação dos pontos de monitoramento existentes, conforme identificação contida no Quadro 9.

Quadro 9: Identificação de pontos de monitoramento do Subsistema Vaquejada

Pontos de monitoramento					
Unidade Operacional	Volume e Vazão	Pressão	Nível	Status	Observações
Poço JZ - 26	MP -15	EP -51	RAP - 19	EE - 14	Fonte de Produção 1 (FP)
Poço JZ - 31	WV - 02 (Previsto)				FP 2
Poço JZ - 38	Não identificado		RAP – 08		FP 3
Poço JZ - 34	WV 03 e MP - 06	EP- 45	RAP – 08 e REL - 08	EE - 15	FP 4
Poço JZ - 17	Não identificado	EP - 36	RAP – 11	EE - 10	FP 5
Poço JZ - 27	EP - 28	EP - 28	Fornece água para o Subsistema Vaquejada, via RAP 11.		

O fornecimento de água para o Subsistema de Vaquejada é feito por seis Poços Tubulares. Não foi possível identificar no Diagrama do Sistema, Figura 9, outros componentes do sistema de distribuição que pudessem vir a ser pontos de monitoramento da descontinuidade do abastecimento.

Passo 4: Cadastramento dos pontos de monitoramento existentes

O Prestador deverá elaborar um modelo de ficha de cadastro, em papel e/ou meio digital, para registro das informações a serem colhidas pelas equipes de campo, contendo, no mínimo os seguintes campos:

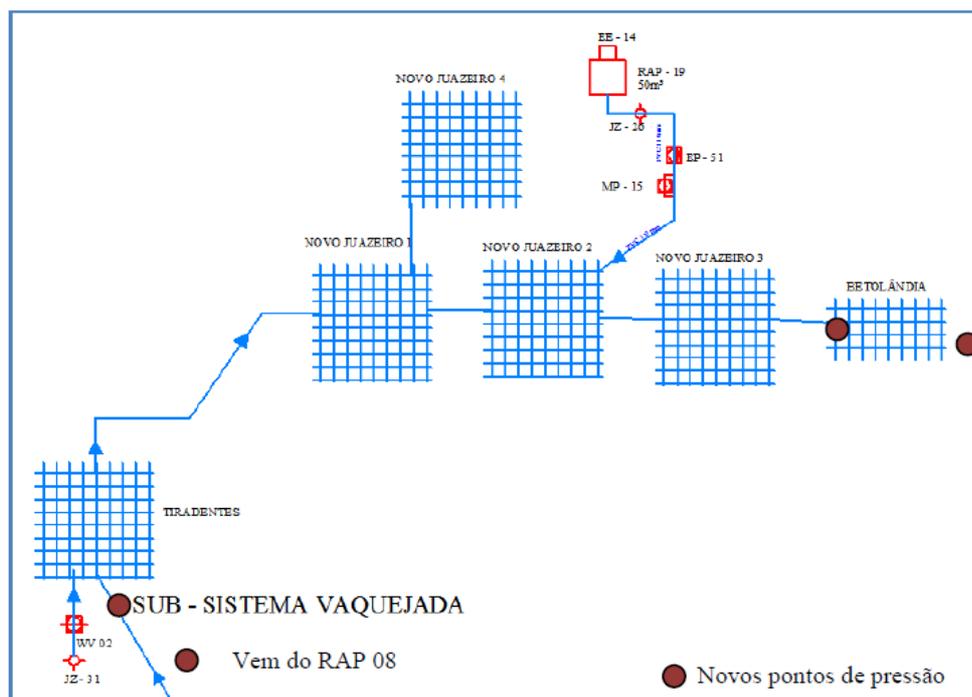
- ✓ Nome e Código do Sistema Produtor;
- ✓ Classificação do Sistema Produtor: Integrado, Isolado, Local, Regional, Intermunicipal;
- ✓ Nome e Código do Subsistema de Distribuição;
- ✓ Área de Abrangência do Sistema Produtor: Município(s), Localidade(s), Bairro(s);
- ✓ Nome e Código do Município de Localização do Sistema Produtor;
- ✓ Ponto de Monitoramento
 - Localização e Cota Topográfica do Ponto em relação ao sistema de distribuição
 - Saída de bombeamento, saída de reservatório, entrada de setor de abastecimento, saída de válvulas de controle, ponto crítico, alto, baixo ou mais distante;
 - Endereço (Se possível com localização via GPS) e Código do Município;
 - Classificação e Cota Topográfica do Ponto: Crítico, Alto, Baixo ou o mais Distante;
 - Pressões: Estática, Máxima e Mínima operacionais.
A pressão mínima de operação medida no ponto de monitoramento é aquela que garante a continuidade do fornecimento de água, com uma pressão de no mínimo 1 mca, ao usuário do Sistema Distribuidor de Água. Portanto, abaixo do valor da pressão mínima medida no ponto de monitoramento, ocorrerá o início da descontinuidade do abastecimento de água em alguma parte do setor de abastecimento.
 - Quantidade de ligações ativas monitoradas pelo ponto;
 - Quantidade de ligações ativas, caso haja registro de valores de pressão abaixo da pressão mínima ou até mesmo despressurização do Ponto de Monitoramento.

Passo 5: Definição, validação e adequação dos pontos de monitoramento existentes

Considerando o setor de abastecimento do Subsistema Vaquejada, constituído pelos bairros Novo Juazeiro 1, 2, 3 e 4, Betolândia e Tiradentes, e tendo como fonte de produção os Poços JZ-26, JZ-31 e um fornecimento de água via RAP 08, Figura 10, verifica-se que ponto da EP-51 *per si* não é um ponto válido para o monitoramento da descontinuidade do setor em questão. Para validá-lo, torna-se necessário que a outra entrada de água para o setor (PZ-31) também seja monitorada. Neste caso, seria necessária a adequação do ponto de medição do macromedidor WV02, para

permitir também a medição de pressão, inserindo também outro ponto de medição de pressão na entrada de água oriunda do principal Sistema Vaquejada (RAP 08), bem como a instalação um novo ponto de monitoramento no ponto crítico de abastecimento do setor, ou alternativamente, poder-se-ia utilizar somente o novo ponto localizado no ponto crítico.

Figura 10: Validação de Pontos de Monitoramento



Passo 6: Instalação dos pontos de monitoramento.

Uma vez definidos e validados os pontos existentes e os novos para medição de pressão, segue-se a etapa para a implantação das redes de monitoramento, usando-se como parâmetro de escolha, o ponto de abastecimento mais desfavorável.

Deve-se evitar que equipamentos sejam instalados muito próximos uns aos outros, para que os dados obtidos representem todo o setor. Os pontos devem ser instalados em ligações através de ramais próprios e exclusivos, conectados diretamente a rede, com abrigo na parede externa das residências ou na calçada.

Em relação aos equipamentos de medição e armazenamento dos registros das leituras de pressão a serem instalados, deve-se adotar os sensores de pressão do tipo *datalogger*, quando possível, dotados com telemetria, tendo o cuidado de evitar os equipamentos que podem apresentar problemas na bateria do sensor. Caso contrário, irá demandar acréscimo no tempo das equipes de campo para troca de baterias e coleta dos dados registrados, aumentando o custo de operação.

Outro fator de vital importância a ser observado pelo Prestador do Serviço de Abastecimento de Água é verificar o plano de variações de pressões que está submetido o setor de monitoramento como um todo. Na Figura 11, mais adiante, representa um setor qualquer de monitoramento com as cotas topográficas mais notáveis. A medição mensal da variação da pressão no ponto crítico está na Figura 12.

Na ocorrência de pressão zero no ponto crítico, deve-se ter cautela na quantificação das ligações ativas sujeitas à descontinuidade do abastecimento. Isto é, será que são somente as ligações próximas ao ponto crítico ou se são todas as ligações do setor afetadas por interrupção no fornecimento de água para o mesmo? Para fins de cálculo de do indicador de continuidade, considerar-se-á que todas as ligações estão desabastecidas.

Passo 7: Realização das medições nos pontos de monitoramento definidos

Após a instalação do equipamento de medição de pressão, devidamente configurado, inicia-se o registro das medições de pressão. O Quadro 10 representa o registro típico de uma medição mensal da pressão em um ponto crítico de abastecimento, com as seguintes informações gerais:

Registrador

- ✓ Modelo: Indefinido
- ✓ Número de Série: Indefinido
- ✓ Versão do Firmware: 1.0.15
- ✓ Capacidade da Memória: 16303 aquisições
- ✓ Pressão [mca]:
- ✓ Entrada: Indefinido

- ✓ Valor: Aquisições por valor instantâneo
- ✓ Offset: 0,0
- ✓ Alarme Inferior: Indefinido
- ✓ Alarme Superior: Indefinido

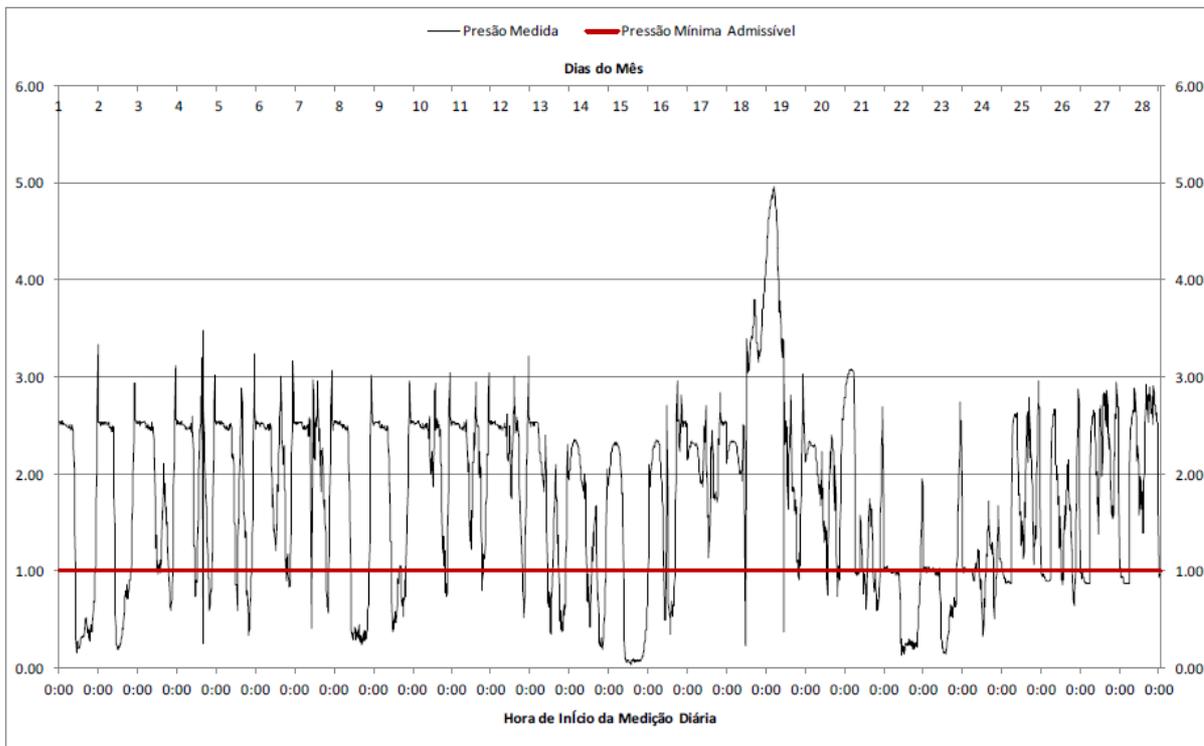
Informações da Coleta

- ✓ Título: Endereço e tipo do ponto de medição
- ✓ Intervalo entre aquisições: 15 min
- ✓ Número total de aquisições: 2.692
- ✓ Início das Aquisições: Indefinido
- ✓ Final das Aquisições: Indefinido
- ✓ Momento da coleta: Indefinido
- ✓ Primeira aquisição: 01/02/2014 às 00h00min:00seg
- ✓ Última aquisição: 28/02/2014 às 23h45min

Figura 11: Setor de Monitoramento Betolândia (Parte)



Figura 12: Registro típico de medição de pressão - Ponto Crítico



Interpretação do gráfico da Figura 12

- ✓ Quantidade de intervalos de medição de 15min: 2.692;
- ✓ Quantidade de intervalos com pressão inferior a 1 mca: 728, totalizando 182 horas.

Quadro 10: Exemplo de tabela de dados obtida do datalogger de pressão

PERIODO	PRESSÃO
1/2/14 0:00	25.46
1/2/14 0:15	25.18
1/2/14 0:30	25.34
1/2/14 0:45	25.11
1/2/14 1:00	25.17
1/2/14 1:15	25.38
1/2/14 1:30	25.44
1/2/14 1:45	25.42
1/2/14 2:00	25.13
1/2/14 2:15	25.25
1/2/14 2:30	25.26
1/2/14 2:45	25.24
1/2/14 3:00	25.06
1/2/14 3:15	25.06
1/2/14 3:30	25.06
1/2/14 3:45	25.03
1/2/14 4:00	25.03
1/2/14 4:15	24.96
1/2/14 4:30	24.89
1/2/14 4:45	24.78
1/2/14 5:00	24.8
1/2/14 5:15	24.84
1/2/14 5:30	24.76
1/2/14 5:45	24.69
1/2/14 6:00	25.11
1/2/14 6:15	25.02
1/2/14 6:30	24.88
1/2/14 6:45	24.56
1/2/14 7:00	24.42
1/2/14 7:15	24.52
1/2/14 7:30	25.1
1/2/14 7:45	24.72
1/2/14 8:00	24.95
1/2/14 8:15	24.31
1/2/14 8:30	23.97
1/2/14 8:45	22.81
1/2/14 9:00	20.64

Passo 8: Cálculo do tempo de interrupção no fornecimento de água no ponto monitorado

A pressão mínima definida pela ARCE, para efeito de monitoramento da descontinuidade de abastecimento, é aquela inferior a 1 mca.

Portanto, o valor da componente DA32, duração do total de horas de desabastecimento, do Indicador IAP05, para o mês em questão, será correspondente à somatória dos intervalos de tempo, no caso de 15min, com ocorrência de pressão inferior a 1mca. Consultando a tabela de dados do exemplo mostrado na Figura 11, obtêm-se 728 intervalos de 15min, com registro de pressão inferior a 1mca, totalizado 10.920min, ou 182 horas.

Passo 9: Quantificação do número de ligações ativas nas Unidades de Informação

Para a determinação da quantidade de ligações ativas de água, componente DA07, a equipe operacional do Prestador de Serviço, de posse do cadastro de redes de água (com curvas de níveis de metro e metro) e do cadastro comercial (fichas dos setores e rotas comerciais), deverá proceder à contagem das ligações ativas sujeitas às pressões inferiores a 1 m.c.a, associadas ao ponto de monitoramento, conforme Figura 12.

Passo 10: Cálculo dos Indicadores de Monitoramento da Continuidade (IAP05)

Adotar o procedimento estabelecido nos exemplos contidos no Item “Indicador de Monitoramento da Continuidade”, onde:

$$IAP05 = 24 - \left(\frac{DA32}{DA07 \times Dias} \right),$$

- ✓ DA32: Duração do total de horas de desabastecimento, em horas;
- ✓ DA07: Quantidade de ligações ativas de água, em ligações;
- ✓ Dias: Quantidade total de dias corridos no período de referência, em dia.

Passo 11: Validação do IAP05

Realizar a validação e conferência do indicador calculado.

Demais Passos

Os passos de 12 a 17 são procedimento administrativos relativos à tramitação dos informes entre o Prestador dos Serviços e a ARCE, objeto de regulamentação posterior.

5 SÍNTESE DAS AÇÕES DE ROTINA E RESPECTIVOS AGENTES RESPONSÁVEIS

Quadro 11: Matriz de responsabilidades

AÇÕES DE ROTINA	RESPONSÁVEIS
1. Identificação dos Sistemas Produtores de Água e seus respectivos subsistemas	Prestador do Serviço
2. Identificação das Unidades de Informação	
3. Identificação dos pontos de monitoramento existentes	
4. Cadastramento dos pontos de monitoramento existentes	
5. Validação e adequação dos pontos de monitoramento existentes	
6. Definição, instalação, comissionamento de novos dos pontos de monitoramento, se necessário	
7. Realização das medições nos pontos de monitoramento definidos	
8. Cálculo do tempo de interrupção no fornecimento de água no ponto monitorado	
9. Quantificação do número de ligações ativas nas Unidades de Informação	
10. Cálculo dos Indicadores de Monitoramento da Continuidade (IAP05)	
11. Validação do IAP05	
12. Envio dos informes mensais, trimestrais e anuais à ARCE	
13. Os pedidos de esclarecimentos da ARCE ao Operador do Serviço	
14. Encaminhamento do Relatório Preliminar ao Prestador de Serviços, contendo a avaliação anual da ARCE	Prestador do Serviço
15. A pronúncia do Prestador de Serviços sobre o Relatório Preliminar	
16. A emissão do Relatório Final.	ARCE
17. Divulgação anual dos resultados do processo de avaliação	ARCE

6 GUIA DE REFERÊNCIA PARA PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO, AQUISIÇÃO E TRANSMISSÃO DE DADOS

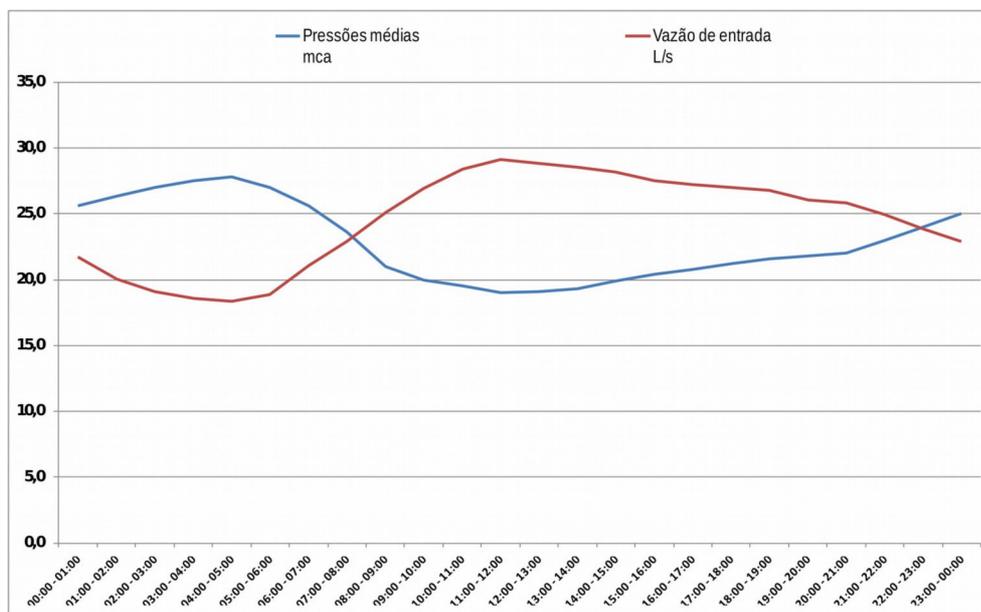
6.1 Medições

No sistema de abastecimento de água ocorrem variações de consumo significativas, que podem ser anuais, mensais, diárias, horárias e instantâneas. No projeto do sistema de abastecimento de água, algumas dessas variações de consumo são levadas em consideração no cálculo do volume a ser consumido. São elas:

- ✓ Anuais: o consumo “per capita” tende a aumentar com o passar do tempo e com o crescimento populacional. Em geral se aceita um incremento de 1% ao ano no valor desta taxa;
- ✓ Mensais: as variações climáticas (temperatura e precipitação) promovem uma variação mensal do consumo. Quanto mais quente e seco for o clima, maior é o consumo verificado;
- ✓ Diária: ao longo do ano, haverá um dia em que se verifica o maior consumo. É utilizado o coeficiente do dia de maior consumo (K1), que é obtido da relação entre o máximo consumo diário verificado no período de um ano e o consumo médio diário. O valor usualmente adotado no Brasil para K1 é 1,20;
- ✓ Horária: ao longo do dia têm-se valores distintos de picos de vazões horárias. Entretanto, haverá “uma determinada hora” do dia em que a vazão de consumo será máxima. É utilizado o coeficiente da hora de maior consumo (K2), que é a relação entre o máximo consumo horário verificado no dia de maior consumo e o consumo médio horário do dia de maior consumo. O consumo é maior nos horários de refeições e menores no início da madrugada.

A Figura 13 representa a relação entre a pressão média tomada no ponto médio em relação à vazão na entrada do setor. Quando as medições estão corretas e o ponto de tomada de pressão está no ponto médio de pressão do setor os layouts das curvas são opostos, demonstrando as variações horárias de vazão e pressão, em função do consumo.

Figura 13: Curva de vazão x pressão



(Tardelli Filho, et al., 1999)

O coeficiente K1 é utilizado no cálculo de todas as unidades do sistema, enquanto K2 é usado apenas no cálculo da rede de distribuição.

Não basta apenas medir, é preponderante que os dados medidos tenham credibilidade, para tanto, recomenda-se que as seguintes medidas sejam cumpridos com eficiência e eficácia:

- ✓ Utilizar Equipamentos com especificação técnica normatizada;
- ✓ Fazer Instalação correta;
- ✓ Realizar Aferição / manutenção preditiva;
- ✓ Avaliar periodicamente o desempenho dos equipamentos;
- ✓ Transmitir os dados por sensores em tempo real para um centro de controle;
- ✓ Realizar a manutenção de um banco de dados histórico;
- ✓ Realizar o diagnóstico dos dados;
- ✓ Contabilizar e compatibilizar os volumes medidos (macro/micro) nas unidades do sistema de abastecimento de água.

6.1.1 Local

Depois de ter a rede dividida em setores e os medidores instalados e calibrados, procede-se a rotina operacional de leitura dos dados gerados por eles, que pode ser local ou teletransmitida para um centro de controle.

A leitura local dos dados realizada pelos medidores de vazão e pressão e armazenadas nos *dataloggers* é um modelo que, apesar do investimento inicial ser acessível, apresenta desvantagens em relação à transmissão de dados quando se contabilizam os custos marginais envolvidos em toda a cadeia do processo de obtenção local dos dados ou para verificação do estado de funcionamento, devendo ser levados em consideração quando da especificação da metodologia de leitura e dos equipamentos afins. Ainda mais, quando os equipamentos estão instalados em caixa em vias públicas ou em locais de difícil acesso, ou ainda, riscos advindos da criminalidade, onde a segurança das equipes operacionais é prioritária, Figura 14.

Figura 14: Caixa de Medidor de Pressão



6.1.2 Telemetria

A Telemetria é uma tecnologia que permite a medição e comunicação de informações à distância. A telemetria, geralmente, refere-se à comunicações sem fio que podem ser transmitidas via sistemas celulares ou a rádio, em interfaces próprias para transmissão de dados. Esta transmissão poderá ser realizada através de

comunicações locais ou de soluções globais sem fios (GPS/GPRS). A medição automática remota reduz o tamanho e a complexidade dos sistemas de registro.

Estas soluções permitem melhorar a eficiência e eficácia do tempo de trabalho das equipes operacionais, pois elimina o tempo gastos de deslocamento até ao local de medição. Além do mais agrega valor ao processo, uma vez que pode estar embutido na solução, o reconhecimento automático de desvios anormais de consumo através de comparação com dados arquivados e, imediatamente, serem iniciadas as medidas necessárias para reparar a rede de distribuição.

Como exemplo, Prestador de Serviços pode obter a informação através de acesso remoto via rádio ou rede GPRS Nas medições automáticas de vazão é imperativa a transmissão desta informação à distância, para assim se ter acesso contínuo a toda a tendência de vazões da rede.

Um *datalogger* com telemetria de dados apresenta um custo de aquisição relativamente superior em comparação com simples aquisitores e, dependendo da extensão do projeto, pode inviabilizar a sua implantação. Sendo assim, a telemetria não será considerada como requisito fundamental, mas como um requisito recomendado para os dataloggers de vazão e/ou pressão.

7 ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DOS MATERIAIS, MÉTODOS E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS

As especificações mínimas dos equipamentos citadas no presente Manual não farão referências a marcas e modelos, mas, sim, aos requisitos mínimos, ou seja, não são especificações de compra.

7.1 Seleção de Medidores de Vazão

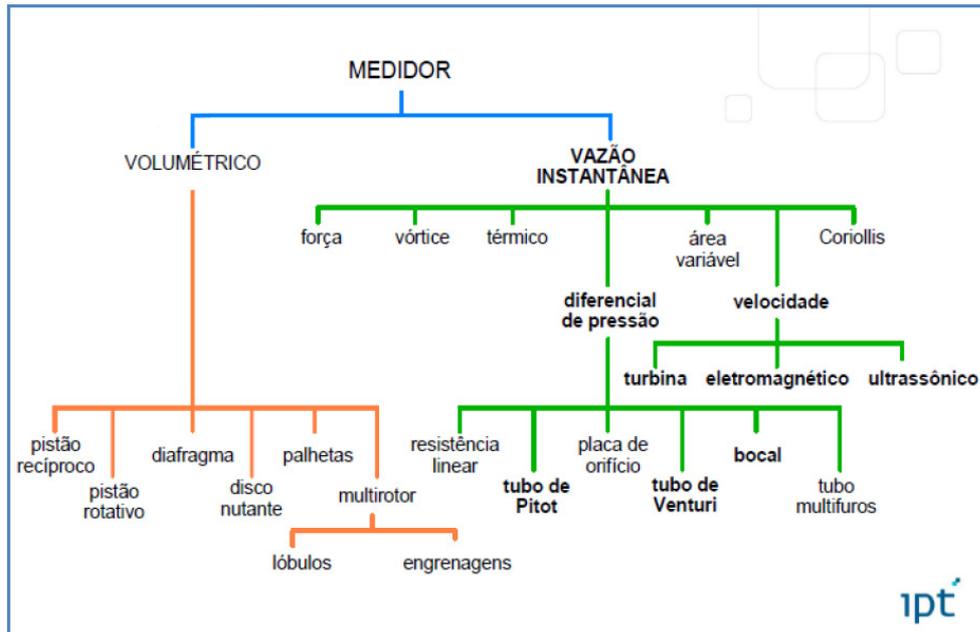
A vazão é um parâmetro dinâmico, sendo uma das informações fundamentais para o monitoramento da continuidade de abastecimento de um sistema. É por meio desta variável, devidamente trabalhada, associada aos monitoramentos de pressão, que será possível identificar quais as reais causas das intermitências do fornecimento de água para a população.

Existem diversos tipos de medidores de vazão, com princípios físicos distintos e com ampla gama de aplicação. Em todos os medidores de vazão, quanto menor o fluxo, maiores tornam-se os erros de medição. A boa condição de localização do ponto de medição, obedecendo às distâncias mínimas especificadas em relação a curvas e válvulas, é um fator importante para garantir a confiabilidade das medições efetuadas.

Os medidores de vazão podem ser classificados segundo várias concepções, sendo a mais abrangente aquela utilizada na norma da ABNT NBR 10396 (ABNT, 1988).

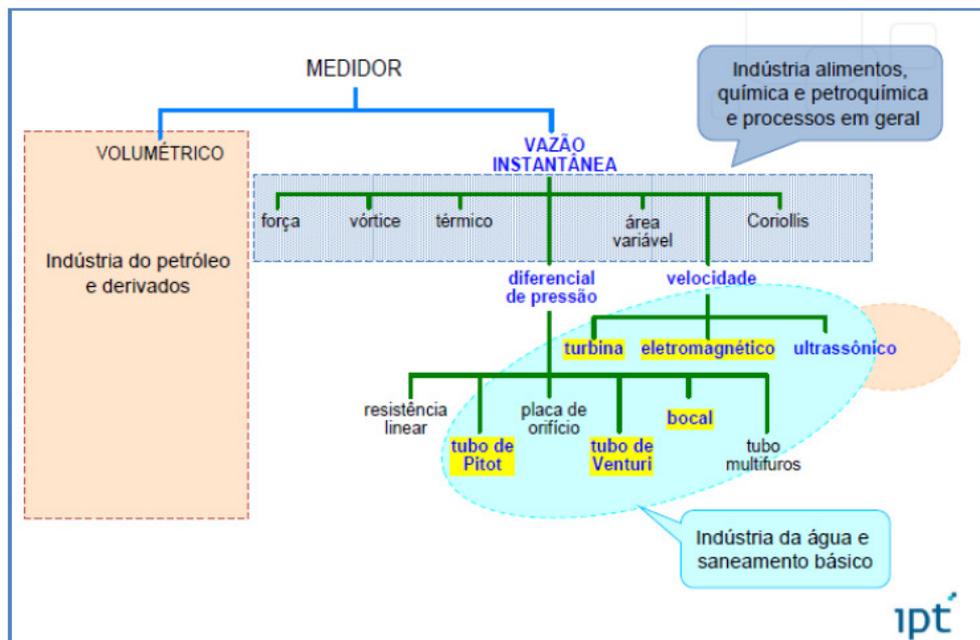
As Figuras 15 e 16 mostram os tipos de medidores e as seus respectivos campos de aplicação.

Figura 15: Classificação de Medidores de Vazão



(Taíra, 2013)

Figura 16: Campo de aplicação de medidores



(Taíra, 2013)

Dentre os diversos tipos de medidores de vazão existentes, são apresentados os requisitos mínimos dos equipamentos mais comumente utilizados para as medições de vazão no saneamento.

7.1.1 Requisitos obrigatórios para *datalogger* de pressão

- ✓ Exatidão média: $\pm 2\%$;
- ✓ Trecho reto de montante: até 10*diâmetro jusante;
- ✓ Trecho reto de jusante: 5*diâmetro;
- ✓ Grau de Proteção: IP 68;
- ✓ Comunicação: Pulso ou 4-20mA.

(ENOPS, 2013)

7.1.2 Requisitos recomendados para *datalogger* de pressão

- ✓ Custo do Equipamento: desejável que seja baixo;
- ✓ Instalação: desejável que seja simples;
- ✓ Custo de operação: desejável que seja baixo;
- ✓ Alimentação: por bateria
- ✓ Durabilidade: desejável que seja alta;
- ✓ Utilização: simples;
- ✓ Manutenção: desejável que seja simples.

(ENOPS, 2013)

7.2 Datalogger de vazão e pressão

O *Datalogger*, aquisitor de dados ou registrador gráfico (são a mesma coisa), é um equipamento capaz de armazenar leituras de outros instrumentos de medição, desde que estes transmitam a informação de alguma forma (analógica ou digital). Alguns modelos de *dataloggers* possuem sensores internos, capazes de efetuar a medição e gravar na memória.

Figura 17: Datalogger com telemetria



(ENOPS, 2014)

Os dados adquiridos são normalmente visualizados posteriormente com a utilização do mesmo, integrado a uma estação PC e se utilizando de um software específico ou então, o próprio hyperterminal. Normalmente, pode-se utilizar a maior parte dos sensores industriais disponíveis no mercado.

Os *dataloggers* podem ser classificados de acordo com o sensor acoplado, interno ou externamente, com fonte de energia interna ou externa, pode ser utilizado em medições de vazão e pressão, com ou sem transmissão de dados, vide modelo com telemetria na figura 17.

No que diz respeito à alimentação do equipamento, considera-se que a alternativa de armazenador a bateria é a mais viável para as características da aplicação de monitoramento da continuidade, pois dispensa a entrada de energia elétrica, reduzindo assim o custo de operação e são menos suscetíveis às oscilações na rede elétrica.

Com relação à telemetria para envio de informações, o sistema por rádio, apesar de ser mais confiável, tem custo de implantação muito maior, comparado ao sistema de telemetria por GPRS, sendo esta última alternativa prioritária para o serviço de monitoramento da continuidade.

Caso contrário, será necessário que a operadora se estruture para efetuar a captura manual dos dados, isto significa, aquisição de *notebook* ou *palmtop*, capacitação e treinamento de pessoal, além comprometer a carga horária de trabalho das equipes operacionais. Incluiu-se aí o tempo necessário de deslocamento entre um ponto e outro de coleta de dados. Portanto, a adoção de tecnologia de ponta apresenta um custo total melhor que as demais soluções, apesar do investimento inicial ser aparentemente alto, uma vez que agrega valor à otimização da eficiência e eficácia operacional.

A seguir apresentamos os requisitos obrigatórios e os requisitos recomendados para os equipamentos.

7.2.1 Requisitos obrigatórios para *datalogger* de vazão e pressão

- ✓ Exatidão média: $\pm 0,5\%$;
- ✓ Fundo de escala: 100 mca;
- ✓ Grau de Proteção: IP 68;
- ✓ Portátil: até 2 Kg;
- ✓ Memória: mínimo de 128 Kbytes;
- ✓ Bateria: Lithium com autonomia desejável de 3 anos;
- ✓ Comunicação: Pulso ou 4-20mA.

(ENOPS, 2013)

7.2.2 Requisitos recomendados para *datalogger* de vazão e pressão

- ✓ Custo do Equipamento: desejável que seja baixo;
- ✓ Instalação: desejável que seja simples;
- ✓ Custo de operação: desejável que seja baixo;
- ✓ Durabilidade: desejável que seja alta;
- ✓ Utilização: simples;
- ✓ Manutenção: desejável que seja simples.

(ENOPS, 2013)

8 GUIA DE REFERÊNCIA PARA MODELAGEM, SIMULAÇÃO E CALIBRAÇÃO DO MODELO COMPUTACIONAL

8.1 Modelador Hidráulico

O EPANET foi definido como sendo o *software* para realização da modelagem hidráulica, pois se trata de *software* livre, em português, amplamente testado e confiável, muito utilizado no Brasil e de fácil utilização. Os demais modeladores hidráulicos são *softwares* amplamente utilizados, no entanto, possuem alto custo de aquisição e atualização, e tem como grande desvantagem não ter versão em português (ENOPS, 2013).

O EPANET modela o sistema de distribuição como sendo um conjunto de trechos ligados a nós, onde os trechos representam as tubulações, bombas e válvulas de controle, e os nós representam conexões e reservatórios.

A modelagem de um sistema de distribuição de água através do EPANET utiliza tipicamente a seguinte sequência de procedimentos:

- ✓ Desenhar uma representação esquemática do sistema de distribuição ou importar uma descrição-base do sistema a partir de um arquivo de texto;
- ✓ Editar as propriedades dos objetos que constituem o sistema;
- ✓ Descrever as condições de operacionalidade do sistema;
- ✓ Selecionar um conjunto de opções de simulação;
- ✓ Executar uma simulação hidráulica;
- ✓ Visualizar os resultados da simulação.

8.2 Insumos Básicos

Os insumos básicos necessários para a modelagem hidráulica de um setor de abastecimento de água são obtidos através do cadastro técnico dos seus componentes e acessórios, tais como:

- ✓ Cadastro das redes do setor: esquema das redes com a localização dos seus componentes e acessórios, escala do desenho, curvas de nível cotadas;
- ✓ Tubulações: diâmetro, tipo de material e comprimento, coeficiente de rugosidade;

- ✓ Unidades de reservação: capacidade, NA MÍN e NA MÁX operacionais, cotas do terreno e do extravasor e diagrama das tubulações de entrada e saída;
- ✓ Fontes de fornecimento de água do sistema de abastecimento de água: capacidade de produção e NA MÁX;
- ✓ Unidades de bombeamento: curvas das bombas e as cotas topográficas dos respectivos eixos das bombas;
- ✓ Válvulas de controle: tipo redutora/sustentadora de pressão, controladora de vazão/nível, entre outras, diâmetro, cota topográfica, configuração operacional de regulação;
- ✓ Válvulas de bloqueio de fluxo: tipo, diâmetro, cota topográfica, configuração operacional (aberta/fechada);
- ✓ Estações de medição de vazões e pressões: cotas topográficas, base de dados das medições efetuadas, certificados de aferição dos medidores;
- ✓ Curvas de nível e cotas topográficas dos pontos notáveis (descargas, ventosas, etc.);
- ✓ Nós de consumo: demanda média de cada nó (pode ser obtida através de importação de dados do sistema comercial);
- ✓ Componentes operacionais do sistema: curvas de consumo, padrões temporais e controles do funcionamento do sistema de distribuição de água.

8.3 Considerações sobre a demanda de água e variação de consumo

A previsão de consumo constitui tarefa difícil e habitualmente mais trabalhosa do processo de desenvolvimento de um modelo de simulação, uma vez que os consumos humanos têm um comportamento de natureza aleatória.

O consumo ou uso de água, também conhecido como demanda de água, é a força motriz atrás da dinâmica de hidráulica que acontece em sistemas de distribuição de água. O projeto de um sistema de distribuição de água de uma cidade depende de parâmetros como: número de habitantes a ser abastecido e a quantidade de água necessária a cada indivíduo. Para tanto, costuma-se recorrer a projeções populacionais e indicadores de consumo de água.

O consumo de água é calculado com base nas características operacionais e nos padrões de consumo de cada região, como sendo o volume total distribuído, medido ou estimado, dividido pela população total servida, em um período de tempo.

Classificam-se os consumidores, por meio de dados estatísticos da cidade, englobando os dados residenciais, comerciais, públicos e considerando as perdas

do próprio sistema, podendo ainda variar de acordo com as condições climáticas, crescimento urbano e outros fatores que são determinantes no uso da água.

A quantidade de água consumida varia continuamente ao longo de um dia, sob influência das atividades e hábitos da população, condições climáticas, entre outros. Há meses em que o consumo de água é maior, e dentro de um mês, existem dias em que a demanda da água predomina sobre as demais.

A estimativa da capacidade das unidades dos sistemas é calculada em função da variação temporal das vazões. Assim, as unidades devem ser operadas para funcionar para a demanda média, mas também capazes de suprir as variações que ocorrem ao longo do ano e ao longo dos dias.

8.3.1 Determinação do consumo base

Para a execução da modelagem hidráulica, é necessário carregar o consumo base dos nós. A forma habitual de especificar os consumos num modelo de simulação consiste em atribuir a cada nó um valor nominal, também designado por consumo base. A seguir, são apresentados três exemplos para obtenção do consumo base a partir dados fornecidos pela CAGECE.

1) Para o DMC Floresta

- ✓ Volume médio mensal micromedido (m^3) Jan/2008 a Dez/2013: 1.343.299
- ✓ Nº total de nós existentes na modelagem: 541
- ✓ Consumo base: 0,20 L/s.nó

2) Para o DMC Rodolfo Teófilo

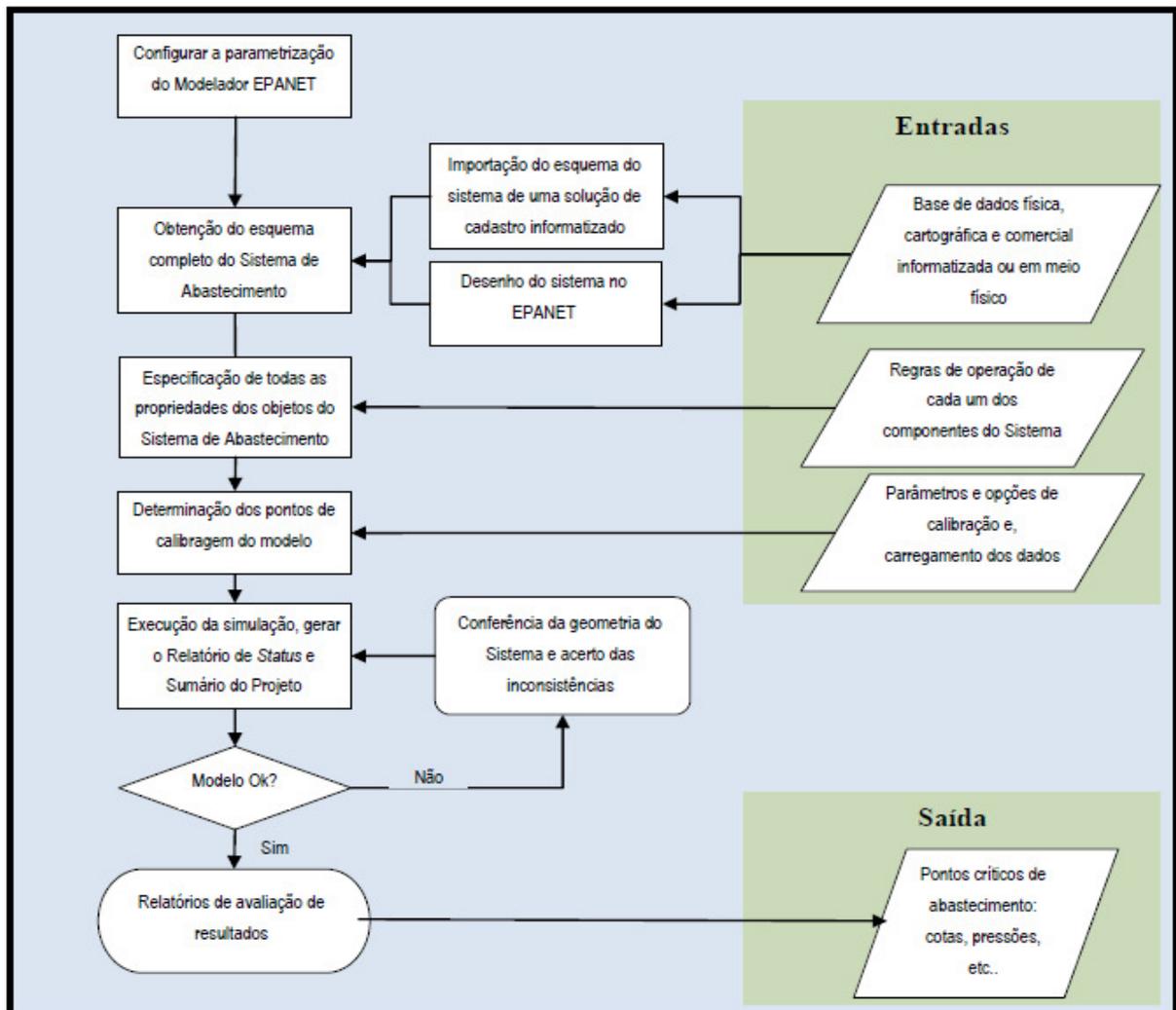
- ✓ Vazão média mensal micromedida (L/s) Jan/2011 a Jun/2013: 14,60
- ✓ Nº total de nós existentes na modelagem: 154
- ✓ Consumo base: = 0,095 L/s.nó

3) Para o DMC Mutirão

- ✓ Nº estimado de residências por nó: 4,5
- ✓ Consumo per capita adotado: 150 L.hab/dia
- ✓ Nº total de nós existentes na modelagem: 283
- ✓ Consumo base: 0,027 L/s.nó

Uma vez obtidas as informações básicas, o próximo passo é a montagem do modelo hidráulico do setor em estudo, conforme fluxograma de atividades mostrado na Figura 18.

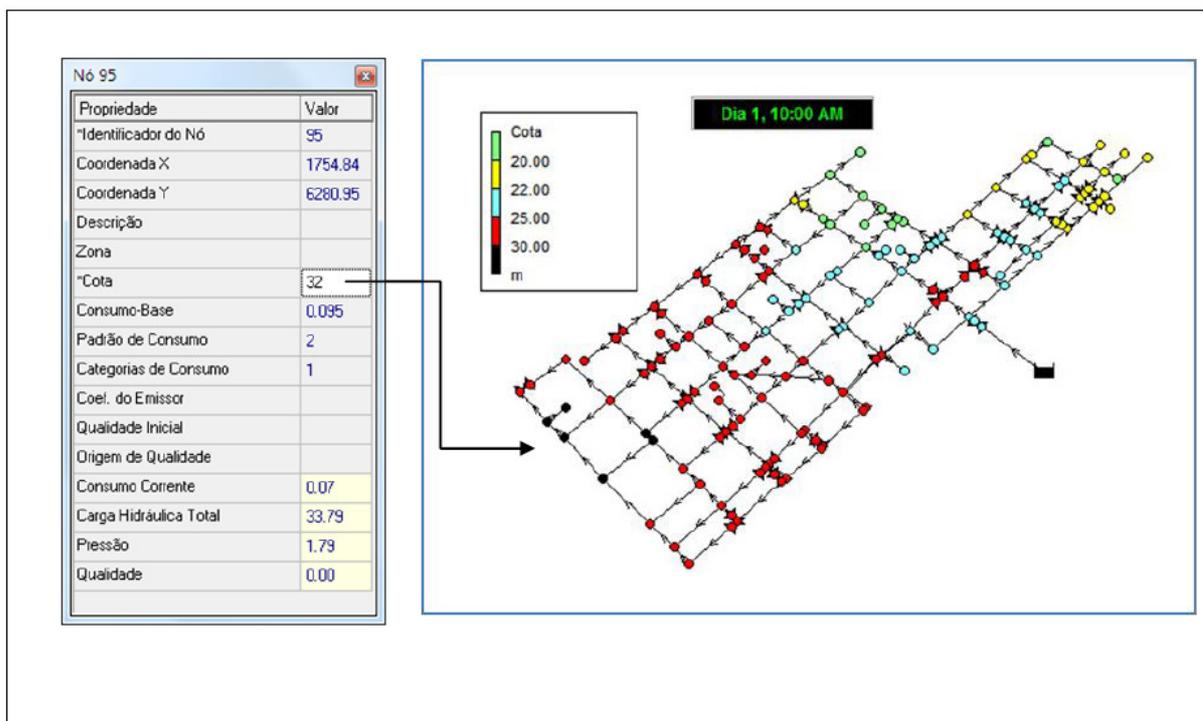
Figura 18: Fluxograma para montagem do modelo hidráulico



(Rosmann, 2002)

O modelador hidráulico EPANET disponibiliza diversas configurações de telas que permitem mostrar os dados do sistema de abastecimento de um setor. O carregamento do consumo base dos nós do DMC Rodolfo Teófilo, por exemplo, é apresentado no modelo representado na Figura 19, teve como referência o consumo médio de água da categoria principal.

Figura 19: Configuração típica de uma das telas do EPANET



(ENOPS, 2014)

8.3.2 Coeficiente de Rugosidade

A perda de carga hidráulica na tubulação, em consequência do trabalho realizado pelas forças resistentes, foi determinada de acordo com fórmula de Hazen-Williams, que é uma das mais utilizadas para o cálculo da perda de carga da água. No Quadro 12, pode-se observar os valores dos coeficientes de rugosidade.

Quadro 12: Coeficiente de Rugosidade (Formula de Hazen-Williams)

COEFICIENTES DE RUGOSIDADE			
TUBOS	NOVOS	USADOS (± 10 anos)	USADOS (± 20 anos)
Cimento-amianto	140	130	120
Ferro fundido	130	120	105
Grés cerâmico (manilhas)	110	110	110
Plástico (PVC)	140	135	130

(Azevedo Netto, 1982)

Inicialmente, pode ser adotado o coeficiente de rugosidade (equação de Hazen-Williams - C), igual a 130 para todas as tubulações. Os valores finais dos coeficientes de rugosidades podem ser diferentes dos valores do Quadro 12, desde que seja feita a calibração do sistema.

8.3.3 Válvulas de Controle

As válvulas de controle tem a função de limitar a pressão ou a vazão num ponto particular da rede. Os principais dados de simulação a serem introduzidos são: diâmetro, parâmetro de controle na válvula e estado (aberto ou fechado).

As válvulas redutoras de pressão - VRP limitam a pressão de saída na válvula num determinado ponto da rede. O EPANET simula as seguintes situações de funcionamento: parcialmente aberta, completamente aberta e fechada.

8.3.4 Componentes Operacionais do Sistema

Os componentes operacionais do sistema descrevem o comportamento e os aspectos operacionais de um sistema de distribuição de água, estes parâmetros permitem definir três categorias de informação sobre a rede: Curvas, padrões e controles, Figuras 20, 21 e 22, respectivamente.

Figura 20: Caixa de entrada de dados – Curva

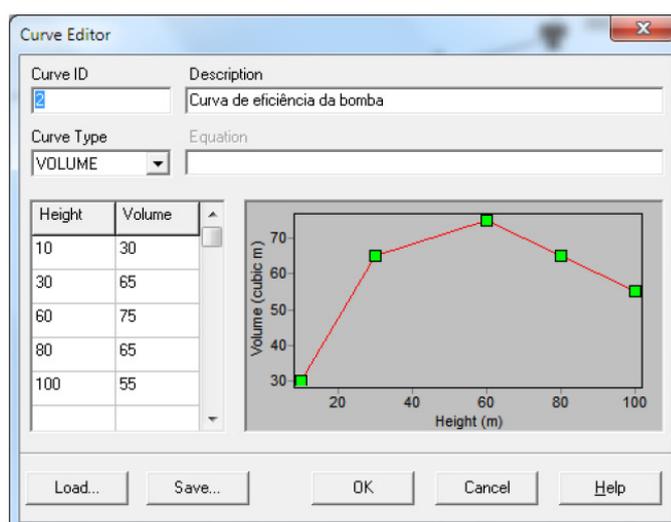


Figura 21: Caixa de entrada de dados – Padrão

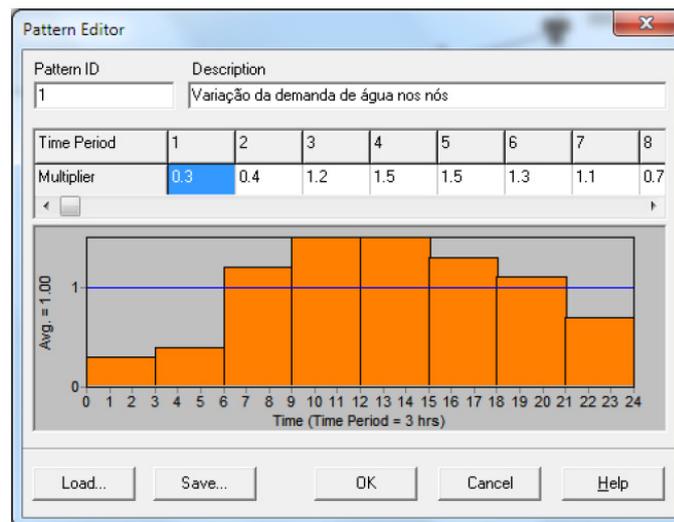
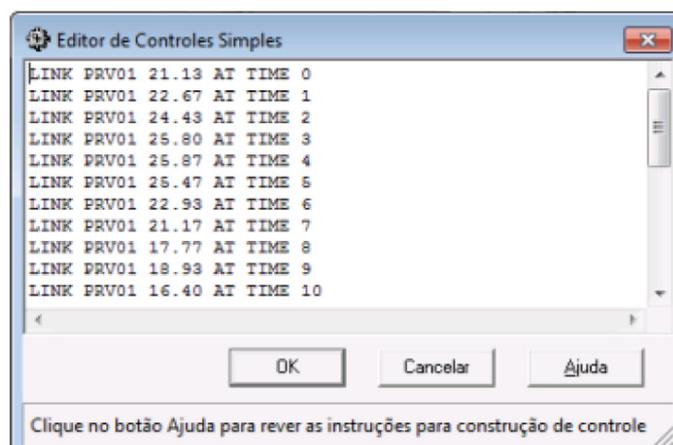


Figura 22: Caixa de entrada de controle simples



8.3.5 Padrões Temporais

Um padrão temporal é constituído por um conjunto de fatores multiplicativos que podem ser aplicados ao valor de uma determinada grandeza, de forma a representar a sua variação no tempo, como por exemplo, a curva de consumo.

O intervalo de tempo padrão utilizado em todos os padrões assume um valor fixo (mesmo com grandezas diferentes).

Cria-se um padrão de consumo no EPANET para representar a variação periódica dos consumos dos nós, mostrando a variação.

Em cada intervalo de tempo, o valor da grandeza se mantém constante igual ao produto do seu valor nominal pelo fator multiplicativo do padrão respectivo a esse intervalo de tempo. Embora todos os padrões temporais tenham que utilizar o mesmo intervalo de tempo, cada um pode apresentar um número diferente de intervalos de tempo (Rosmann, 2002).

8.3.6 Padrão de Consumo

O Padrão de consumo pode ser elaborado através das informações registradas no macromedidor de vazão de um setor, estabelecendo o padrão de consumo da região a ser estudada.

8.3.7 Coeficientes de Correção (K1 e K2)

Utilizando as médias mensais de demandas, é desnecessária a correção para o dia de maior consumo (K1).

O EPANET utiliza um histograma de consumo, no qual ficam implícitas as variações horárias (K2). Desta forma, não se faz necessária à correção direta da demanda para hora de maior consumo.

8.3.8 Controles

Os controles são um conjunto de instruções que estabelecem o modo como a rede opera ao longo do tempo. Eles especificam o estado dos trechos selecionados em função do tempo, alturas de água num reservatório de nível variável e valores de pressão em pontos específicos da rede (VRP). Existem dois tipos de controles: Simples e Programados

Os Controles Simples alteram os estados ou propriedades de um trecho com base nos seguintes parâmetros: altura de água num reservatório de nível variável; pressão; instante do dia a ser realizado o controle (Rosmann, 2002).

Os Controles Programados permitem que o estado e as propriedades dos trechos dependam da combinação de um conjunto de condições, permitindo desligar a

bomba e abrir tubulação de by-pass, quando a altura de água no reservatório de nível variável excede um determinado valor, entre outras funções (Rosmann, 2002).

8.4 Calibração do Sistema

A calibração é um processo de comparação, por exemplo, entre as pressões simuladas e aquelas observadas em campo, onde posteriormente serão ajustados os dados de entrada para o ajuste entre os valores, ou seja, é o processo de ajuste fino de modelo até que esse simule as condições observadas em campo para determinado tempo.

A calibração de um modelo de rede de distribuição de água deve ser sempre realizada antes de qualquer análise de planejamento operacional ou reabilitação de redes. Tendo em vista o custo envolvido nas determinações de campo, as estimativas da rugosidade para tubos em uso devem resultar da calibração do modelo do sistema.

Portanto, o desempenho dos modelos de redes hidráulicas depende da precisão dos dados de entrada.

O procedimento geral para calibração de um modelo de rede pode ser dividido em:

- ✓ Obtenção dos dados cadastrais do sistema em estudo;
- ✓ Inspeção do local para instalação de equipamentos;
- ✓ Medidas de campos preliminares;
- ✓ Exercício de medida de campo;
- ✓ Entrada de dados da rede para uma análise de computador;
- ✓ Calibração.

9 ESTRATÉGIAS PARA MANUTENÇÃO DA CONTINUIDADE DO ABASTECIMENTO

9.1 Gestão de ativos

9.1.1 Gestão de Ativos Infraestruturais

As infraestruturas associadas a um sistema de abastecimento de água constituem a parte mais valiosa destes sistemas, uma vez que estão no cerne da qualidade do serviço prestado e da sua eficiência e eficácia econômica. Neste sentido, e de forma a gerir estas infraestruturas de forma eficaz e sustentada, é recomendada a adoção um modelo de gestão patrimonial de infraestruturas que permita (Be Water Network, 2013):

- ✓ Garantir a sustentabilidade de níveis de serviço adequados;
- ✓ Clarificar e justificar as prioridades de investimento;
- ✓ Encontrar um equilíbrio entre desempenho, custo e risco no curto, médio e longo prazos;
- ✓ Utilizar de forma sustentável os recursos hídricos e energéticos;
- ✓ Planejar a adaptação dos sistemas às alterações climáticas;
- ✓ Privilegiar a reabilitação das infraestruturas existentes, sobre a construção de novas, sempre que possível;
- ✓ Fomentar o investimento e os ganhos de eficiência operacionais.

O Quadro 13, a seguir, apresenta requisitos de gestão dos ativos infraestruturais, em diversos níveis.

Quadro 13: Gestão de Ativos da Infraestrutura – Componentes e requisitos

ATIVOS	REQUISITOS DE GESTÃO		
	BÁSICO	INTERMEDIÁRIO	AVANÇADO
Redes		Monitoramento de pressão	Modelo hidráulico e Histórico de intervenções
Reservatórios		Monitoramento das variáveis	Controle de nível
Elevatórias	Cadastro técnico completo	Monitoramento das variáveis	Controle de nível
VRPs		Monitoramento das variáveis	Automação
Macromedidores		Monitoramento da vazão	Automação
Poços		Monitoramento da vazão	Automação
ETA		Monitoramento da vazão e da qualidade	Automação
Micromedição		Monitoramento do status e do tipo de consumidor	Monitoramento de consumo

9.1.2 Cadastro técnico completo

O cadastro técnico é o conjunto de informações fiéis de uma instalação, apresentado através de textos e representações gráficas em escala conveniente. O cadastro pode ser classificado quanto ao tipo de unidade cadastrada e meio de armazenamento:

- ✓ Unidades lineares, canalizações e conexões destinadas à adução e distribuição de água;
- ✓ Unidades localizadas, captação, elevatórias, ETA e reservatórios;
- ✓ Meio de armazenamento: físico e/ou digital; integrado;

As informações mínimas que devem estar contidas no cadastro técnico são: cotas notáveis; diâmetros, extensões e materiais das tubulações; dimensões e diagramas dos reservatórios; informações técnicas de bombeamentos; localização das válvulas, macromedidores, ventosas, descargas, registros, etc.

Os principais benefícios da gestão eficiente do cadastro técnico são:

- ✓ Agilidade na execução de obras;
- ✓ Facilidade na calibração de modelo hidráulico;
- ✓ Facilidade na obtenção de dados;
- ✓ Agilidade no atendimento ao cliente;
- ✓ Verificação dos históricos de consumo;
- ✓ Melhor qualidade na elaboração de projetos;
- ✓ Rapidez no fechamento de áreas para execução de reparos;
- ✓ Eficiência e eficácia no controle do sistema como um todo.

9.1.3 Monitoramento de variáveis

As variáveis mais importantes a serem monitoradas no Sistema de Abastecimento de Água são: pressão nos pontos críticos do setor, pressão na entrada e saída das válvulas redutoras, vazão distribuída e volume consumido. Os principais benefícios obtidos são:

- ✓ Verificação de problemas de abastecimento rapidamente;
- ✓ Verificação de anomalias em equipamentos e na qualidade;
- ✓ Descoberta de novos vazamentos antes do afloramento;
- ✓ Verificação de fraudes através do histórico de consumo.

9.1.4 Automação

É um sistema automático de controle pelo qual os mecanismos verificam seu próprio funcionamento, efetuando medições e introduzindo correções, sem a necessidade da interferência do homem.

A automação bem sucedida pode diminuir os custos e aumenta a eficiência e eficácia dos processos de produção e distribuição de água, no caso, e tendo as seguintes variáveis mínimas de monitoramento:

- ✓ Automação de elevatórias: liga e desliga remoto;
- ✓ Automação de reservatórios: fechamento de registro para evitar extravasamentos e monitoramento contínuo do nível;
- ✓ Automação de válvulas redutoras de pressão: oscilação automática de parâmetros de regulação.

9.1.5 Ativos não infraestruturais (recursos humanos e informação)

A gestão de ativos não infraestruturais pretende alinhar a estratégia de desenvolvimento da empresa com as mais-valias ou oportunidades identificadas nos seus recursos humanos e tecnológicos, pretendendo-se (Be Water Network, 2013):

- ✓ Formar uma equipe multidisciplinar com responsabilidade direta na implementação do modelo de gestão patrimonial de infraestruturas;
- ✓ Dotar esta equipe do conhecimento, capacidades técnicas e ferramentas necessárias à implementação deste modelo;
- ✓ Contribuir para a elaboração do plano diretor, identificando e fundamentando as diferentes opções de investimento e o respectivo impacto na gestão eficiente e sustentável das infraestruturas;
- ✓ Participar em iniciativas inovadoras ligadas à Gestão de Ativos;
- ✓ Criar uma cultura de coleta e distribuição de informação na organização que permita o enriquecimento dos dados disponíveis para os sistemas de apoio à decisão.

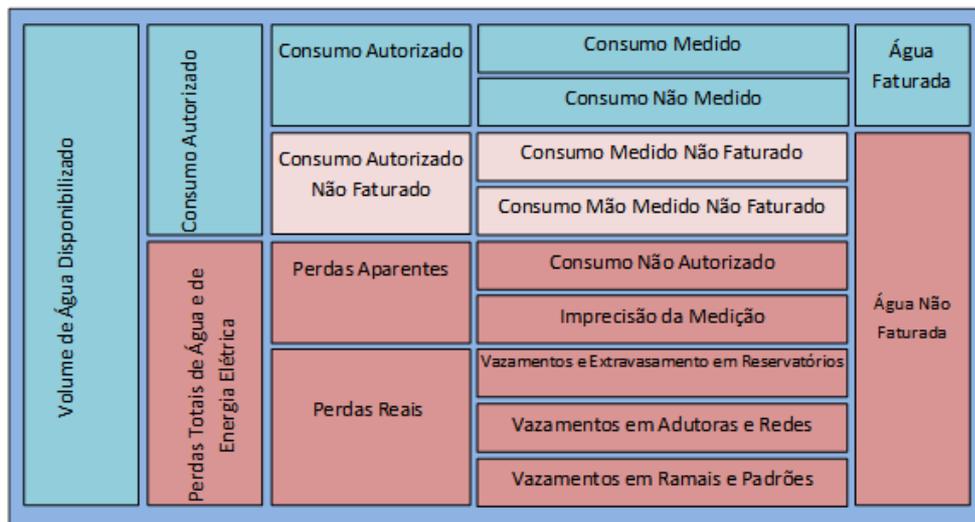
9.2 Gestão das Perdas de Água

Historicamente, no cenário nacional, o enfrentamento das perdas de água nos sistemas públicos de abastecimento de água é uma preocupação tanto dos órgãos oficiais (governo e seus agentes financeiros), quanto dos operadores do serviço de água. Entre as ações normalmente praticadas pelos Prestadores de Serviço², as de maior ênfase, no caso para garantir a sustentabilidade do serviço de monitoramento da continuidade do abastecimento, são:

- ✓ Medição e quantificação dos volumes e vazões que entram e saem do sistema de distribuição, através do emprego da prática desenvolvida pela IWA: Balanço Hídrico (IWA, 2000), Figura 23.

²Micromedição; Macromedição; Pitometria; Cadastro Técnico; Cadastro de Consumidores; Redução e Controle de Vazamentos e Sistema de Atendimento Integrado; Desenvolvimento e Reabilitação de Unidades Operacionais; Melhoria de Ramais Prediais; Desenvolvimento do Controle Operacional; Desenvolvimento da Qualidade de Materiais e de Equipamentos; Desenvolvimento de Critérios de Projetos e Obras.

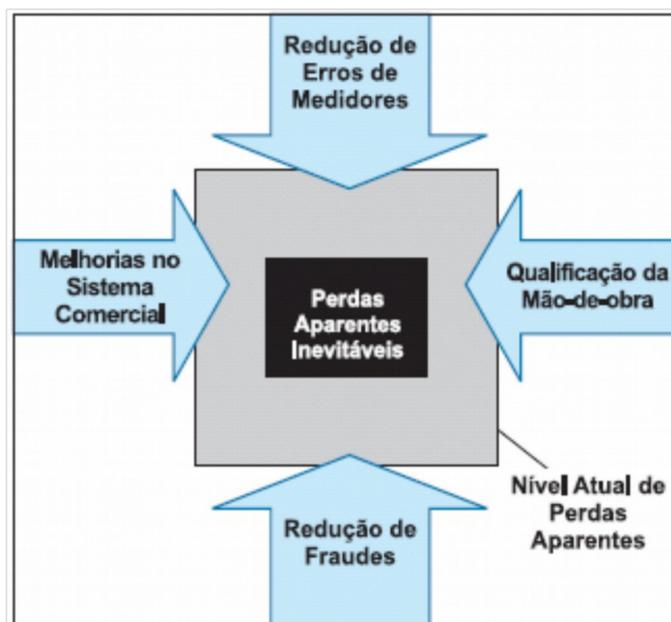
Figura 23: Balanço Hídrico



(IWA, 2000)

- ✓ Identificação de um conjunto de soluções para a redução das perdas aparentes, incluindo a medição e quantificação de volumes de água, pode ser classificada em quatro subgrupos, com ataque diretamente a um dos seus subgrupos ou através de ações isoladas, dependendo da característica e da evolução das práticas operacionais de cada operador, conforme mostrado na Figura 24.

Figura 24: Cruz de Perda Aparente



(Coelho, 2009)

Da mesma maneira, as componentes das Perdas Reais de Água estão representadas na Figura 25, mais conhecida com a “Cruz de Lambert”.

Figura 25: Cruz de Lambert



(Lambert, 2002)

Para a avaliação das perdas reais, é necessária uma completa análise de vazões mínimas noturnas, da quantidade e duração dos vazamentos e rompimentos, das vazões médias e pressões diárias do sistema de distribuição. Para tanto, é imprescindível que a setorização deste sistema permita tal análise. A prática mundialmente adotada para esta finalidade é denominada de DMA - Área de Medição de um Distrito. No Brasil, foi adotada a sigla DMC – Distrito de Medição e Controle.

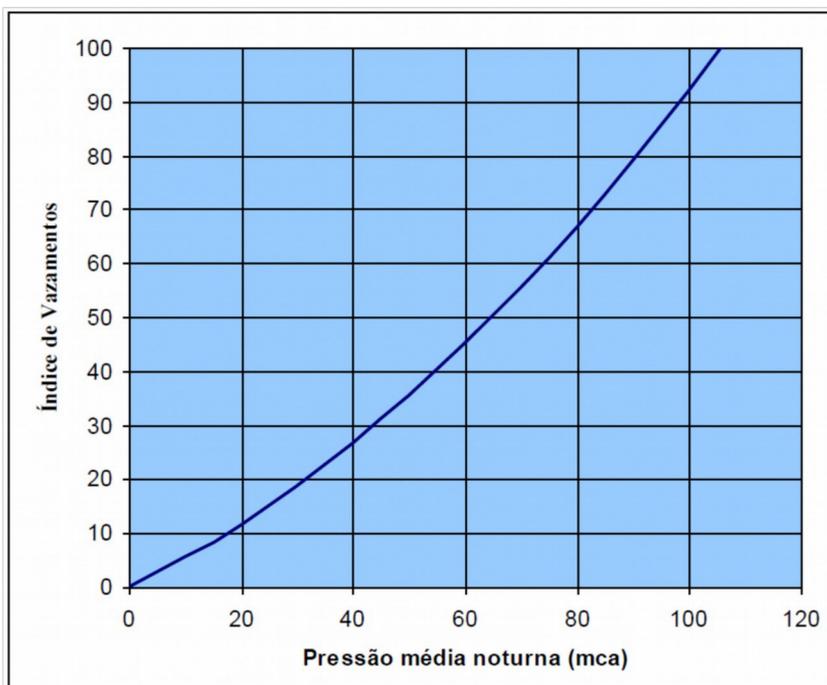
9.2.1 Objetivos específicos do DMC

O conceito do gerenciamento da Área de Medição de um Distrito – DMA foi introduzido primeiramente nos operadores dos serviços de distribuição de Água do Reino Unido, na década de 1980, segundo o UK Report 26. Neste relatório, DMA foi conceituado como sendo uma área específica de um sistema de distribuição perfeitamente definida (geralmente pelo fechamento das válvulas) e as quantidades de água que entram e que saem da área são medidas. A vazão é analisada para determinar o nível de vazamento dentro da área, de forma a permitir ao responsável pelo sistema de distribuição determinar onde é mais vantajoso implementar

atividades de pesquisa de detecção e reparo de vazamentos. Geralmente, o tamanho de um DMC pode variar de 500 até 3.000 ligações (Morrison, et al., 2005). Por questões de custo de investimento é adotado no presente Manual o limite máximo de 10.000 ligações.

O processo de identificação da localização do vazamento e reparo é denominado de controle ativo de vazamento – ALC (Active Leakage Control) e quando associado ao gerenciamento do controle da pressão e aos DMA, provou ser solução exitosa na redução de manutenção dos níveis de vazamentos. Esta técnica exige uma compreensão cuidadosa e não deve ser considerada como uma solução rápida que exige gerenciamento robusto e recursos humanos adequados para ser bem-sucedida em curto e longo prazo, conforme indicado na Figura 26, onde a variação da pressão influencia fortemente na quantidade de vazamentos, visíveis e não visíveis, bem como na quantidade de água perdida (IWA, 2007).

Figura 26: Relação entre pressão e volume perdido



(IWA, 2007)

10 BIBLIOGRAFIA

ABNT. 1988. *NBR 10.396: Medidores de Vazão de Fluídos.* Rio de Janeiro: ABNT, 1988.

—, **1994.** *NBR 12219: Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público.* Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ARCE. 2013. *Resolução 167/2013.* Fortaleza: s.n., 2013.

Azevedo Netto, José M. de . 1982. *Manual de Hidráulica.* São Paulo: Edgard Blucher, 1982.

Be Water Network. 2013. *Be Water S.A.* [Online] Webuild, 2013. www.bewater.com.pt/pt/gestao-de-ativos.

Coelho, Adalberto Cavalcanti. 2009. *Micromedição em Sistemas de Abastecimento de Água.* João Pessoa: UFPB, 2009.

ENOPS. 2013. *Produto 1: Relatório de Estudo de Tecnologias para Monitoramento da Continuidade - Contrato ARCE 20.2013.* Belo Horizonte: Enops, 2013.

—, **2014.** *Produto 2: Relatório de Testes de Campo - Contrato ARCE 20.2013.* Fortaleza: s.n., 2014.

IWA. 2007. *DMA – District Metered Areas, Guidance Notes.* Londres: Water Loss Task Force, 2007.

—, **2000.** *Manual of Best Practice - Performance Indicators for Water Supply Services.* Londres: IWA, 2000.

Lambert, Alan. 2002. *Non Revenue Water and Water Losses: Best Practice Water Balance. ENCONTRO TÉCNICO SOBRE CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDAS.* Salvador: s.n., 2002.

Morrison, Jae e Tooms, S. 2005. *Conference Proceedings: DMA - Management Manual by the Water Losses. Task Force Progress.* Londres: IWA, 2005.

Rosmann. 2002. *Epanet 2.0 em Português – Manual do Utilizador. Tradução e Adaptação de Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento.* João Pessoa: UFPB, 2002.

Taira, Nilson. 2013. *Novas Tecnologias de equipamentos de monitoramento e controle de redes de abastecimento.* São Paulo: IPT, 2013.

Tardelli Filho, Jairo, Yoshimoto, Paulo e Sarzedas, Guaraci. 1999. *PNCDA - DTA1: Controle de Pressão.* Brasília: Presidência de República, 1999.