

V-021 - IDADE MÉDIA DE REDES DE ABASTECIMENTO E O SEU DESEMPENHO EM TERMOS DE PERDAS DE ÁGUA

Rita Cavaleiro de Ferreira⁽¹⁾

Engenheira do Território pela Universidade Técnica de Lisboa (UTL/IST). Pós-Graduação em Engenharia Sanitária pela Universidade Nova de Lisboa (UNL/FCT). Consultora da *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH* (GIZ) e Coordenadora do ProEESA - Projeto de Eficiência Energética em Sistemas de Abastecimento de Água.

Carlos Werlang Lebelein

Graduado em Economia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e em Direito pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) com Pós Graduação em Gerenciamento de Riscos Corporativos (UFPR), Mestre em Economia e Finanças pela Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getulio Vargas (EESP – FGV); Professor da FGV de Gerenciamento de Riscos Corporativos

André Galvão Silveira

Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e mestre em Saúde Pública pela Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ). Coordenador de Planejamento e Regulação na Secretaria Nacional de Saneamento – no Ministério de Desenvolvimento Regional.

Ernani Ciríaco de Miranda

Engenheiro Civil; Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (UnB); Especialista em Infraestrutura Sênior na Coordenação Geral de Planejamento e Regulação da Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério de Desenvolvimento Regional.

Endereço⁽¹⁾: Secretaria Nacional de Saneamento /Ministério de Desenvolvimento Regional, SAUS, Quadra 1, lote 1/6 – Bloco H – Edifício Telemundi II, 9º andar, CEP 70.070-010, Brasília-DF, Brasil, + 55 (61) 2108 1057, rcavaleirodeferreira@gmail.com

RESUMO

O objetivo deste trabalho é quantificar a reabilitação necessária para o combate as perdas de água no horizonte do PLANSAB - Plano Nacional de Saneamento Básico (2017-2033). Se pretende evidenciar a correlação entre idade da rede e nível de perdas de água. É também objetivo do trabalho exemplificar perante titulares, reguladores e prestadores de serviço de água o uso do indicador **idade média da rede (anos)** como uma ferramenta de gestão de infraestruturas, de ativos e de desempenho em horizontes de superiores aos ciclos de administração, tipicamente de 3-4 anos, que são curtos face à vida útil dos sistemas. Por final, se realizam ainda algumas reflexões sobre de metas e acordos progressivos na redução de perdas que deve estar vinculado ao nível econômico de perdas de água que é individual em cada sistema.

Não foi objetivo do trabalho analisar os custos e os benefícios imediatos da melhoria do controle operacional como a setorização e gestão de pressões.

PALAVRAS-CHAVE: Perdas de água, Idade média de rede, desempenho, reabilitação, investimento, regulação.

INTRODUÇÃO

A quantidade de perdas de água reais tem uma correlação com o estado de conservação de ramais de ligação e de redes de distribuição. O estado de conservação destas infraestruturas está associado à idade das mesmas. Deixar envelhecer o patrimônio físico corresponde a uma perda de desempenho em termos de desperdício de água e simultaneamente um gradual sucateamento das infraestruturas.

No combate às perdas de água deve ser dada prioridade às componentes de controle operacional consideradas de alto impacto e com ganhos imediatos de curto prazo, entre as quais está incluída a setorização, gestão de pressões e reparação de vazamentos visíveis. Porém, é necessário a reabilitação contínua de ramais, onde ocorre a maior parte das perdas, assim como a reposição de redes, onde a fadiga e desgaste dos materiais tenham esgotado a vida útil das infraestruturas.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia seguiu 6 etapas que se subdividem em passos subsidiários conforme listado em seguida e detalhado posterior:

- 1) Determinação da idade da rede (anos)
- 2) Determinação das perdas (l./lig./dia) e em (%)
- 3) Estabelecimento da relação entre idade das infraestruturas e perdas de água na rede distribuição
- 4) Determinação da expansão da rede até 2033
- 5) Determinação da meta desejável de perdas em (l./lig./dia)
- 6) Determinação de reabilitação necessária

Os itens de 1 - 4 assentam em análises sobre conjuntos de bases de dados. Se ressalta que a seleção da amostra usada impacta cálculos posteriores, resultados e interpretações, razão pela qual se detalha um pouco mais a metodologia usada na seleção dos dados de base e com o intuito de facilitar a replicação da análise.

Ao longo do documento se fala de perdas de água. O conceito aqui se refere a ambas as componentes, isto é, a perdas reais e a perdas aparentes. Quando se referir a uma única componente específica, então é feita referência explícita.

PRIMEIRA ETAPA: DETERMINAÇÃO DA IDADE DA REDE

Para estimar a idade média da rede em nível nacional foi necessário determinar a quantidade de km construída em cada ano. Foram realizados os seguintes passos:

- 1) Levantamento da extensão da rede AG005 – Extensão da rede de água reportada em cada ano ao Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS)
- 2) Acesso à série histórica do SNIS (em <http://www.snis.gov.br/aplicacao-web-serie-historica>) selecionando as informações necessárias escolhendo as seguintes opções: Informações e indicadores agregados, Ano de referência: Todos; Abrangência: Todos; Tipo de serviço: “Água” e “Água e Esgoto”; Prestadores: Todos
- 3) Aferição do aumento interanual da através da subtração do valor AG005 pelo valor no ano anterior para cada prestador de serviço.
- 4) Distinção se o aumento de AG005 se deve a uma primeira vez que o prestador de serviço reportou ao SNIS ou se é um caso de expansão de rede. Nesta fase da análise, quando um prestador atualiza o valor de extensão da rede, se considerou que esse diferencial correspondeu a uma expansão da rede.
- 5) Para a rede existente anterior a 1995 se distribuiu de modo discricionário, a quantidade de rede ao longo de 50 anos considerando várias épocas do saneamento do Brasil. Se considerou que a rede de abastecimento anterior ao período da segunda guerra mundial foi gradualmente desativada e substituída até 1995.
- 6) Em seguida procedeu-se a uma suavização de picos no período de 1995-2016, pois, acredita-se que os dados foram reportados nesse ano e não necessariamente construídos no ano em causa.
- 7) Determinação da idade média da rede através da seguinte fórmula:

$$\text{Idade média da rede}_{\text{ano } n} (\text{anos}) = \frac{\sum \text{rede}_i (\text{km}) \times \text{idade}_i \text{ no ano } n (\text{anos})}{\text{total rede}_{\text{ano } n} (\text{km})} \quad (\text{equação 1})$$

SEGUNDA ETAPA: DETERMINAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA

Para calcular as perdas de água por ramal de ligação foram realizados os seguintes passos:

- 1) Levantamento das variáveis necessárias para o cálculo de IN051 – Perdas por ligação para toda a série histórica 1995-2016 disponível: AG002 - Quantidade de ligações ativas de água, AG006 – Volume de água produzido, AG010 - Volume de água consumido, AG018 - Volume de água tratada importada, AG024 - Volume de serviço) reportada em cada ano ao Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS)
- 2) Acesso à série histórica do SNIS (em <http://www.snis.gov.br/aplicacao-web-serie-historica>) selecionando as informações necessárias escolhendo as seguintes opções: Informações e indicadores agregados, Ano de referência: Todos; Abrangência: Todos; Tipo de serviço: “Água” e “Água e Esgoto”; Prestadores: Todos

- 3) Eliminação dos conjuntos de dados relativos a um ano e prestador onde o numerador, isto é, AG002 - Quantidade de ligações ativas de água é nulo, vazio ou negativo.
- 4) Eliminação dos conjuntos de dados relativos a um determinado ano e prestador onde o denominador da equação é nulo ou negativo (AG006+ AG018-AG010-AG024)
- 5) Cálculo do IN051 conforme seguinte fórmula. Para efeitos da presente análise não se usou a média aritmética de AG002 com o ano anterior conforme referido no comentário.
- 6) Se calcularam 22 valores anuais (1995-2016) onde cada variável nacional é a soma de todos os prestadores de serviço que não foram expurgados:

$$IN051 = (AG006 + AG018 - AG010 - AG024) / AG002^* \times 1000000/365 \quad (\text{equação 2})$$

Onde

AG002: Quantidade de ligações ativas de água (utilizando a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior)

AG006: Volume de água produzido

AG010 Volume de água consumido

AG018 Volume de água tratada importado

AG024 Volume de serviço

Para calcular as perdas de água na distribuição em (%) foram realizados os seguintes passos:

- 1) Levantamento das variáveis necessárias para o cálculo de IN049 – Perdas de distribuição para toda a série histórica 1995-2016 disponível: AG006 – Volume de água produzido, AG010 - Volume de água consumido, AG018 - Volume de água tratada importada, AG0 - 24 Volume de serviço reportada em cada ano ao Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS)
- 2) Seleção dos conjuntos de dados escolhendo as seguintes opções: Informações e indicadores agregados, Ano de referência: Todos; Abrangência: Todos; Tipo de serviço: Água e Água e Esgoto; Prestadores: Todos (em <http://www.snis.gov.br/aplicacao-web-serie-historica>)
- 3) Eliminação dos conjuntos de dados relativos a um ano e prestador onde o numerador da equação é nulo ou negativo (AG006 + AG018 - AG010 - AG024)
- 4) Eliminação dos conjuntos de dados relativos a um ano e prestador onde o denominador da equação é nulo ou negativo (AG006 + AG018 - AG024)
- 5) Cálculo do IN049 em 22 valores anuais (1995-2016) conforme definição do SNIS onde cada variável nacional é a soma de todos os prestadores de serviço que não foram expurgados:

$$IN049 = (AG006 + AG018 - AG010 - AG024) / (AG006 + AG018 - AG024) \times 100 \quad (\text{equação 3})$$

Onde

AG006: Volume de água produzido

AG010 Volume de água consumido

AG018 Volume de água tratada importado

AG024 Volume de serviço

TERCEIRA ETAPA: ESTABELECIMENTO DA RELAÇÃO IDADE E PERDAS

Para estabelecer a relação entre as perdas de água e idade da rede foram realizados os seguintes passos:

- 1) Arranjo dos 22 dados anuais nacionais para idade média (anos), perdas de água em dois arranjos:
 - a. idade média (anos) e perdas de água (l./lig./dia) e
 - b. idade média (anos) e perdas de água (%).
- 2) Introdução de uma linha de tendência e seleção do modelo que melhor se ajusta às variáveis (exponencial, linear, logarítmico, polinomial, potência)
- 3) Avaliação do modelo e correlação entre idade da rede e perdas de água nas duas unidades.

QUARTA ETAPA: DETERMINAÇÃO DA EXPANSÃO DA REDE ATÉ 2033

O cálculo da expansão da rede até 2033 é relevante para prever o nível de perdas nessa altura, pois a ampliação do sistema tem uma influência significativa de rejuvenescimento da idade média. Assim, procedeu-se ao cálculo da expansão da rede até 2033.

Para determinação dos km de rede necessários para alcançar a meta Plansab 99% de população servida se procedeu a uma estimativa do seguinte modo:

- 1) Levantamento da população atendida AG001 (1995-2016) reportada em cada ano ao Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS)
- 2) Levantamento da extensão da rede AG005 (1995-2016) reportada em cada ano ao Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS)
- 3) Determinação da população que será atendida por um km adicional de rede construída através do indicador [km/população servida] (AG005/AG001) e sua tendência no período 1995-2016.
- 4) Previsão da tendência 2017-2033
- 5) Determinação da população atender em 2033:
 - a. 10% da população é atendida com soluções individuais e não entram em AG001
 - b. A meta do PLANSAB é servir 99% da população em 2033
 - c. Consulta da “Projeção da População do Brasil por sexo e idade: 2000-2060” (fonte IBGE: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?=&t=resultados>, Atualizado em 31/10/2013)
 - d. População a atender em 2033: 89% de população correspondente a 200.509.293 habitantes.
 - e. A população atendida em 2016 AG01 é de 166.611.571 habitantes e é necessário atender adicionalmente 33,9 milhões entre 2017 e 2033.
- 6) Multiplicação da população a servir pelo indicador de km/pop_{ano n} para obter a extensão da rede a construir até 2033

QUINTA ETAPA: DETERMINAÇÃO DA META DESEJÁVEL DE PERDAS EM L./LIG./DIA

O PLANSAB tem a meta de 31% de perdas de água em 2033. O nível e perdas em (%) depende do volume consumido e do volume perdido, sendo que este depende da pressão, intermitência do abastecimento, ligações existentes, da extensão da rede e da quantidade de vazamentos.

Para converter as perdas na unidade (%) em (l./lig./dia) se utilizou os seguintes pressupostos expectáveis:

- 1) Pressão em 2033: fator estático - sem alterações em relação a 2016
- 2) Intermitência em 2033: fator estático - sem alterações previstas em relação a 2016
- 3) População atendida com rede em 2033: 200.509.293 hab.
- 4) Per capita em 2033: 187 l./hab./dia (em 2016 são 154 l./hab./dia)
- 5) Água consumida resultante: 13.685.762.000m³
- 6) Perdas de água em 2033: 31%
- 7) Perdas de água em 2033: Água consumida x 31% / (1-31%) = 6.148.676.000m³
- 8) Habitantes servidos por ligação em 2033: 2,3859 hab./lig.
- 9) Número de ligações esperadas em 2033: 200.509.293 hab. / 2,3859 hab./lig. = 84.039.269 lig.
- 10) Perdas de água (l./lig./dia) = 6.148.676.000m³ / 84.039.269 lig. = 200,45 (l./lig./dia)

A meta para prosseguir neste estudo é de 200,45 l./lig./dia correspondente a 31%.

Para 25% o equivalente seriam 148,72 l./lig./dia.

SEXTA ETAPA: DETERMINAÇÃO DE REABILITAÇÃO E INVESTIMENTO NECESSÁRIO EM KM

Para determinação da taxa de reabilitação se procedeu aos seguintes passos:

- 1) Determinação da idade média necessária para 200,45 l./lig./dia de perdas de água, considerada a idade meta para 2033
- 2) Cálculo quantidade de km necessários de reabilitação para que em 2033 a rede tenha a idade e nível de perdas desejado com base nas seguintes equações:
 - a. Determinação da idade média da rede no ano 2033

$$\text{Idade média meta da rede}_{2033} \text{ (anos)} = \frac{(\text{km.ano})_{2033}}{\text{total rede}_{2033} \text{ (km)}} \quad (\text{equação 4})$$

onde

$$(\text{km.a})_{2033} = \text{km.a}_{\text{redes construídas durante 1946-2033}} - \text{km.a}_{\text{redes desativadas entre 1946-2033}}$$

onde

km desativados 1946-2033 = km reabilitados 2017-2033

Este cálculo corresponde a uma forma simplificada de calcular a idade média em 2033 evitando o cálculo interanual 2017-2032.

Nesta simulação se parte do pressuposto que no momento de reabilitar, o prestador substitui as redes mais antigas, que têm um peso km.ano superior e um efeito mais rejuvenescedor do que substituir redes idades inferiores a 50 anos. O cálculo também assume que não houve reabilitações entre 1995 e 2016. A idade média verdadeira pode ser mais jovem do que aqui calculado, porém esse fator não tem maiores repercussões, pois as análises posteriores usam a mesma referência e o mesmo modelo.

- 3) Se procedeu à simulação de 4 cenários diferentes:
 - a. Cenário: sem expansão da rede e sem reabilitação
 - b. Cenário: sem expansão da rede, porém é realizada reabilitação
 - c. Cenário: apenas expansão da rede e sem reabilitação da rede
 - d. Cenário: realização de metade de expansão necessária da rede e alguma reabilitação

Para cada cenário se indica:

- a extensão da rede em 2033,
- km de rede a expandir (2017-2033),
- km de rede a reabilitar (2017-2033),
- idade média dos ramais e da rede em 2033,
- nível de perdas esperado em 2033, e
- reabilitação e expansão da rede a realizar entre 2017-2033.

RESULTADOS

A seguinte figura mostra a evolução da extensão de rede reportada ao SNIS desde 1995 assim como o número de prestadores de serviço que responderam.

A extensão total de rede em 1995 era de 250.398 km e foi aumentando até 626.272 km em 2016.

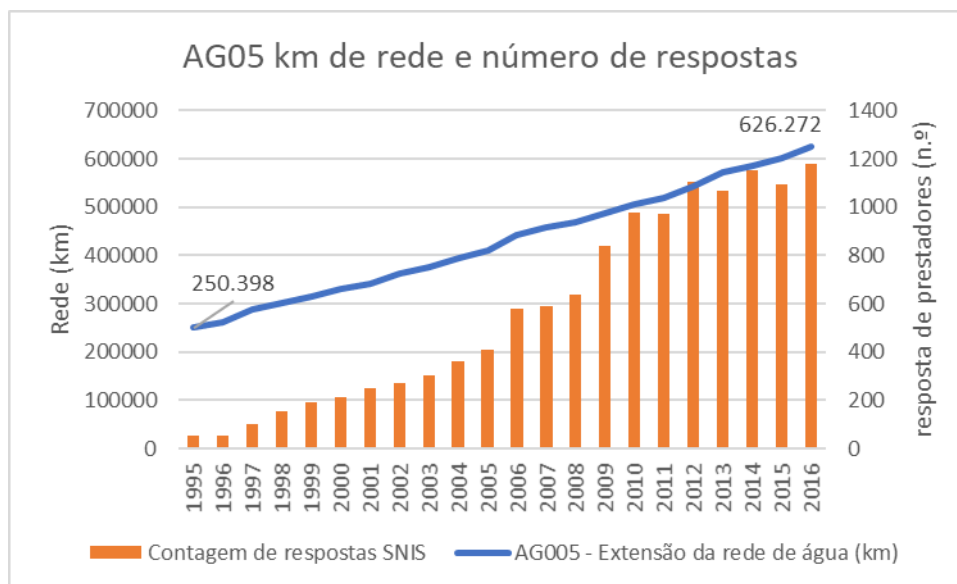


Figura 1: Extensão da rede reportada ao SNIS 1995-2016 e número de respostas.

O nível de respostas corresponde a cerca de 75% em 2016 em um universo de prestadores estimados de 1568. Existe alguma incerteza se a rede reportada corresponde a uma expansão ou ao reporte nesse ano. De qualquer forma se pode afirmar que desde 1995 a rede aumentou 41%, pois a rede reportada pela primeira nos vários anos em que os prestadores aderiram ao SNIS é de 366.948 km e corresponde a 59% da rede de 2016. Isso significa que os restantes 259 234 km resultam de uma expansão em cerca de 20 anos, o que é um grande esforço nacional realizado em cerca de duas décadas.

RESULTADOS DA PRIMEIRA ETAPA: DETERMINAÇÃO DA IDADE DA REDE

A seguinte figura mostra o aumento de rede que foi reportada pela primeira pelos prestadores de serviço e a rede que pode ter sido uma expansão do sistema.

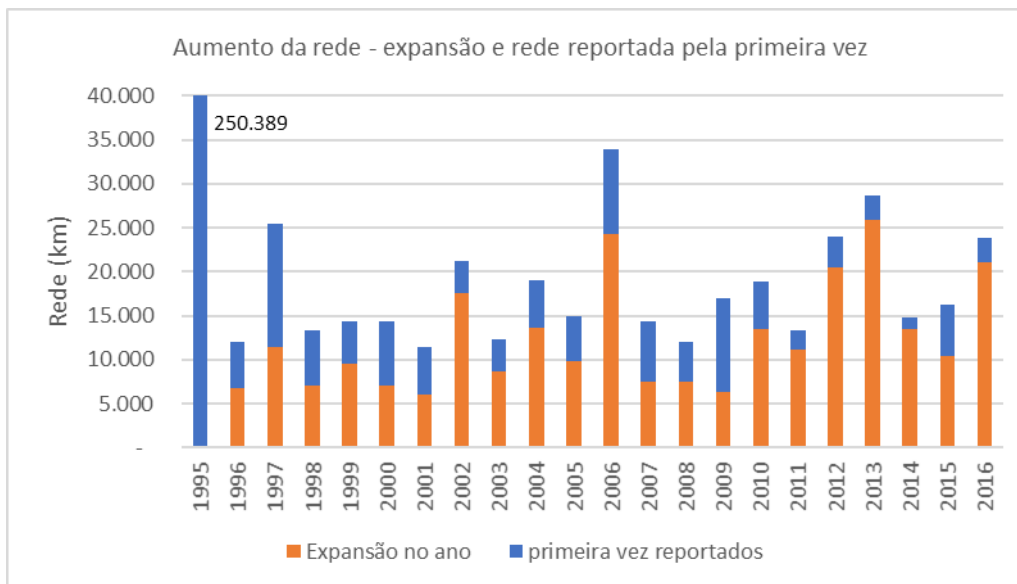


Figura 2: Aumento anual da rede com distinção de primeiro reporte ou aumento interanual 1995-2016.

A seguinte figura mostra a distribuição temporal da extensão das redes conforme metodologia acima referida. A distribuição anterior a 1996 corresponde à sensibilidade dos autores e não segue critérios mais rigorosos.

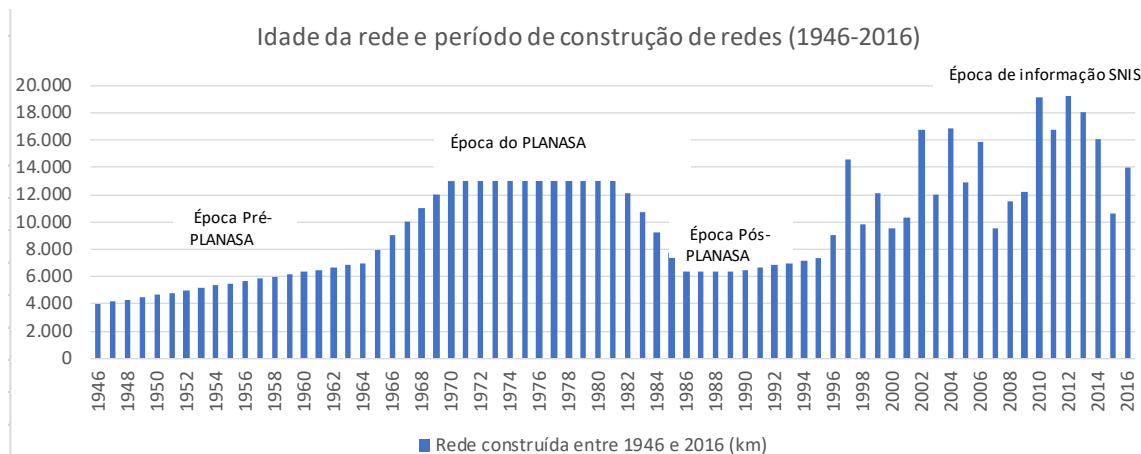


Figura 3: Ano de construção das redes de abastecimento de água 1946-2016.

De acordo com a fórmula referida em cima, a idade média da rede no Brasil é, em 2016, de 34,4 anos. A seguinte figura mostra a evolução da idade média da rede nos últimos anos.

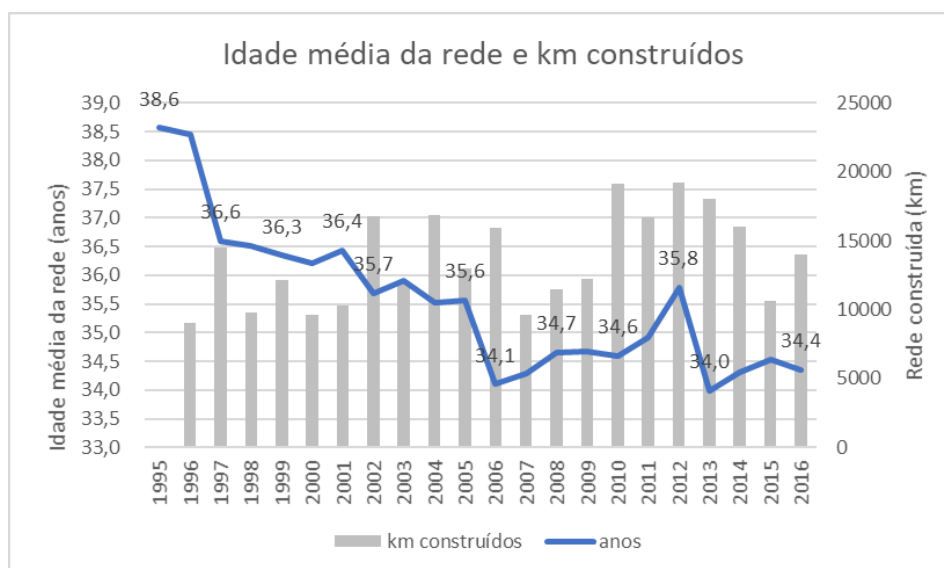


Figura 4: Idade média da rede no Brasil 1996 – 2016.

Em geral a construção e expansão de rede nos últimos 20 anos tem tido um impacto rejuvenescedor para a rede.

Se presume que tenha havido reabilitação de redes, porém essa informação não está disponível, pois não consta do SNIS.

Seria de esperar que nos anos onde ocorreram picos de construção, a idade média da rede iria rejuvenescer mais, porém o rejuvenescimento depende das quantidades de rede que foram construídas nos diversos anos anteriores e onde o efeito de envelhecimento pesa mais do que o efeito de rejuvenescimento.

A operação de suavização anual de construção de redes referida no passo 6 relativo à determinação da idade da rede da metodologia pode ter contribuído para uma menor correlação entre idade da rede e picos de construção.

Idade médias de rede envelhecidas correspondem a um lento e gradual sucateamento das infraestruturas. Para evitar o sucateamento do parque de infraestruturas é necessário manter a idade média ou rejuvenescer a idade da rede.

RESULTADOS DA SEGUNDA ETAPA: DETERMINAÇÃO DAS PERDAS DE ÁGUA

A seguinte figura mostra a evolução do indicador de perdas IN051 desde 1995 assim como o número de prestadores de serviço que reportaram as informações necessárias para o cálculo. Uma melhoria progressiva na redução de perdas de água é evidente iniciando na ordem de 600 l./lig./dia até 345 l./lig./dia em 2016. Para o ano de 2013, cerca de 64% de prestadores responderam em um universo estimado de 1568.

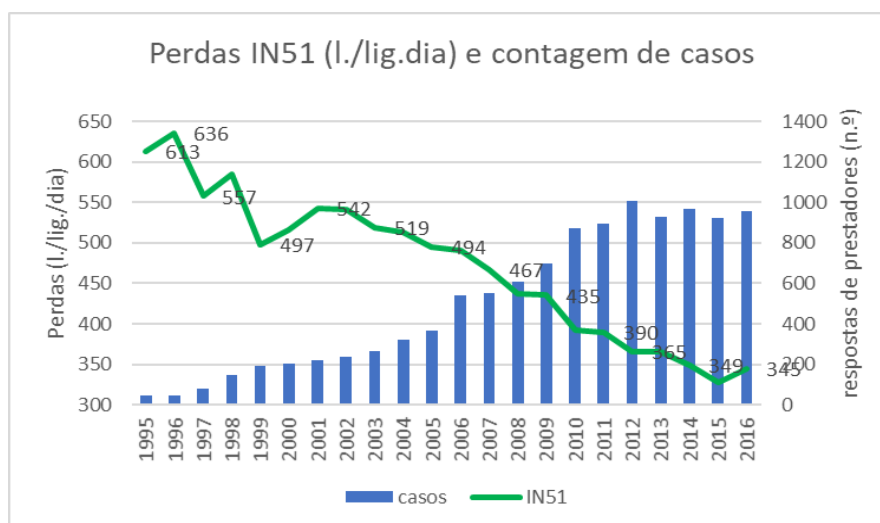


Figura 5: Evolução de perdas de água e número de respostas 1995-2016.

A seguinte figura mostra a evolução do indicador IN49 desde 1995 assim como o número de prestadores de serviço que responderam. Para o ano de 2012 corresponde a cerca de 64% em um universo de prestadores estimados de 1568. (idêntico para IN051)

Uma melhoria progressiva na redução de perdas de água é menos evidente nesta unidade e varia na ordem de casas decimais.

A seguinte figura mostra a evolução do indicador IN49 desde 1995 assim como o número de prestadores de serviço que responderam. Para o ano de 2012 corresponde a cerca de 64% em um universo de prestadores estimados de 1568. (idêntico para IN051)

Uma melhoria progressiva na redução de perdas de água é menos evidente nesta unidade e varia na ordem de casas decimais.

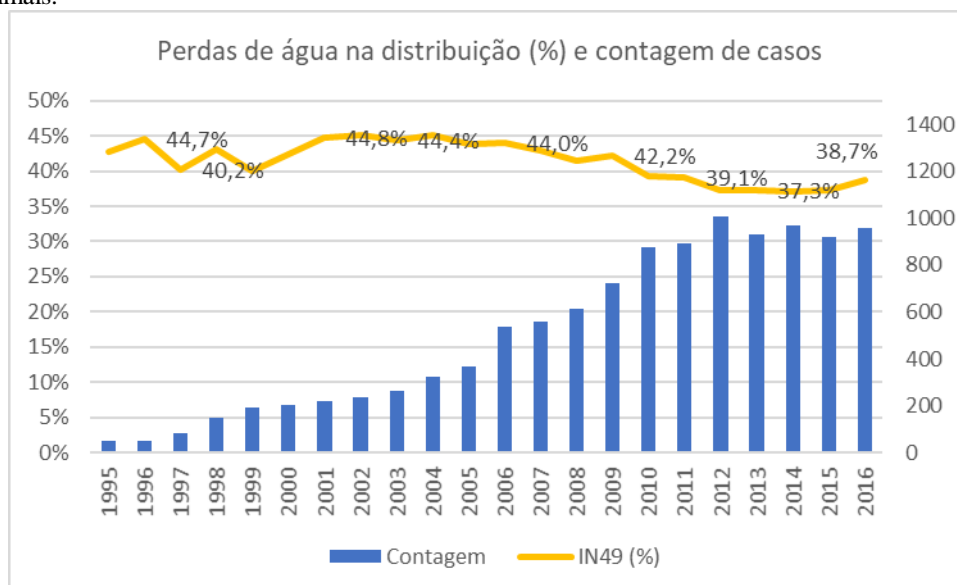


Figura 6 - Evolução de perdas de água e número de respostas 1995-2016.

O total da amostra é praticamente idêntica para ambos os indicadores. Ocorrem diferenças nos anos 2000 (1 prestador), 2007 (4 prestadores), 2008 (2 prestadores) e 2009 (28 prestadores), que não são detectáveis na figura e que não têm repercussões para a continuação da análise.

Para efeitos de benchmarking do indicador de perdas em l./lig./dia com outros países ou prestadores se informa que IN051 utiliza ligações ativas. O indicador da IWA calcula com total de ligações. Utilizando a totalidade das ligações, as perdas são em média 10% inferior do que usando ligações ativas. A máxima diferença foi de 12% e a mínima de 6%. Considerando apenas as perdas reais e excluindo as aparentes o indicador reduz ainda mais. Na amostra de prestadores de serviço analisado no Brasil por MORAIS LIMA e GALVÃO SILVEIRA 73,42% das perdas correspondem a perdas reais e 26,58% às aparentes. Aplicando essa proporção para todos os prestadores de serviço no Brasil o nível é de 226 (l./lig./dia) de perdas reais por ligações totais em 2016. A seguinte figura mostra as diferenças entre essas três metodologias.

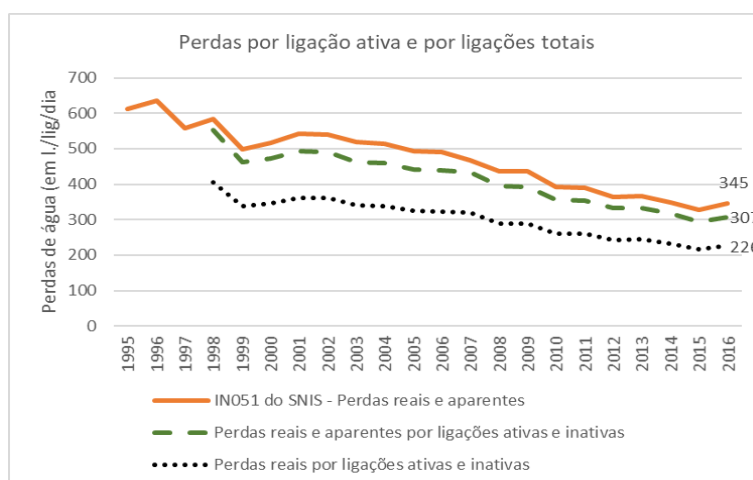


Figura 7 – Perdas totais e reais de água calculadas com ligações ativas e ligações totais. (l./lig./dia).

RESULTADOS DA TERCEIRA ETAPA: ESTABELECIMENTO DA RELAÇÃO IDADE E PERDAS

A seguinte figura e equação mostra a correlação de perdas de água (l./lig./dia) e idade (anos).

$$\text{Idade (anos)} = 30,61738 e^{0,00032 \times (\text{l./lig./dia})} \quad R^2=0,77427 \quad (\text{equação 5})$$

Esta relação corresponde a uma taxa de degradação do desempenho em termos de perdas de água à medida que passa o tempo e à medida que a rede envelhece. Esta taxa corresponde ao esforço que o prestador de serviço tem de realizar no combate a perdas de água para contrariar a degradação natural das infraestruturas e manter o seu nível de perdas.

Se pode verificar uma correlação significativa ($R^2 > 0,75$). Em 2016 a rede tem 34,4 anos e um desempenho de 345 l./lig./dia de perdas (IN51).

Para a elaboração do modelo, isto é a função matemática que explica o nível de perdas através da idade média da rede, se expurgou dois outliers marcados em laranja de modo a melhorar a correlação. Incluindo os outliers, R^2 assume 0,66 o que se considera ainda significativo e válido. ($\text{Idade (anos)} = 0,015 \times (\text{l./lig./dia}) + 30,19$; $R^2=0,6617$, em uma função linear que é a que tem melhor adesão). É de esperar que a correlação entre perdas e idade da rede melhora bastante com maior precisão sobre o ano de construção da rede, principalmente anterior a 1995.

Para um nível de perdas de 200,45 l./lig./dia a idade necessária é de 32,6 anos nesta amostra de dados (Brasil).

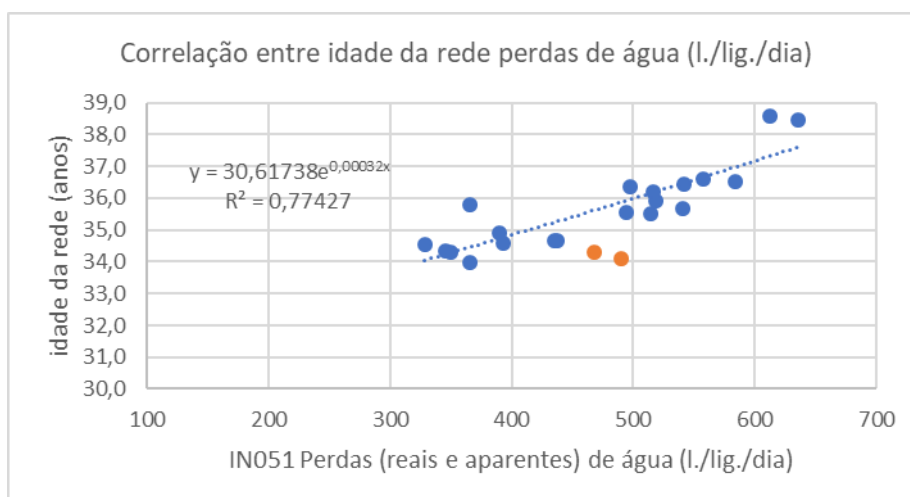


Figura 8 – Correlação idade média da rede e perdas de água (l./lig./dia).

A presente figura e a análise podem ser elaboradas no nível de prestadores de serviço, para áreas de abastecimento confinadas. Outras taxas de deterioração do desempenho são esperadas para outras amostras. Em nível municipal a matriz de materiais que compõem a rede de abastecimento é um fator diferenciador na taxa de deterioração do desempenho (PEAD, FUFA, Polietileno, fibrocimento, outros).

A título de comparação se mostra a mesma figura, mas com perdas de água expressas em (%). Se pode verificar que a correlação é muito baixa ($R^2 < 0,2$) e que não permite correlacionar as duas grandezas. Outros modelos (exponencial, linear, logarítmico, polinomial, potência) e expurgos de alguns outliers foram experimentados no sentido de melhorar a correlação, mas sem melhorias significativas.

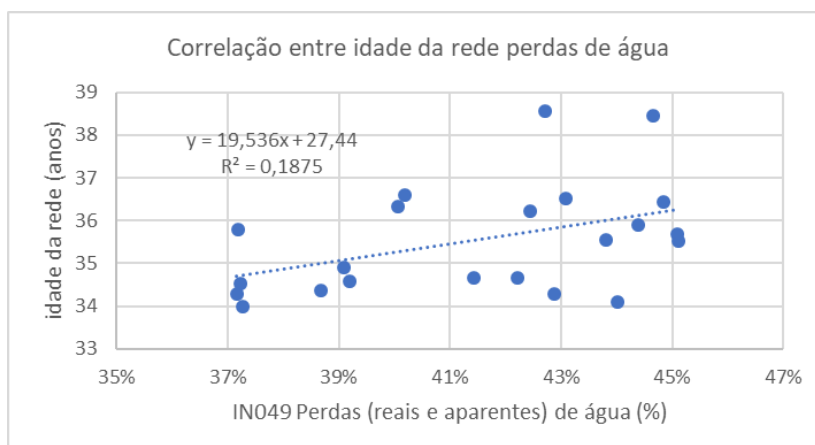


Figura 9 – Correlação idade média da rede e perdas de água (%).

Com base na figura 8, pode se usar a seguinte equação para determinar a idade requerida em função do nível de perdas desejado, ou com a equação inversa o nível esperado para uma determinada idade da rede.

$$\text{Idade (anos)} = 30,61738 e^{0,00032 x}; R^2=0,77427, \text{ onde } x \text{ são perdas em (l./lig./dia)} \quad (\text{equação 6})$$

$$\text{Perdas (l./lig./dia)} = \ln (x/30,61738) / 0,00032, R^2=0,77427, \text{ onde } x \text{ é a idade em (anos)} \quad (\text{equação 7})$$

A seguinte tabela mostra diferentes níveis de perdas e respectivas idades da rede derivadas das equações acima apresentadas. A tabela mostra também o equivalente nível de perdas em % para o ano de 2033, embora o valor percentual esteja condicionado às premissas externas de 2033 como o nível de atendimento, a expansão da rede realizada, o percapita, e a população unitária servida por ramais de ligação.

Tabela 1 – Níveis de perdas de água e idade correspondente da rede.

Perdas 2033 (%)	Perdas (l./lig./dia)	Idade (anos)
31%	200,45	32,6
25%	148,72	32,1
20%	111,54	31,7

A rede em 2016 está com 34,4 anos e será necessário não deixar envelhecer a rede para não aumentar as perdas de água. Para além disso, é necessário rejuvenescer a rede ainda mais 1,8 anos para atingir a meta de 200,45 l./lig./dia de perdas de água.

RESULTADOS DA QUARTA ETAPA: DETERMINAÇÃO DA EXPANSÃO DA REDE ATÉ 2033

A seguinte figura mostra a relação km de rede (AG005) e população atendida (AG001) desde 1995, assim como a relação esperada para 2033, tendo em conta o histórico.

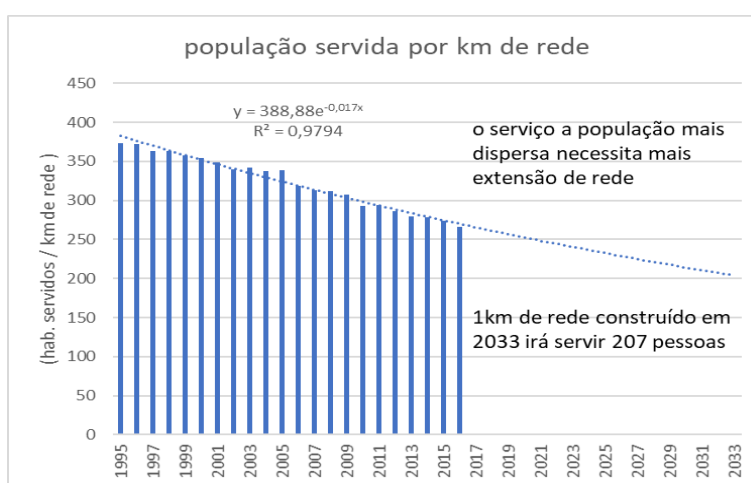


Figura 10 - População servida por km de rede existente 1995-2016.

Se nota que é necessário construir cada vez mais km para servir cada vez menos brasileiros. Esta figura é embasada no histórico, porém acredita-se que à medida que se chega perto da universalização se pode agravar ainda mais o comprimento de rede necessário para atender mais um habitante adicional. Esse agravamento, embora expectável, não foi tido em conta nos presentes cálculos. A seguinte figura mostra a quantidade de rede necessária para atender a 34 milhões de habitantes correspondentes a 99% de população atendida (89% com rede pública + 10 % com soluções individuais) com serviços de abastecimento de água em 2033.

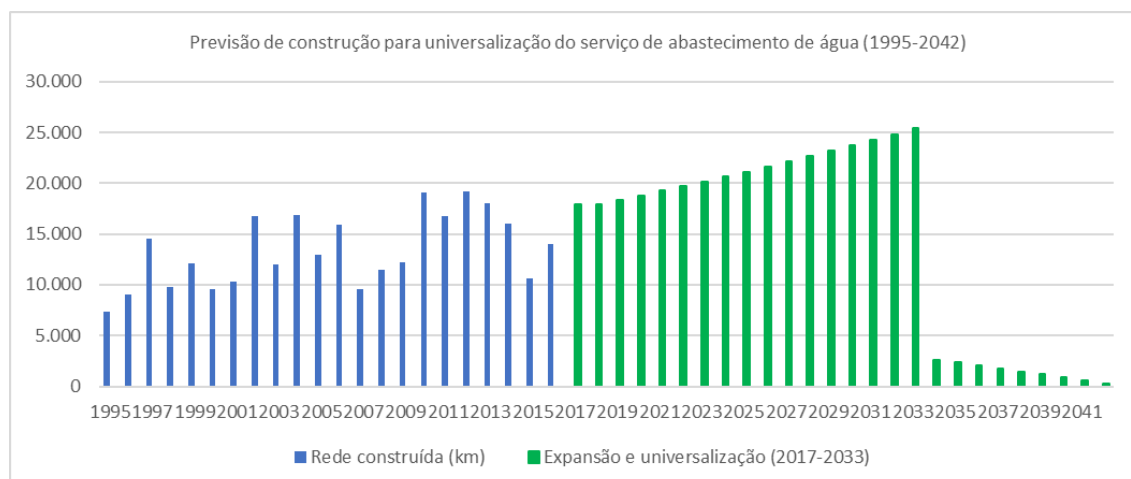


Figura 11 -1 Previsão de extensão de rede necessária para universalizar o serviço 1995-2042.

Embora exista a meta de atender 99% da população em 2033 ainda depois do horizonte do Plansab, é necessário expandir a rede, pois a população brasileira continua a crescer até 2042. Nessa altura não serão necessários mais esforços de cobertura do serviço, a não ser que se verifiquem migrações populacionais de áreas com rede para áreas sem rede.

Se observa que o esforço necessário para os anos futuros supera em geral os esforços realizados no período de 1995-2016. Perante este facto a meta do Plansab aparenta ser ambiciosa. A rede de expansão a construir até 2033 é de 343 mil km correspondendo ao atendimento de 34 milhões de habitantes, correspondente a 31% de perdas.

RESULTADOS DA QUINTA E SEXTA ETAPA: NÍVEL DE PERDAS, REABILITAÇÃO E EXPANSÃO DA REDE

Foram realizadas simulações de diversos cenários, sendo aqui apenas resumidos os 4 referidos na metodologia cujos resultados constam na seguinte tabela.

Tabela 2 – Cenários de reabilitação, nível de perdas e idade da rede.

Cenário	Total de rede em 2033 (km)	Rede a expandir (km)	Rede a reabilitar (km)	Idade média da rede (anos)	Nível de perdas esperado (l./lig./dia)
I. sem expandir nem reabilitar a rede	626.272	-	-	45,4	1.233
II. sem expansão da rede mas com reabilitação	626.272	-	110.500	31,7	109
III Apenas expansão da rede	969.903	343.631	-	31,8	120
IV Só metade da expansão e alguma reabilitação	798.088	171.815	51.000	31,9	132

O cenário mais desejável é o III, onde se realiza a expansão da rede para universalizar os serviços no padrão do Plansab (99% de população atendida) e o nível de perdas resultante é satisfatório (120 l./lig./dia).

Se não se proceder à expansão do sistema na totalidade (343 mil km), então é necessário complementar com alguma reabilitação (51 mil km) conforme exemplificado no cenário IV para manter um nível de perdas aceitável (132 l./lig./dia).

O cenário I corresponde à ausência de construção ou de reabilitação de rede, sendo a situação onde mais água se perde. Certamente existe uma sobre estimação da água perdida (1.233 l./lig./dia), demasiado pessimista, resultante do uso o modelo que teve por base dados no intervalo de 33 - 39 anos, sendo que 45 anos pode estar fora do intervalo de validade do modelo. Porém, se pode afirmar com segurança que uma rede com idade média de 45 anos corresponde a um nível avançado de sucateamento das infraestruturas e que deve ser evitado para não comprometer o regular serviço de abastecimento de água.

Antes de atingir este nível (1.233 l./lig./dia), já vai ocorrer falta de água. Para uma perda desse nível, mantendo o mesmo consumo, seria necessária uma produção do dobro da produção atual.

Se nota que a expansão da rede para universalizar o serviço, por si só, contribui para o rejuvenescimento da rede e por consequência reduz as perdas de água expresso em l./lig./dia. (cenário III). São construídas cerca de 343 mil km novas redes que corresponde a cerca de um terço da rede existente em 2033 ou a mais de metade da rede existente em 2016.

A simples expansão da rede sem preocupações de reabilitação confere uma idade média de 31,8 anos, face aos 45,4 anos em 2033 se não houver nem expansão nem reabilitação.

Se o Brasil estivesse em 2016 já em uma situação de pleno atendimento da população, a prioridade deveria ser a reposição das redes (cenário II), porém o cenário IV é o que tem maior eficiência locativa. Este reflete uma situação de expansão parcial da rede face ao necessário e onde é conveniente complementar com medidas de

reabilitação para rejuvenescer a rede mantendo perdas na ordem de 133 l./lig./dia. A reabilitação necessária é de 51 mil km em 17 anos.

A expansão das redes de distribuição isoladamente, baixa a idade média e, com base na correlação entre e idade e perdas é suficiente para trazer os indicadores para níveis aceitáveis (120 l./lig./dia), no entanto, sem realizar intervenções nas redes antigas não há combate às perdas existentes. A eficiência alocativa incide na obtenção de resultados econômicos mais eficientes, maior renda gerada, resultado econômico maior com a mesma quantidade de insumos usados.

A nível nacional, o investimento puro em universalização (cenário III, perdas 120l./lig./dia) é 311% maior para um resultado 10% menos eficiente (cenário II perdas 109l./lig./dia) em relação ao custo de substituição dos ativos em idade avançada, causa direta dos problemas de perdas. Esse conceito demonstra a ideia de eficiência e correta gestão de ativos.

Reduzir mais perdas com menos recursos, 1/3 de investimento para um resultado 10% superior, seria uma forma de quantificar a longo prazo o ganho pela gestão de ativos eficiente. (1/3 de investimento 110.500km de reabilitação – cenário II face a 343.631km de expansão- cenário III).

A necessidade de redução das perdas em sistemas que ainda não atendem os seus municípios plenamente se justifica, pois é preciso considerar que o atendimento dessa nova parcela de população está associado a altos investimentos também em captações de água mais longes ou mais profundas, assim como tratamento e adução e não apenas na construção de rede de distribuição.

A ausência de reabilitação de ramais de ligação e de redes leva a um aumento sucessivo dos custos de operação (e conseqüentemente das tarifas) incorporando ineficiências crescentes.

Para análise de gestão eficiente de ativos é habitual o conceito do TOTEX (soma do CAPEX – despesas de capital e OPEX – despesas de operação), porém é necessário estabelecer mais claramente a ligação direta entre eles. O valor mínimo de TOTEX está associado ao nível econômico de perdas de água que é individual para cada sistema de abastecimento.

Em termos absolutos, com investimento puro em expansão (cenário III), existe uma tendência alta de CAPEX, não trazendo eficiência para a gestão do TOTEX.

RESULTADOS DE ANÁLISE SOBRE A SUBSTITUIÇÃO DE REDES COM MAIS DE 50 ANOS

Inicialmente havia a pretensão de substituir todas as redes com mais de 50 anos, no momento que atingissem essa idade, porém isso significa, no caso do Brasil, a substituição de 39-40% da rede (249 mil km) em um período de 17 anos, que é a de vigência do atual PLANSAB. Esse grande volume de rede foi construído entre os anos 1946 e 1982, que são as redes com mais de 50 anos em 2033.

Se essa reabilitação ocorresse em um espaço de 17 anos, então em 2033 a rede ficaria com 18 anos de idade. Adicionalmente, acresceria o fator de expansão da rede que contribuiria para que a rede ficasse ainda mais jovem, podendo chegar a 8-12 anos.

CONCLUSÕES

CONCLUSÕES NO ÂMBITO NACIONAL

A idade média da rede no Brasil é atualmente (2016) de 34,4 anos e de 31,8 anos em 2033 se a expansão da rede relacionada com a universalização ocorrer (99% de atendimento). Essa idade corresponde a um nível de perdas satisfatório (120 l./lig./dia de perdas de água), equivalente a 21 %.

O valor de expansão equivale a 343 mil km de rede a construir entre 2017 e 2033.

Para efeitos de redução de perdas em valor percentual (%) não é necessário investir em reabilitação de infraestruturas em nível nacional, desde que a expansão para universalizar o serviço ocorra efetivamente, porém não é considerada uma boa estratégia de combate às perdas volumétricas existentes (m³). A afirmação é válida para análise nacional. Ao nível de prestador de serviço a análise pode ser replicada, no entanto, as conclusões serão diferenciadas em função do nível de atendimento. Nos municípios que já atendem plenamente os seus habitantes com o serviço de água se recomenda um nível de reabilitação que permita manter ou reduzir tanto as perdas de água como a idade média das suas infraestruturas.

A gestão de ativos é sem dúvida algo que vai ao encontro das diretrizes estabelecidas na Lei 11.445/07 no seu Art. 29 §1º, e da própria evolução da eficiência dos prestadores, junto com conceitos de sustentabilidade da indústria de saneamento. A busca contínua por tecnologias e sistemas que reduzam o desperdício (perdas), incentiva a eficiência e garantam tarifas módicas aos consumidores. A gestão de ativos está diretamente ligada à ideia de gestão de perdas de água por meio de mecanismos que induzam a um correto conhecimento e gestão da rede de distribuição dos prestadores de serviço.

Ao mesmo tempo que reduzem perdas, diminuem custos operacionais, aumentam a capacidade de fornecimento e segurança do serviço (garantia de atendimento) de forma mais módica. O presente trabalho conclui que é possível alcançar as metas de perdas de água do PLAN SAB por meio da expansão dos sistemas, porém não deve ser a estratégia para o combate a perdas de água.

Os resultados do ponto de vista econômico demonstram que a alocação do capital (em forma de redes) de modo eficiente apresenta resultados 10% superiores com 1/3 de investimento quando comparada com a simples expansão das redes sem aspectos de gestão de ativos e eficiência.

CONCLUSÕES NO ÂMBITO DE EXERCÍCIO DAS FUNÇÕES TITULARIDADE E OU DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Entidades reguladoras e titulares dos serviços podem fazer uso do indicador “**idade média da rede**” para mitigar o sucateamento gradual das infraestruturas. Também podem exigir que as infraestruturas mantenham ou melhorem a idade média em cada ciclo de gestão. Assim se garante que as infraestruturas não são sucateadas nesse ciclo de gestão e se contraria a tendência natural de degradação das infraestruturas.

Existem algumas ferramentas de apoio ou boas práticas que vão no sentido de uma adequada gestão de ativos. O impulso para uma melhor gestão de ativos pode partir do titular do serviço, da entidade reguladora ou do próprio prestador de serviço. Se faz referência a quatro instrumentos que incentivam a gestão de ativos:

- Índice de conhecimento de infraestruturas, utilizado pela ERSAR – Entidade Reguladora de Serviços de Águas e Resíduos de Portugal, apoiando-se em uma planilha que recolhe informações básicas sobre as características e idade das infraestruturas (não inclui valores monetários de construção ou valores contabilísticos)
- Projeto ACERTAR – avaliando especificamente as informações A002 – Quantidade de ligações ativas de água, A021 – Quantidade de ligações totais de água e A005 – Extensão da rede de água. Nesta abordagem se realizam testes de controle (CT) para avaliação da confiança de processos de manutenção e cadastro de redes e se realizam testes substantivos (TS) para avaliação da exatidão. A metodologia considera apenas as infraestruturas realizadas no ano em referência e não contempla o histórico ou o inventário na totalidade o que constitui uma fragilidade dos dados totais sobre infraestruturas. No entanto é uma boa prática para a construção de um histórico.¹
- Práticas de inventariação e valoração das infraestruturas realizadas por entidades reguladoras e prestadores de serviço como é o caso da ADASA / CAESB no Distrito Federal, ARSESP / SABESP

¹ Em particular se aplicam Testes de controle CT082 CT083, CT084, CT086, CT088 para avaliação da confiança em processos de manutenção e cadastro de redes.

CT001, CT002, CT003, CT004, CT005, CT006, CT008 para avaliação dos processos comercial /cadastro e de classificação”.

Testes substantivos TS77, TS78 para avaliação da exatidão de AG005 e TS64, TS65, TS72 para avaliação de AG002 ou AG021.

no estado de São Paulo para efeitos de determinação da tarifa. Também a ARSAE, entidade reguladora no estado em Minas Gerais tem prática na fiscalização pontual de inventários parciais de infraestruturas.

- Certificação na norma ISO 55001 em Gestão de Ativos. Alguns prestadores de serviço se certificam nesta norma. Se destaca o exemplo de um prestador de serviço público com gestão municipal direta em Portugal – Serviços Municipalizados de Almada na região metropolitana de Lisboa. Algumas empresas com gestão privada também aderem a práticas de gestão de ativos previstos na ISO 55001.

O uso destas ferramentas e certificações está associado à geração de informação com maior confiabilidade, e alteração de processos internos, o que por sua vez gera custos adicionais. Se considera que estes custos são justificáveis no sentido de uma melhor gestão de infraestruturas e que a melhoria da informação e certificação deve ser progressiva e ajustada ao nível de desenvolvimento e sofisticação do prestador de serviço. Com melhor informação se julga possível determinar para cada sistema o nível econômico ótimo de perdas de água. Para cada prestador de serviço será conhecida a relação OPEX-CAPEX que defina o nível ótimo de perdas de água.

Na definição de metas progressivas de desempenho (l./lig./dia) para os prestadores de serviço é necessário atender a metas embasadas em um critério econômico. Os níveis econômicos de perdas de água devem ser definidos individualmente para cada prestador de serviço, sendo que estabelecer uma meta de 200 l./lig./dia ou outro valor pode não ser econômico nessa região, tendo em conta os custos de produção e de venda de água.

Se recomenda acordar com o prestador de serviço um plano de atuação de combate a perdas, tendo em conta esse nível individual econômico de perdas de água e atendendo ao nível de desenvolvimento do prestador de serviço, podendo ser adotada a seguinte sequência evolutiva:

- 1) Determinação de uma meta de perdas de água, preferencialmente coincidente com o nível econômico de perdas em redes de distribuição;
- 2) Coleta de informações de gestão de perdas de água (medidores de vazão, hidrômetros, pressão)
- 3) Coleta de informações do inventário de infraestruturas (idade, reposições, materiais, diâmetros, níveis de rupturas)
- 4) Reparação de vazamentos visíveis (sem qualquer uso de ferramentas de tecnologia)
- 5) Setorização e controle de pressões
- 6) Detecção ativa de vazamentos – reparação de vazamentos não visíveis
- 7) Reabilitação / Substituição de ramais de ligação e de redes.

Em uma primeira iteração, na ausência de informações para identificar o nível econômico, a meta constitui um valor orientativo. À medida que melhora a disponibilidade e qualidade das informações a meta deve ser ajustada ao real nível econômico de perdas com revisão periódica.

CONCLUSÕES NO ÂMBITO DOS PRESTADORES DE SERVIÇO

Para prestadores de serviço o exercício de correlacionar a idade da rede e o nível de perdas é replicável no nível municipal ou em sistemas de abastecimento. Na relação idade - nível de perdas se podem até serem identificadas anos onde ocorreram ações mais acentuadas no combate a perdas. Se recomenda o uso de dados o mais confiável possível e a adoção de práticas de registro de informações sobre o ano de construção e de reposição. Para um acompanhamento técnico e melhor avaliação são adequados dados sobre os materiais e o estado de conservação, que são informações base para uma adequada gestão de ativos.

No nível operacional quando os prestadores de serviço estiverem ampliando os sistemas e das redes é relevante verificar e acompanhar a qualidade dos materiais instalados assim com a todo o ciclo produção, transporte e armazenamento das tubulações. Tubulações de PEAD armazenados ao sol perdem as suas características e conduzem a rupturas com golpes de pressão, mesmo com uma idade reduzida de instalação. Também a realização de ensaios de estanqueidade antes de fechar a vala é indicado, pois obras menos bem executadas geram perdas de água por muitos anos. Estas práticas têm repercussões importantes no desempenho de longo prazo e são independentes à idade da rede.

CONCLUSÕES SOBRE A APLICABILIDADE E RELEVÂNCIA DO INDICADOR IDADE MÉDIA DA REDE

A ausência ou insuficiente substituição e reabilitação de infraestruturas após vários ciclos de gestão constitui uma situação de sucateamento de bens públicos que deve ser evitada.

Para medir o nível de sucateamento das infraestruturas a idade média da rede constitui um indicador sólido. Alternativamente se pode usar o equivalente em termos contábeis.

Um inventário das infraestruturas confere maior confiança e precisão ao indicador. O indicador idade média da rede (anos) tem elevada aplicabilidade como ferramenta de gestão de ativos e de direcionamento de estratégias na conservação de rede e do seu desempenho.

Constitui um bom critério para incluir em contratos de concessões, contratos programa ou para incluir no plano municipal de saneamento básico e em Estudos de Viabilidade Técnica e Econômica (EVTE - Portaria nº 557, de 11 de novembro de 2016).

A respectiva reabilitação da rede pode e deve ser coberta pelas tarifas cobradas aos utilizadores, conferindo as bases econômicas para uma sustentabilidade infraestrutural e manutenção do desempenho.

O critério idade média da rede não gera competição entre reabilitação ou ampliação da rede. Ambas as medidas contribuem para rejuvenescer o parque de infraestruturas e para o combate a perdas de água, pelo que pode ser usado tanto para municípios que ainda não têm o pleno atendimento de seus munícipes e para quem já alcançou a universalização.

Abordagens e conclusões similares também podem ser transferidas para a idade média e desempenho de equipamentos eletromecânicos, porém é necessário ter um histórico de informações sobre o ano de instalação dos equipamentos e desempenho por exemplo [(kWh/m³) e alturas de elevação] ou [(kWh/m³ x100m)] ou outras variações simplificadas de desempenho.

Por fim, é recomendável a prática de reabilitação de ramais de ligação e redes regularmente para evitar perdas no desempenho ou a realização de picos de investimento. Uma reabilitação de 2% ao ano significa que em cada 50 anos a rede se renova na sua totalidade. Valores inferiores (1,3 – 1,6%) podem ser suficientes. Cada município e prestador de serviço pode fazer esta simulação e estabelecer a sua taxa ideal de renovação da rede e de ramais para manter ou reduzir as perdas de água.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Julian Thornton pelas suas contribuições, comentários e revisão.

Agradecem também a Helena Alegre pelo conceito transmitido de idade média da rede. Se agradece a Paula Freixial e Marcelo Depexe pelo intercâmbio de ideias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. SNIS - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Série Histórica. 2016. Disponível em: < <http://app.cidades.gov.br/serieHistorica/>>. Acesso em: 10 mai. 2017.
2. IBGE “Projeção da População do Brasil por sexo e idade: 2000-2060” (fonte IBGE: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9109-projecao-da-populacao.html?=&t=resultados>, Atualizado em 31/10/2013)
3. FJF Paracampo, DS Mealto, J Thorton - Efficient Management of Ral Losses to defer costly and Environmenatly unviable Alternative new Resorce options
4. D Pearson - Do you know how many of your colleagues will come to your funeral?
5. ERSAR (2013) - Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados, 2.^a geração do sistema de avaliação (disponível em ersar.pt).

6. ERSAR, LNEC, (2017) - Guia Técnico 21 - Desenvolvimento e Implementação de Processos de Gestão Patrimonial de Infraestruturas, 2017. Guia de avaliação da qualidade dos serviços de águas e resíduos prestados, 3.^a geração do sistema de avaliação, ISBN 978-989-8360-11-3, Lisboa (disponível em ersar.pt).
7. ERSAR, LNEC, IST (2010) – Gestão patrimonial de infraestruturas de abastecimento de água. Uma abordagem centrada na reabilitação, ISBN 978-989-8360-04-5, Lisboa (disponível em ersar.pt).
8. Guia de Auditoria e Certificação das Informações do SNIS disponível em <http://abar.org.br/projeto-acertar/>
9. MINISTERIO DAS CIDADES, PORTARIA Nº 557, DE 11 DE NOVEMBRO DE 2016 – normas de referência para a elaboração de estudos de viabilidade técnica e econômico-financeira (EVTE)
10. MORAIS LIMA, GALVÃO SILVEIRA - I-086 Quantificação do Rateio e dos Componentes das Perdas Reais e Aparentes nos Sistemas de Abastecimento de Água no Brasil, XIV Simpósio Ítalo – Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental 2018