Esta obra está sob o direito de
Licença Creative Commons
Atribuição 4.0 Internacional.

OTIMIZAÇÃO EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO HIDRÁULICAS

Ana Gabrielly Morais Silva¹

Andreza Leticia da Silva Santos Torres²

Gilvan de Souza Ramos³

João Vinícius Bezerra Lima⁴

Michell Araújo de Souza⁵

Rafaela Ribeiro de Oliveira⁶

RESUMO

O objetivo desse artigo foi realizar uma pesquisa bibliográfica com o intuito de demonstrar, através de comparação de dados, a importância da elaboração de projetos de redes de distribuição de água de forma geral buscando otimização dos recursos hídricos, boa relação custo benefício e que estejam de acordo com as normatizações técnicas vigentes. A perda de carga em tubulações hidráulicas é uma importante variável para o dimensionamento de sistemas de transportes otimizados, assim, se torna obrigatório o estudo dessa variável no dimensionamento de redes de distribuição de abastecimento de águas. O presente trabalho está pautado na seguinte pergunta norteadora: quais as principais considerações, elencadas por diferentes autores, relacionadas a redução das perdas de carga em redes de distribuição de abastecimento na busca de otimização e da melhor relação custo benefício na sua implantação e operação? Foram buscados artigos científicos produzidos nos últimos cinco anos relacionados a temática na biblioteca Periódicos Capes utilizando uma forma estruturada de busca por meio de uma revisão sistemática integrativa. A análise dos artigos selecionados permitiu a criação de categorias que subsidiaram discussão dos principais pontos a serem considerados nos projetos redes de distribuição de abastecimento na busca de otimização. Conclui-se que, no projeto de dimensionamento hidrossanitário é fundamental o cômputo detalhado das perdas de carga distribuídas e localizadas, assim como, a adequação de todos os parâmetros hidráulicos para que não haja sub ou superdimensionamento no sistema e, que isso, não venha ocasionar problemas na relação custo benefício nem problemas futuros ao projeto.

Palavras-chave: Instalações prediais. Abastecimento. Dimensionamento.

¹ anagabymys@hotmail.com

² andrezals20@gmail.com

³ gil-ramos@outlook.com

⁴ joaovinicius1915@hotmail.com

⁵ michel0288@hotmail.com

⁶ rafaelaribeiro.oliv@gmail.com

INTRODUÇÃO

As perdas de cargas são comuns nas redes de distribuição de abastecimento (RDA), devido a vários possíveis meios que causam a variação de pressão e diâmetro interno nos tubos, além da rugosidade que influencia diretamente no fator de atrito entre o fluido e a tubulação.

A otimização das RDA de um determinado local se constitui como ferramentas de redução das perdas de cargas e adequação de parâmetros hidráulicos como subsídio para o dimensionamento de redes de distribuição de abastecimento (MORAIS, CAVALCANTE e ALMEIDA, 2010; SILVA et al., 2020). Os mesmos autores ressaltam que a utilização dessa ferramenta é fundamental para as cidades em desenvolvimento, haja vista que essas, necessitam a todo momento de ampliações das redes. A flexibilidade do projeto é um importante parâmetro a ser considerado no projeto de concepção de redes de distribuição de abastecimento (SILVA, 2016).

Os sistemas de abastecimento de águas - SAA, em sua totalidade, devem garantir as suas economias três características fundamentais, a saber, quantidade de água conforme a demanda de projeto, padrões de potabilidade para

atividade que foi projetado e regularidade de abastecimento (BRASIL, 2017).

Segundo Silva et al. (2020) e Pinnto et al. (2017) a utilização de softwares e aplicativos facilitam o dimensionamento e proporcionam a otimização das RDA, balanceando o custo da implantação da tubulação e o tempo de vida útil dos materiais empregados.

Segundo os mesmos autores, esse procedimento é de suma importância e a combinação ótima de diâmetros para atender as especificações de abastecimento que satisfaçam o público familiar, comercial e industrial da cidade do projeto em questão, as insatisfações dos consumidores serão mínimas e respondidas com mais rapidez, pois será mais fácil detectar as fontes dos problemas. Os principais pontos a serem observados ao fazer a otimização da RDA (rede de distribuição de água) são: satisfação da população, impactos ambientais e custos de implantação e operacionais.

O dimensionamento de um SAA deve ser realizado com um alcance que contemple a projeção populacional, ou seja, a demanda de consumo, e para que seu funcionamento seja pleno em termos técnicos, evitando assim, os reparos exagerados.

O presente trabalho está pautado na seguinte pergunta norteadora: quais as principais considerações, elencadas por diferentes autores, relacionadas a redução das perdas de carga em redes de distribuição de abastecimento na busca de otimização e da melhor relação custo benefício na sua implantação e operação?

A relevância do trabalho se dá pela necessidade de reunir trabalhos sobre a temática para que se possa definir as técnicas e estratégias de forma mais objetiva e prática sobre as principais considerações relacionadas a

METODOLOGIA

Primordialmente, foi realizada uma análise baseada em artigos científicos, com o intuito de identificar a melhor relação custo/benefício, a fim de otimizar, não só o processo de implementação das redes de distribuição, como também, as manutenções futuras.

A revisão de literatura foi do tipo sistemática integrativa, com critérios de inclusão artigos científicos publicados nos últimos cinco anos e exclusão de artigos fora da temática abordada. Os artigos foram buscados através das bibliotecas SciELO e Periódicos CAPES, utilizando os descritores combinados com o operador

dimensionamento otimizado em redes de distribuição de abastecimento de águas.

Objetiva-se com o presente trabalho realizar uma revisão de literatura, assim como, discutir em categorias, sobre otimização e dimensionamento de redes de distribuição de abastecimento de águas para subsidiar engenheiros e profissionais da área de instalações hidráulicas a solucionar problemas referente a perdas de cargas e otimização do processo para tornar a vazão de forma regular e diminuir os problemas nas redes de distribuição de abastecimentos e conseqüentemente a insatisfação do consumidor.

booleano And, conforme descrito no Quadro 1.

As informações contidas nesse estudo, foram coletadas e armazenadas nos quadros abaixo de acordo com cada etapa, para formação do banco de dados. Os dados foram analisados com o objetivo de trazer maior entendimento sobre o assunto, sendo assim foram realizadas pesquisas exploratórias, descritivas e explicativas.

Quadro 1 – Detalhamento das etapas da Revisão Sistemática Integrativa.

ETAPA	TÓPICOS DE CADA ETAPA	DETALHAMENTO DE CADA TÓPICO	
1ª	Tema	Otimização em redes de distribuição hidráulicas	
	Pergunta norteadora	O presente trabalho está pautado na seguinte pergunta norteadora: quais as principais considerações, elencadas por diferentes autores, relacionadas a redução das perdas de carga em redes de distribuição de abastecimento na busca de otimização e da melhor relação custo benefício na sua implantação e operação?	
	Objetivo geral	Fazer uma análise baseada em outros artigos, com o intuito de identificar a melhor relação custo/benefício referente a implementação das redes de distribuição hidráulicas, otimizando o processo de implementação das redes de distribuição de água.	
	Estratégias de busca	1. Cruzamento de descritores por meio do operador booleano AND; 2. Uso de aspas nos politermos (descriptor com mais de um termo) para que a varredura de artigos científicos contemplasse o termo exato; 3. Uso de descritores estruturados (codificação) no DECS ou MESH; 4. Uso de metadados (filtros) nas bibliotecas virtuais;	
	Bancos de terminologias	DeCS	http://decs.bvs.br/
	Descritores livres e estruturados	Descriptor	DeCS (Registro)
		Dimensionamento	51614
		Abastecimento	15285
		Instalações Prediais	25321
	String de busca	Dimensionamento And Abastecimento; Abastecimento And “Instalações prediais”	
	Bibliotecas Virtuais	Biblioteca	Link
		Scielo	https://scielo.org/
		Periódicos da CAPES	https://www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/index.php?
2ª	Período de coleta dos dados	Novembro de 2020	
	Critérios de inclusão	6. Artigos (artigo científicos e free). 7. Publicação (2015-2020). 8. Engenharias 9. Brasil 10. Recursos hídricos 11. Qualquer idioma	
	Critérios de exclusão	5. Artigos que não contemplam a temática 6. Artigos com mais de 5 anos de publicação	
3ª	Número de trabalhos selecionados para revisão sistemática integrativa a partir da leitura dos agentes indexadores das	8	

	publicações (tema, descrição, ementa).	
4 ^a	Categorias obtidas com a análise dos documentos investigados <i>online</i> gratuitos e de livre acesso	
5 ^a	Análise, interpretação e discussão dos resultados	Ver em “Resultados e Discussão”
6 ^a	Apresentação da revisão em formato de artigo, o qual contemple propostas para estudos futuros	Este Artigo completo

Fonte: elaborada pelos autores.

RESULTADOS

Quadro 2 – Corresponde ao total de documentos disponíveis na Plataforma obtidos por *string* de busca.

String de busca	Bases de dados	Total de publicações sem o filtro	Publicações disponíveis após aplicar os filtros	Publicações aproveitadas na Revisão Sistemática Integrativa
Dimensionamento And Abastecimento;	Periódicos da Capes	29	13	2
	Periódicos da Capes	86	37	2
Abastecimento And “Instalações prediais”	Scielo	1351	15	1
	Scielo	22	22	1

Fonte: elaborada pelos autores.

Quadro 3– Descrição dos documentos (artigos) de acordo com os critérios de inclusão.

N ^o	Autor(a)	Tema	Link da publicação	Data de publicação	Conclusão
1	André Luis Mileo Ferraioli Silva André Luiz Amarante Mesquita	Simulação do fator de atrito para o escoamento confinado de caulim com diferentes teores de sólidos pelo modelo de	https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762017000200422&lang=pt	27/06/2017	As suspensões de caulim A(65%), B(60%) e C(55%) possuem boa operacionalidade nas tubulações de 0,2 e 0,3 metros de diâmetro para toda a

	<p>Augusta Maria Paulain Ferreira Felipe</p> <p>José Antônio da Silva Souza</p>	<p>SWAMEE – JAIN</p>		<p>faixa de vazão em análise de 0,02 a 0,2 m³ por segundo devido apresentarem valores moderados de fator de atrito e de velocidade de escoamento.</p> <p>Para a tubulação de 0,5 metros a faixa de vazão de 0,08 a 0,2 m³ por segundo apresentou, boa operacionalidade para todas as suspensões devido aos valores moderados de fator de atrito e de velocidade de escoamento.</p> <p>Pelo modelo de Swamee – Jain em rugosidade relativa de 1.10^{-6} a 0,001 e número de Reynold inferior a 1.10^8, o aumento do teor de sólido e do diâmetro da tubulação</p>
--	---	----------------------	--	--

					para faixa operacional de vazão contribui para o aumento do fator de atrito no escoamento confinado de caulim em tubulação de ferro galvanizado possibilitando o projeto e o acompanhamento do escoamento de caulim de forma mais precisa, contribuindo para a diminuição do consumo energético no setor mineral.
2	<p>Marcos Rodrigues Pinnto</p> <p>Marco Aurélio Holanda de Castro</p> <p>João Marcelo Costa Barbosa</p> <p>José Valmir Farias Maia Júnior</p>	Dimensionamento econômico otimizado de redes de distribuição de água considerando custos de manutenção	https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522017000100145&lang=pt	27/10/2016	As obras de saneamento são normalmente executadas por governos. A administração pública se norteia por princípios específicos para a sua gestão, entre eles, o princípio da eficiência, inserido pela Emenda Constitucional número 19, de 4 de junho de 1998. No entanto, essa

				<p>eficiência, obter resultados eficazes e efetivos com o emprego da menor quantidade de recursos, cada vez mais deixa de ser uma variável de curto prazo, para se tornar uma variável de médio ou de longo prazo. Isto é, a busca pela economia de recursos deve ter reflexos positivos para além dos efeitos de curto prazo.</p> <p>Portanto, oferecer uma metodologia capaz de minimizar custos de implantação de projetos de RDA e inserir o segundo objetivo de minimizar custos de manutenção ao longo da vida útil de uma rede constitui-se em uma ação relevante que pode contribuir diretamente para a eficiência da</p>
--	--	--	--	---

				<p>gestão pública e indiretamente para o desenvolvimento social do país, em especial, da região Nordeste.</p> <p>O esquema de otimização apresentado, ONEBEAR, que acoplou o motor hidráulico EPANET ao AE multiobjetivo e multipopulação MINPGA, atingiu seus objetivos de otimizar projetos de RDA visando ao custo mínimo de implantação e ao custo mínimo de manutenção ao longo de vinte anos de vida útil da rede.</p> <p>Também é possível verificar que o ONEBEAR é flexível, pois pode ser aplicado a redes ramificadas, redes malhadas ou redes mistas. Isso é possível</p>
--	--	--	--	---

				<p>porque o MINPGA trabalha com apenas as informações sobre o <i>fitness</i> gerado por cada combinação de diâmetros, recusando as redes inviáveis apenas na formação da frente de Pareto. A flexibilidade do MINPGA é uma característica marcante dos algoritmos evolucionários em geral, e pode ser confirmada pelos testes com as funções objetivos analíticas.</p> <p>Quanto à efetividade, pode-se dizer que o esquema alcançou as metas pretendidas de acoplar o EPANET e o MINPGA de forma a possibilitar o processo de otimização.</p> <p>Quanto à eficácia, por meio do ONEBEAR é possível escolher a</p>
--	--	--	--	--

				<p>rede mais econômica quanto aos dois objetivos pretendidos e que atende à restrição hidráulica sobre a pressão mínima em cada nó.</p> <p>Quanto a eficiência, o esquema resolveu os problemas propostos em tempo computacional e com uso de memória aceitáveis em se tratando de AE.</p> <p>O motor hidráulico EPANET vem sendo largamente utilizado nos problemas hidráulicos e de qualidade da água. Constitui-se em uma ferramenta de alta estabilidade e confiabilidade.</p> <p>A biblioteca OOTEN está disponível no formato estático (LIB) e no formato dinâmico</p>
--	--	--	--	--

					<p>(DLL). Ela possibilitou o uso das funções do EPANET dentro do esquema de otimização, mostrou-se estável e confiável, não tendo sido verificado em nenhuma etapa do desenvolvimento qualquer erro oriundo dessa biblioteca.</p> <p>As funções do EPANET foram determinante s para o sucesso do ONEBEAR, tendo sido utilizadas para abrir o arquivo com os parâmetros da rede, extrair determinados parâmetros, configurar os diâmetros e resolver hidraulicamente a rede.</p> <p>A viabilidade da rede em termos da pressão mínima, por exemplo, foi obtida com</p>
--	--	--	--	--	---

					<p>uma dessas funções.</p> <p>O fato de a biblioteca ser construída sob a técnica de orientação a objeto flexibiliza sua aplicação, torna o código altamente reutilizável, e facilita a modificação do código-fonte.</p> <p>Como algoritmo híbrido, o MINPGA conserva algumas características dos algoritmos nos quais ele se baseia, o MIIGA e o NPGA.</p> <p>A inicialização de três populações aumenta a diversidade e melhora as chances de convergência prematura do algoritmo. Além do mais, as trocas de indivíduos entre as populações oferecem uma</p>
--	--	--	--	--	---

				<p>oportunidade de aprendizagem recíproca para cada uma das populações envolvidas no processo. O indivíduo pior adaptado de cada população cede lugar ao indivíduo mais adaptado da população vizinha. Esse elitismo composto contribui para uma convergência mais rápida, que pode ser observada mais claramente por meio de testes com funções analíticas.</p> <p>O nicho de Pareto foi utilizado para resolver aquelas situações em que duas redes ficam empatadas quanto a dominância, isto é, quando não se sabe quando qual das duas soluções é a dominante. Usar o raio de nicho flexível</p>
--	--	--	--	--

					<p>mostrou-se importante devido ao fato de contornar previamente duas possibilidades indesejáveis: os raios de nicho das duas soluções em conflito incluem uma mesma solução; os raios de nicho das duas soluções incluem uma a outra. Nas duas situações, o impasse seria mantido. Com o raio flexível, baseado na distância espacial entre as duas soluções, evita-se tanto um quanto o outro caso. Essa característica melhora a formação da frente de Pareto.</p> <p>Os testes feitos com funções matemáticas mostraram ainda que o MINPGA é um algoritmo acurado e preciso.</p>
--	--	--	--	--	--

				<p>Acurado no sentido de que as soluções encontradas em dada geração se mostraram cada vez mais próximas das soluções obtidas na geração subsequente. Preciso pois foi verificada uma pequena magnitude da diferença entre a solução subótima dada pelo algoritmo e a solução ótima analítica do problema-teste, tendo em alguns casos convergido para a solução ótima.</p> <p>Além disso, verificou-se que o algoritmo é robusto, ao ser aplicado a uma rede de 666 trechos. Considerand o que se tem 9 diâmetros possíveis para cada um desses trechos, isso representa um problema</p>
--	--	--	--	---

					<p>de $6,73 \times 10^{19}$ combinações. Se cada uma dessas combinações pudesse ser testada em um nanosegundo, levar-se-ia mais de 2 mil anos para concluir o processo.</p> <p>Isso mostra que a aplicação do MINPGA é adequada ao problema e oferece boas soluções em um tempo razoável.</p>
3	<p>Daniel Manzi</p> <p>Thaís Dias de Castro Goulart</p> <p>Bruno Melo Brentan</p> <p>Gustavo Meirelles Lima</p> <p>Edevar Luvizotto Junior</p>	Dimensionamento ótimo de redes de distribuição de água com uso de métodos de otimização inspirados na natureza	http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_212_n_1735.pdf	13/09/2017	<p>Dada a natureza irrestrita dos métodos heurísticos, há necessidade de penalização da função objetivo para atendimento às restrições físicas do problema. Os resultados obtidos demonstram que há influência significativa da função de penalização para o resultado final, em termos de custo e</p>

					<p>convergência . Em função da natureza aleatória dos métodos heurísticos, foram realizadas 100 repetições de cada simulação, e os resultados indicam comportamentos variados na repetição dos resultados obtidos entre métodos e funções de penalização empregadas, característica importante a ser considerada na seleção segura de método de otimização para fins práticos – quando a repetição não é factível ou viável. Os resultados obtidos para diferentes tipologias de rede e métodos de otimização apontam para relativa vantagem da função de penalização exponencial (PEN3) que, todavia, mostrou-se de difícil</p>
--	--	--	--	--	--

					<p>aplicação em alguns casos, como para a rede Hanoi. A mesma análise com relação aos métodos de otimização empregados revela desempenhos ora vantajosos, ora desvantajosos para cada método em função da tipologia de rede e função de penalização, porém com presença do ABC e do SLC entre os melhores resultados em todas as aplicações realizadas.</p>
4	<p>Gustavo Meirelles Lima</p> <p>Bruno Melo Brentan</p> <p>Antonio Carlos Zuffo</p> <p>Edevar Luvizotto Junior</p>	<p>Dimensionamento de redes de distribuição de água por meio de análise multicriterial</p>	<p>http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_221_n_1831.pdf</p>	27/06/2018	<p>Atualmente, diversos trabalhos têm focado no dimensionamento de redes de abastecimento de água apenas em seu custo de implantação. Entretanto, esse conceito não leva em conta outros fatores importantes, e, em longo prazo, essa alternativa pode se mostrar</p>

				<p>inviável, gerando maiores gastos ao longo de sua vida útil. Dessa forma, este trabalho criou um mapa cognitivo para identificar os principais critérios a serem avaliados no dimensionamento de uma rede de abastecimento de água. Em seguida, foram calculados os pesos de cada um desses critérios e suas funções de valor, adotando-se as técnicas Delphi e AHP em conjunto. Por fim, três técnicas de avaliação multicritério foram utilizadas para a resolução do estudo de caso apresentado: AHP, Electre II e Promethee. Observou-se uma boa concordância entre os métodos,</p>
--	--	--	--	---

					demonstrando sua aplicabilidade e nesse tipo de problema. No estudo de caso apresentado, devido aos pesos e às funções de valor adotadas, a melhor alternativa coincidiu com a de menor custo. Entretanto esse resultado é dependente do julgamento dos decisores ao determinarem os pesos dos critérios e suas funções de valor, sendo o resultado final o reflexo dos interesses prioritários de cada sistema.
5	Erich Kellner Jorge Akutsu Luisa Fernanda Ribeiro Reis	Avaliação da rugosidade relativa dos tubos de PVC com vistas ao dimensionamento das redes de distribuição de água	https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522016000200347&lng=pt&tlng=pt	20/06/2016	As tubulações em PVC (marrom) com DN 50, 75 e 100, novas, apresentaram rugosidade média variável de $5,31 \pm 0,78 \mu\text{m}$ a $30,95 \pm 3,71 \mu\text{m}$.

				<p>Já aquelas com DN 50 e 10 anos de uso tiveram rugosidade média de $56,42 \pm 22,09 \mu\text{m}$, enquanto as tubulações em PVC (marrom) com DN 75 e 34 anos de uso mostraram uma de $35,98 \pm 23,79 \mu\text{m}$.</p> <p>Para as condições de escoamento observadas em redes de distribuição de água, com $30.000 \leq Re \leq 750.000$, e construídas em PVC (marrom), a rugosidade relativa (ϵ/D_i) não influenciou significativamente os valores do fator de atrito (f).</p> <p>O diâmetro interno da tubulação exerce grande influência sobre a determinação da perda da carga de pressão, que deveria ter seu valor</p>
--	--	--	--	--

					mais provável estabelecido pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, quando da revisão da NBR 5647-3:1999.
6	<p>Alex Takeo Yasumura Lima Silva</p> <p>Fernando das Graças Braga da Silva</p> <p>André Carlos da Silva</p> <p>José Antonio Tosta dos Reis</p> <p>Claudio Lindemberg de Freitas</p> <p>Victor Eduardo de Mello Valério</p>	Proposição de estratégia operacional ótima aplicada a rede de distribuição de água com abordagem estatística	https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2020000200304&lang=pt	09/04/2020	The genetic algorithm of optimization obtained a good performance, being able to maintain pressures within established limits in the study and indicated the quantity of pumps and valves employed, as well as pumping pressures or the head loss generated by the valves and portions of pumps and valve implantation. Thus, the planning of experiments proved to be a potential tool to assist in the operation optimization of a water distribution network, making possible optimization

					of the equation of obtained response surface and, consequently , obtention of optimal parameters and evaluation of interactions. However, more studies should be done to evaluate performance on more complex and real network scenarios to validate the tool under different conditions.
7	Danielle Costa Morais Cristiano A. Virgínio Cavalcante Adiel Teixeira de Almeida	Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água	https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-74382010000100002&lang=pt	04/2010	Neste trabalho, foi apresentado um modelo multicritério baseado no método PROMETHEE I para a priorização das áreas críticas de perdas de uma cidade, dentro de uma avaliação global, de uma forma balanceada com os critérios preestabelecidos, orientando para uma alocação de investimento de tempo e

				<p>de recursos de uma maneira mais adequada à situação da cidade em análise. Vale ressaltar que as perdas tratadas aqui têm conotação multidimensional, estando relacionadas a diferentes aspectos, tais como técnicos, ambientais e sociais. Além disso, as preferências do decisor a respeito de cada um desses critérios estão inseridas no modelo de priorização.</p> <p>Observa-se, porém, que o modelo desenvolvido tem como finalidade principal ilustrar o emprego da abordagem proposta. Para tanto, limitou-se às alternativas estudadas e aos critérios levantados pelo decisor. Assim, possivelmente uma quantidade</p>
--	--	--	--	---

					mais significativa de critérios poderia ter sido considerada na análise, o que obviamente modificaria o seu resultado final. Além disso, observa-se que, apesar de o modelo ter sido aplicado para uma cidade de pequeno porte, ajusta-se perfeitamente a problemas semelhantes, que envolvem grandes cidades.
8	Fátima C. Soares Guilherme C. Teles Jumar L. Russi	Aferição dos Valores dos Comprimentos Equivalentes Utilizados na Determinação da Perda de Carga	http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-75872015000200003&lang=pt	03/07/2015	De acordo com a metodologia utilizada e nas condições em que o trabalho foi realizado pode-se concluir: Os valores adotados como comprimentos equivalentes, apresentados pela literatura, geram perdas de carga localizada, em cotovelo de 45° e 90°

					<p>(nos diâmetros de 20, 25 e 32 mm) e curva de 90° (nos diâmetros de 20 e 25 mm), superiores as medidas nas peças,</p> <p>Para a curva de 90°, no diâmetro de 32 mm, o comprimento equivalente subdimensiona os projetos hidráulicos, uma vez que a perda de carga gerada pelo seu comprimento equivalente é inferior a medida, As perdas de carga geradas no registro de esfera, de diâmetros 20, 25 e 32 mm, pelos seus comprimentos equivalentes são inferiores as medidas na peça. Portanto, nos dimensionamentos hidráulicos está-se subestimando os mesmos, não utilizando valores que expressem realmente a perda de carga</p>
--	--	--	--	--	--

Por meio da Figura 1, foi possível observar que as palavras em evidência na nuvem pertencem as categorias desenvolvidas a partir da análise de conteúdo. Todas as categorias derivam da

sua frequência (Tabela 1), que diz respeito ao seu quadro referencial. Em consonância ao objetivo deste trabalho, optou-se por descrever as palavras que apresentaram frequência total no texto.

Tabela 1. Frequência das palavras presentes nos textos publicados nas Plataformas....

PALAVRAS	FREQUÊNCIA	CATEGORIAS
Rede	18	Rede de abastecimento/distribuição
Perda	7	Perda de carga
Diâmetro	10	Diâmetro das tubulações
Otimização	6	Otimização do projeto
Método	9	Métodos para minimização de erros

Fonte: elaborada pelos autores.

Discussões

Atualmente, diversos trabalhos têm sido desenvolvidos na área de dimensionamento de redes de abastecimentos de águas, com o intuito de otimizar tanto o processo de dimensionamento quanto os cálculos de perdas de carga nas tubulações. Quanto maior a proporção de alcance da rede de distribuição, seu tempo de uso e a topografia a ser dimensionada, maior será a dificuldade de um dimensionamento reduzindo ao máximo o custo do investimento e otimizando o projeto a ponto de pouca ou nenhuma observação ser feita com relação a melhorias.

São muitos os fatores a serem analisados para a obtenção de um projeto

onde é maximizado o custo/benefício da obra, para isso, o conhecimento dos fatores influenciadores na rede de distribuição é de suma importância. Em projetos relativamente extensos os erros tendem a ser superdimensionados ou subdimensionados, o que causam perdas de recursos, necessidade de mais mão de obra para refazer o serviço (quando possível ser realizado) e transtorno para todos os envolvidos.

Os fatores como: local de captação, topografia do terreno, extensão do dimensionamento, pressão de captação e de fornecimento, vazão a ser fornecida, diâmetro das tubulações, rugosidade do material, tempo de uso, entre outros, são

determinantes para a obtenção de um projeto otimizado.

Os trabalhos analisados usam de vários recursos como: programas computacionais, fórmulas disponibilizadas nas Normas Brasileiras e nas literaturas, experimento de campo com o propósito de facilitar o entendimento do dimensionamento de redes de abastecimento de águas e tornar o empreendimento mais seguro e rentável, oferecendo ao investidor um retorno confiável e duradouro.

Cada um dos trabalhos converge para uma importante observação que é o reconhecimento da necessidade de um projeto específico para cada situação. Porém, há elementos que permanecem presentes em todos os projetos, e especificamente são esses que conhecimento prévio do comportamento ajudará para uma melhor otimização da maioria dos projetos hidráulicos.

Elementos como; cano de PVC, de ferro, joelho de 45 e 90°, curvas, redutores, válvulas, entre outros mais, são diretamente influenciadores de perdas de carga, diminuição de velocidade de condução, desgaste do elemento usado no dimensionamento o que gerará uma diminuição da vida de uso do material. Cada um desses elementos possui um comprimento equivalente, que é entendido como a perda de carga localizada e

distribuída nas tubulações. O estudo do comprimento equivalente (Leq) de cada um dos elementos que fará parte do dimensionamento da rede de distribuição será essencial para manter a pressão interna do fluido conforme o planejado, consequentemente a vazão e vida útil do material será próximo ao determinado no projeto.

Conforme concluíram, Soares; teles e Russi (2015), em seus estudos sobre a verificação do uso de comprimento equivalente em cálculos de perdas de cargas, foi que os valores que são disponibilizados pela literatura referente a elementos com perdas de cargas localizadas são superiores a medidas reais. Essa constatação foi aferida nas peças de curva de 90° (diâmetros de 20 e 25 mm) e em cotovelos de 45 e 90° (diâmetros de 20, 25 e 32 mm). Outra observação verificada foi que o comprimento equivalente determinado para o registro esfera, nos diâmetros de 20, 25 e 32 mm, estava muito abaixo do real, ou seja, a perda de carga é muito maior do valor que estava se estimando.

Outra verificação muito importante feita por Kelner; Akutsu e Ribeiro (2016) quando estudado a relação da rugosidade nos tubos de PVC com o objetivo do dimensionamento das redes de distribuição de água, foi que quanto menor o diâmetro das tubulações maior será o desgaste com o

passar dos anos. Esse desgaste ocorre devido a velocidade do fluido ser muito maior em diâmetros menores.

Por esses pontuais fatores observa-se que o dimensionamento de uma rede de distribuição, com vista na otimização completa do projeto é algo muito complexo, e por isso, o conhecimento de programas computacionais é de suma importância para diminuição da complexidade e para reduzir possíveis erros quando dimensionado de maneira manual.

Dentre os artigos analisados um algoritmo chamado de EPANET é o mais usual para facilitar o dimensionamento. Segundo o trabalho de Takeo et al., (2020) o programa apresentou um desempenho satisfatório, sendo capaz de estabelecer as pressões dentro do limite estudado e ainda indicando a quantidade de bombas e válvulas a serem empregadas.

Claro que um projeto de dimensionamento, como dito anteriormente, quanto maior a dimensão de alcance desejado, maior será sua

complexidade e consequentemente será impossível resolver todos os problemas da rede. Com isso, verifica-se que existe a possibilidade de erros de projeto, o que ocasionara possíveis rompimentos de tubulações e consequente perdas de água, danos ao meio ambiente e transtorno para a população próxima. Levando isso em consideração, existem métodos para analisar locais específicos que geraria esses possíveis erros, sendo assim chamados de critérios de avaliação, onde é determinado qual local a ser executado deverá receber maior atenção. Um dos métodos que tem tido preferência é o PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Envrichment Evaluation*), como o próprio nome revela, o método estabelece um ranking de critérios dando ao executor a possibilidade de minimizar os possíveis erros, garantindo assim a otimização do projeto. Segundo Costa; Virginio e Texeira (2010) esse método se mantém satisfatório tanto para projetos de pequeno quanto de grandes portes.

impactos ambientais e custos elevados para executar e/ou fazer manutenções.

Contudo, a partir dos resultados obtidos e visando minimizar as perdas de cargas, faz-se necessário ampliar os estudos para melhoria dos projetos hidrossanitários e recursos para execução, desde a captação até a distribuição.

CONCLUSÕES

Em suma, o presente artigo apresenta os diversos fatores que influenciam as perdas de cargas existentes nas redes de distribuição de água, esses trazem consigo insatisfação à população,

Logo, concluímos que para otimizar os projetos é recomendado usar programas computacionais com intuito de reduzir ao

máximo os possíveis erros de projetos de redes de distribuição.

REFERÊNCIAS

- SOARES, F.; TELES, G.; RUSSI, J. Aferição dos Valores dos Comprimentos Equivalentes Utilizados na Determinação da Perda de Carga. **Revista de Ciencia y Tecnología**, n. 24, p. 16–21, 2015.
- PINNTO, M. R. et al. Dimensionamento econômico otimizado de redes de distribuição de água considerando custos de manutenção. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 1, p. 145–153, 2017.
- MANZI, D. et al. Dimensionamento ótimo de redes de distribuição de água com uso de métodos de otimização inspirados na natureza. **Revista DAE**, v. 66, n. 212, p. 16–31, 2018.
- MELO BRENTAN, B. et al. Dimensionamento de redes de distribuição de água por meio de análise multicriterial. **Revista DAE**, v. 221, n. 68, p. 118–130, 2019.
- KELLNER, E.; AKUTSU, J.; REIS, L. F. R. Avaliação da rugosidade relativa dos tubos de PVC com vistas ao dimensionamento das redes de distribuição de água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 347–355, 2016.
- SILVA, A.; DA SILVA, F.; DA SILVA, A. Proposal of optimal operation strategy applied to water distribution network with statistical approach. *Revista Ambiente e Água*, (2020), 15(2) Disponível em: Proposal of optimal operation strategy applied to water distribution network with statistical approach (scielo.br).
- MORAIS, D. C.; CAVALCANTE, C. A. V.; DE ALMEIDA, A. T. Priorização de áreas de controle de perdas em redes de distribuição de água. **Pesquisa Operacional**, v. 30, n. 1, p. 15–32, 2010.
- NOVARINI, B. et al. Gerenciamento de pressão ideal em redes de distribuição de água por meio da criação de área distrital medida com base em aprendizado de máquina. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 24, p. 1–11, 2019.
- Brasil. Fundação Nacional de Saúde. Manual de Orientações Funasa. – Brasília: Funasa, 2017.
- SILVA, F. D. B.; O. O Sistema De Abastecimento D' Água Da Cidade De Santa Rita - Pb. 2016.