SISPRED 2021
XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais
Gestão, Eficiência e Sustentabilidade
Catalão (GO) 18 e 19 de Novembro de 2021

ESTUDO DA ENERGIA DISSIPADA NA VÁLVULA REDUTORA DE PRESSÃO VISANDO SEU APROVEITAMENTO NA EDIFICAÇÃO

Study of the energy dissipated in the pressure reducing valve aiming at its utilization in the building

DA SILVA, Brenda Marcelly Rios[1]; PITALUGA, Douglas Pereira da Silva[2]; ALVES, Dálcio Ricardo Botelho[3]

Recebido em 15 de agosto de 2021, aprovado em 31 de outubro de 2021, publicado em 18 de novembro de 2021

RESUMO: O presente trabalho constitui uma pesquisa bibliográfica direcionada ao aproveitamento da energia dissipada nas válvulas redutoras de pressão. Nesse sentido, propõe-se o estudo do sistema de distribuição predial e análise da possibilidade de conversão da energia potencial dissipada na VRP em energia elétrica a fim de ser utilizada em sistemas e equipamentos de baixa demanda de carga. Desse modo, o presente estudo aborda as particularidades construtivas das edificações em paralelo com as características técnicas das VRPs existentes no mercado a fim de avaliar a possibilidade técnica de aproveitamento da energia dissipada. O levantamento baseou-se nos seguintes dados de entrada: 1) o consumo mensal de água, 2) consumo diário por habitante, 3) quantitativo de vazão e pressão para abastecimento do sistema e 4) altura manométrica de cada ponto para, em seguida, definir o tipo de turbina e gerador indicados para o projeto com sistema de aproveitamento de energia. De posse dos dados levantados na literatura, foi realizada uma simulação para um edifício de 36 pavimentos considerando sua instalação predial de água fria, incluindo as VRP's. Por meio de equações matemáticas sugeridas pela literatura, pode-se alcançar com a simulação a geração de energia diária de 3,88 kWh.

ABSTRACT: The present work is a bibliographic research directed to the utilization of the energy dissipated in pressure reducing valves. In this sense, it is proposed the study of the building distribution system and analysis of the possibility of converting the potential energy dissipated in the PRV into electrical energy to be used in systems and equipment of low load demand. In this way, the present study approaches the constructive particularities of the buildings in parallel with the technical characteristics of the VRPs existing in the market in order to evaluate the technical possibility of using the dissipated energy. The survey was based on the following input data: 1) monthly water consumption, 2) daily consumption per inhabitant, 3) quantitative flow rate and pressure to supply the system and 4) manometric height of each point to then define the type of turbine and generator indicated for the project with energy use system. With the data collected in the literature, a simulation was performed for a 36-story building considering its cold water installation, including the VRP's. Using the mathematical equations suggested in the literature, a daily energy generation of 3.88 kWh could be achieved with the simulation.

Palavras-chave:
Potencial hidráulico predial,
Instalações hidráulicas prediais,
Válvula redutora de pressão,
Micro geração.

Keywords:
Building hydraulic potential;
building hydraulic installations;
pressure reducing valve;
microgeneration.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **DA SILVA, Brenda Marcelly Rios**: Aluna de graduação em Engenharia Civil do Instituto Federal de Goiás, brenda_rios@hotmail.com.

[2] **PITALUGA, Douglas Pereira da Silva**: Mestre em Engenharia do Meio Ambiente. Professor do Instituto Federal de Goiás, douglas.pitaluga@ifg.edu.br.

[3] **ALVES, Dálcio Ricardo Botelho**: Doutor em Agronomia - Conc. Irrigação e Drenagem ESALQ/USP, Professor do Instituto Federal de Goiás, dalcio.alves@ifg.edu.br.

1 INTRODUÇÃO

Com a expansão vertical das cidades e o crescimento do mercado de construção de edifícios altos, torna-se inerente às instalações prediais hidráulicas o uso de bombas para recalcar a água. Por outro lado, estes edifícios ocasionam pressões altas na coluna de distribuição geradas por metros de coluna de água (mca), ao passo que, quando o subsistema alcança 40 mca, há necessidade de reduzir a pressão na coluna de distribuição, conforme estabelece a NBR 5626: 2020. Usualmente a pressão é reduzida por meio de Válvulas Redutoras de Pressão (VRP).

A Válvula Redutora de Pressão é um dispositivo hidráulico de regulação e controle de pressão a jusante aplicado em subsistemas de distribuição de água que possui grande pressão de saída (COVAS e RAMOS, 1998). Nos sistemas de distribuição de água, a utilização das VPR permite minimizar a ocorrência de fugas e consumos desnecessários, sem o prejuízo do desempenho hidráulico do sistema e do nível de serviço dos consumidores. Na situação em que não se utiliza qualquer dispositivo redutor de pressão, a pressão varia significativamente ao longo do dia (no tempo) e ao longo do perfil da conduta (no espaço), exigindo-se a garantia do nível de serviço mínimo aos consumidores (COVAS e RAMOS, 1998).

Diante da procura por métodos sustentáveis e de eficiência energética, este trabalho se propôs em estudar a possibilidade de aproveitamento da energia dissipada na VRP. Do ponto de vista energético, as VRPs dissipam energia de pressão ao adicionarem ao sistema uma perda localizada. Essa considerável perda de energia antagoniza-se com os preceitos modernos de eficiência energética e uso racional de recursos.

O presente trabalho buscou, por meio de levantamentos bibliográficos e catálogos, avaliar os tipos de máquinas hidráulicas, suas características de funcionamento, operação e posicionamento. Bem como, buscou avaliar, por meio de simulação com equações matemáticas, o potencial hidráulico de um edifício residencial de 36 pavimentos, a fim de analisar quantitativamente o aproveitamento da energia dissipada na VRP que, após passar por conversão potencial-elétrica, poderia ser utilizada na alimentação de equipamentos e sistemas de baixa demanda de carga, existentes na edificação.

Diante de todo o exposto, o trabalho em tela se justifica por buscar formas de redução de impactos ambientais e contribuição para uso racional de energia por meio da eficiência energética.

2 OBJETIVOS

Identificar e avaliar o potencial energético dissipado na Válvula Redutora de Pressão (VRP) através de revisões bibliográficas visando o seu aproveitamento na própria edificação;

Simular, por meio de equações matemáticas adaptadas da literatura, a geração de energia de um edifício, considerando seu sistema predial de água fria.

3 FUNDAMENTAÇÃO

Baseados nos conceitos existentes na Lei de Conservação de Energia, Çengel e Boles (2013) definem que a variação total de energia (ΔE) de um determinado sistema é calculada pelo somatório de variação das energias internas (ΔU), energia cinética (ΔEC) e energia potencial (ΔEP), conforme visto na Equação 1.

$$\Delta E = \Delta U + \Delta EC + \Delta EP \quad \text{(Eq. 1)}$$

Com isso, a energia que seria dissipada na VRP pode ser reduzida ao passar antes por outro equipamento com a finalidade de converte-la em energia elétrica, tais como máquinas hidráulicas (turbinas), definidas por Simone (2013) como dispositivos de conversão de energia mecânico-motriz em energia mecânico-hidráulica (bombas hidráulicas).

O uso de micro turbinas ou bombas operando como turbinas apresenta uma solução alternativa e sustentável para regularizar as altas pressões e, paralelamente, gera energia. Esse tipo de solução, pode ser vista como fonte renovável de energia em caráter compensatório, haja vista que no subsistema de suprimento das instalações prediais de água fria consome energia elétrica para recalcar a água em níveis altos e, indiretamente, no retorno desta desperdiça-se a energia no subsistema de distribuição por meio da VRP. Contudo, nota-se que a conversão e utilização desta energia promove o uso racional de energia com aplicação do conceito de eficiência energética.

4 MÉTODO

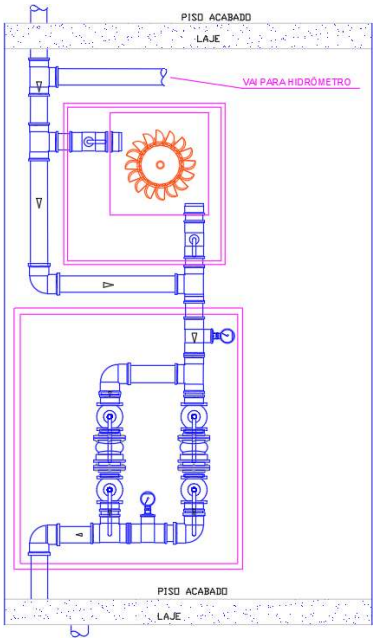
O método utilizado foi revisão bibliográfica, no qual foram analisados tipos de máquinas hidráulicas, grandezas de funcionamento, posicionamentos e simulações teóricas de consumo energético a fim de encontrar valores das energias dissipadas nas VRP's, ao passo que, utilizadas em máquinas hidráulicas gerasse energia elétrica. De posse desses dados levantados, por meio de equações matemáticas adaptadas da literatura, fez-se uma simulação com um edifício residencial de alto padrão composto por 36 pavimentos tipos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Posicionamento das Turbinas

A quantidade de energia gerada é calculada em função da quantidade de água que passa pelo gerador hidráulico e da pressão que passa por este, sendo exclusivamente dependente da posição do equipamento, tornando a escolha do local de instalação um critério importante. Conforme Chechinel e Speck (2017) as turbinas deverão ser posicionadas em locais onde haja pressão excedente e maiores vazões. Considerando que o local de maior pressão esteja anterior à válvula redutora de pressão, sugere-se que a instalação do equipamento seja realizada através de um desvio no *by pass*, anterior à entrada da VRP, conforme Figura 1.

Figura 1 – Simulação de instalação de máquina hidráulica



Fonte: Acervo próprio do autor

Observa-se que o fluxo é desviado da prumada de água fria e direcionado para o distribuidor da turbina. Posteriormente, direciona-se o fluxo para estação redutora de pressão, passando primeiramente pelo manômetro que realizará a medição de pressão na chegada do equipamento. A regularização da pressão de acordo com os critérios de projeto é realizada pela válvula redutora de pressão, seguidamente, o fluxo direciona-se à prumada de distribuição e segue para os pavimentos inferiores à válvula.

5.2 Simulação

Considerando um edifício residencial de alto padrão composto por 36 pavimentos tipo, 04 pavimentos de garagem, 01 pavimento térreo e 01 pavimento de lazer, sendo que, os pavimentos tipo contam com 02 apartamentos por andar, em que, cada apartamento conta com 03 suítes, 01 lavabo, 01 área de serviço, 01 banho de serviço e circulação, totalizando uma área de 200 m². Supondo que cada apartamento conta com 06 moradores, obteve-se por meio da Equação 2 a população do edifício.

$$P = Apto \times Hab \times Pav \quad \text{(Eq.2)}$$

Sendo:
P = População do edifício
Apto = Quantidade de apartamento por pavimento
Hab = Quantidade de habitantes/moradores por apartamento
Pav = Quantidade de pavimentos

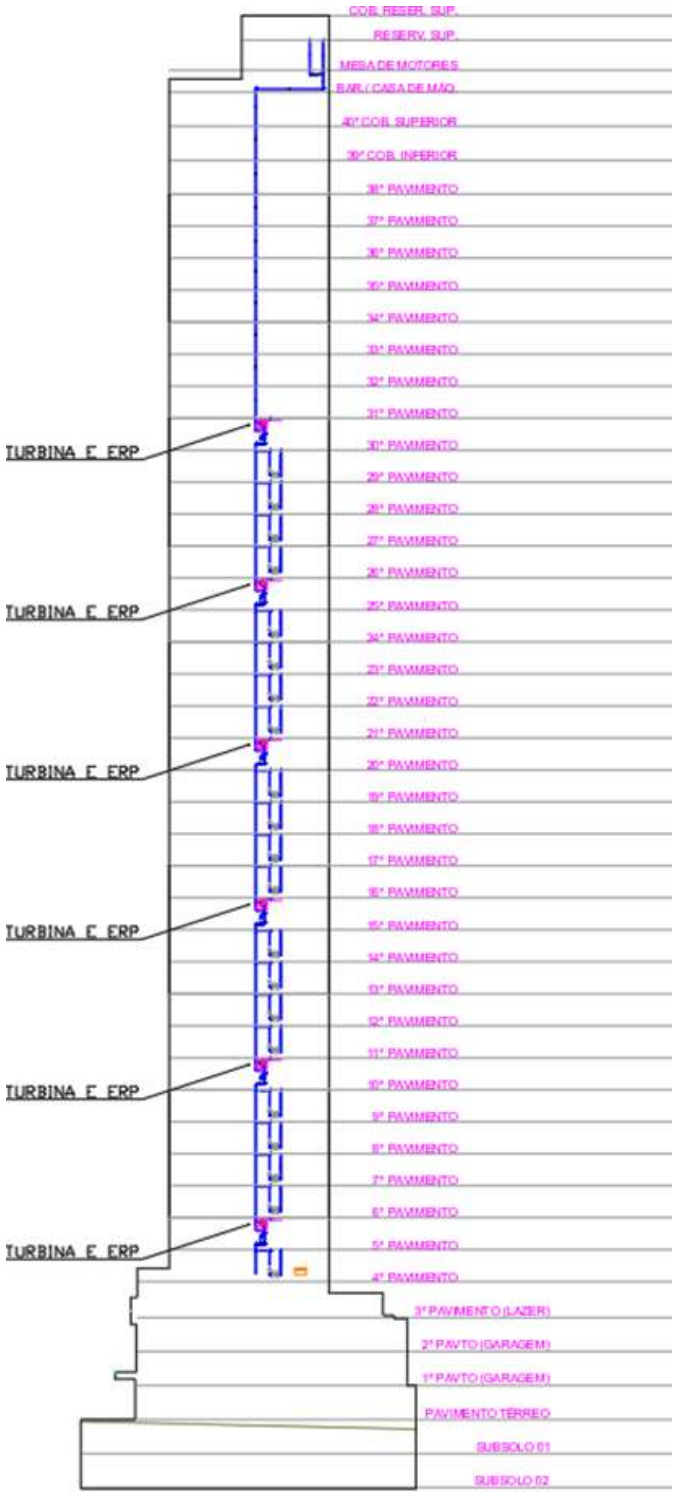
Segundo Creder (1991) e Macintyre (1990), o consumo per capto de apartamentos característicos de alto padrão é de 250 L/hab.dia. Supondo que cada morador consome 250 litros de água por dia, obteve-se por meio da Equação 3 o consumo diário de água do edifício.

$$CD = C \times P \quad \text{(Eq.3)}$$

Sendo:
CD = Consumo diário de água do edifício
C = Consumo per capto
P = População do edifício

Simulando um sistema hidráulico com 06 válvulas redutoras de pressão, dividindo-se em cinco trechos nas colunas verticais, totalizando 06 pontos de geração de energia (Figura 2), tem-se o dimensionamento e cálculo de pressão em cada ponto. Considerando o pé direito de 3,00 m entre pavimentos, optou-se pela instalação da primeira VRP a 39,12 m após saída do reservatório superior, sendo este o local previsto para inserção da primeira turbina.

Figura 2 – Coluna de Distribuição de Água Fria



Fonte: Acervo próprio do autor

Para cálculo da vazão na entrada do sistema de aproveitamento entre VRP's, considerou-se o somatório dos pesos dos aparelhos sanitários (Tabela 1).

Tabela 1 - Pesos para cálculo de vazão de projeto

Ambiente	Aparelho sanitário	Pesos relativos	∑ Peso
ESTAR/ JANTAR	PIA	0,7	0,7
COZINHA	02 PIA + MLL	2x0,7 + 1,0	2,4
ÁREA DE SERVIÇO	TQ + MLR	0,70+ 1,0	1,7
BANHO DE SERVIÇO	LV + BS + CH	0,3 + 0,3 + 0,1	0,7
LAVABO	LV + BS	0,3 + 0,3	0,6
SUÍTE 01	LV + BS + CH	0,3 + 0,3 + 0,1	0,7
SUÍTE 02	LV + BS + CH	0,3 + 0,3 + 0,1	0,7
SUÍTE MASTER	02 LV + BS + CH	2x0,3 + 0,3 + 2x 0,1	1

Fonte: Acervo próprio do autor

Considerando os trechos da coluna de distribuição entre VRP's e a quantidade de unidades por pavimento, obteve-se a vazão do trecho por meio da Equação 4.

$$Q = \left(0{,}3\sqrt{\sum nipi}\right) \text{x} \left(Apto \text{ x } Pav\right) \quad \text{(Eq.4)}$$

Sendo:
Q = Vazão do trecho (L/s);
ni = Número de aparelhos sanitários tipo *i*;
pi = peso das peças do tipo *i*;
Apto = Quantidade de apartamento por pavimento
Pav = Quantidade de pavimentos do trecho

A Figura 3 apresenta os tipos de turbinas e suas respectivas margens de rendimento em razão dos dados de entrada, dentre eles, a vazão. Na presente simulação adotou-se a turbina da *Kaplan*.

Figura 3 – Quadro de Eficiência dos equipamentos

Nome	Rotação NS	Especificação	Vazão Q (m³/s)	Queda H (m)	Potência kW	ηmáximo (%)
	Nº Jatos	Ns				
	1	30				
Pelton	2	30 - 50	0,05-50	30-1.800	0,1-300.000	70-91
	4	40 - 60				
	6	50 - 70				
Banki	40 - 160		0,025 - 5	1 - 50	1 - 750	65 - 82
	Tipo	Ns	0,05 - 700	2 - 750	1 - 750.000	80 - 93
Francis	Lenta	60 - 170				
	Normal	150 - 250				
	Rápida	250 - 400				
Kaplan	300 - 800		0,3 - 1.000	5- 80	2- 200.000	88 - 93

Fonte: Tiago Filho (2008)

Considerando os dados de entrada alcançados com as equações supracitadas constatou-se, por meio da Equação 5, que o sistema ora simulado tem o potencial de gerar energia elétrica equivalente a 3,88 kWh por dia.

$$E = \eta_{máx} \times \rho \times g \times CD \times d \quad \text{(Eq.5)}$$

Sendo:
E = Energia gerada
$\eta_{máx}$ = Rendimento máximo da turbina
ρ = Densidade da água;
g = Aceleração da gravidade;
CD = Consumo diário;
d = Desnível.

Por fim, com a simulação em tela, embasada nos dados e informações levantados na literatura, pode-se avaliar todas as características, funções e novas possibilidades que esse sistema de controle de pressão poderia proporcionar, visando o aproveitamento energético.

6 CONCLUSÕES

Em termos de aproveitamento energético visto na simulação, conclui-se:

O aproveitamento é viável no que tange a sustentabilidade, no uso racional de recursos;

O aproveitamento é inviável no que se refere a compensação econômica, haja vista que quantidade de energia gerada é razoavelmente baixa, frente ao custo de implantação que se vislumbra.

A instalação em prédios existentes mostra-se inviável economicamente falando, frente ao custo de implantação que se vislumbra;

Para determinar uma forma mais assertiva da viabilidade de operação do sistema proposto, recomenda-se a implementação de um projeto piloto, tornando possível realizar de forma fiel os estudos de viabilidade, levantamento de custos, materiais, funcionamento e outros fatores interferentes.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, Marcos Carvalho. Máquinas hidráulicas. Curitiba, 2015.

CHECHINEL, Karina Malisca; SPECK, Jaison Araújo. Microgeração de energia elétrica a partir do potencial hidráulico predial, 2017.

COVAS, D.; RAMOS, H. A Utilização de válvulas redutoras de pressão no controle e redução de fugas em sistemas de distribuição de água. 8º Encontro Nacional de Saneamento Básico, Barcelos. 27 a 30 de outubro, 1998.

ÇENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. Termodinâmica. 7. ed. Porto Alegre, Brasil: AMGH, 1019 p., 2013.

CREDER, Hélio. Instalações hidráulicas e sanitárias 5.ª ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1991

SIMONE, Gilio Aluisio. Centrais e aproveitamentos hidrelétricos: uma introdução ao estudo. São Paulo: Editora Érica. 2013.

TIAGO FILHO, Geraldo L. T. et al. Pequenos aproveitamentos hidroelétricos. Ministério de Minas e Energia. Brasília, 2008.