

**APROVEITAMENTO ENERGÉTICO PELA SUBSTITUIÇÃO DE VÁLVULAS
REDUTORAS DE PRESSÃO POR MICROGERADORES RESIDENCIAIS**
**Energy enhancement for the replacement of reducing pressure valves by micro
residential generators**

CARREIRA, Rafael Barbosa^{1,2}

BARBOSA, Gustavo Rastelli²

ROCHA, Ricardo Ramos da¹

PINTO, Edilson Moura^{2*}

¹ Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas, Universidade do Sagrado Coração, Rua Irmã Armanda 10-50,
Bauru-SP, 17011-110, Brasil

² ECOMAS, Faculdade do Interior Paulista FAIP, Av. Antônia Altenfelder, 65, Marília - SP, 17512-130, Brasil

Autor correspondente*: edilson.m.pinto@cnpq.pq.br

RESUMO

O correto aproveitamento de energias renováveis atualmente desperdiçadas é uma das alternativas que colaboram para a geração de potência adicional a partir de instalações prediais. A água do sistema de abastecimento de edificações residenciais pode se tornar uma valiosa fonte geradora de energia. Neste trabalho, são apresentados os resultados obtidos para um microgerador construído com material alternativo convertendo a pressão excedente em tubulações, substituindo válvulas redutora de pressão em sistemas hidráulicos produzindo assim, energia elétrica. O sistema foi avaliado em ensaios reais sobre pressões de 405, 1013 e 2837 kPa simulando colunas d'água de 4,0, 10,0 e 28,0 metros em tubulações. Os ensaios consistiram em estudos de vazões partindo de 0,1 até 4,0 L.s⁻¹. Foram avaliados os desempenhos de rotação do rotor, tubulação e gerador, obtendo-se os melhores resultados para os sistemas operando sobre pressões de 2837kPa e vazão de 4,0 L.s⁻¹. O custo estimado do protótipo de R\$ 428,00 que pode ser amortizado frente a economia advinda da potência adicional produzida ao longo de 10-39 meses.

Palavras-chave: Microgerador; Válvula redutora de pressão; Energia elétrica; aproveitamento energético.

ABSTRACT

The correct use of renewable energy currently wasted, is one of the alternatives that contribute to the generation of additional power from building facilities. Water from the supply system of residential building can become a valuable source of energy. In this work, its presented the results obtained for a micro generator constructed with alternative material which converting the excess pressure into pipes, replacing pressure reducing valves in hydraulic systems, thus producing electric energy. The system was evaluated in real tests on pressures of 405, 1013 and 2837 kPa, simulating water columns of 4.0, 10.0 and 28.0 m in pipes. Tests consisted of studies of flow rates from 0.1 to 4,0 L.s⁻¹. Rotor, pipe and generator rotational performances were evaluated, obtaining the best results for the systems operating at pressures of 2837 kPa and 4.0 L.s⁻¹ flow. The estimated cost of the prototype of R\$ 428.0 that can be amortized against the economy derived from the additional power produced over 10-39 months.

Keywords: Micro generator; Reducing pressure valve; Electric power; Reuse of energy.

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda e o desenfreado consumo dos recursos energéticos não renováveis do planeta têm alimentado as discussões sobre os rumos para sustentabilidade energética, convertendo este tema na questão central do problemático desenvolvimento sustentável das nações (MOCKMORE, 2014).

Desde a revolução industrial, as indústrias ocupam os espaços de destaque nas cidades e, sua crescente demanda energética exige a produção localizada da energia elétrica e sua distribuição para regiões remotas. Ocorre que, neste último século o avanço em infraestrutura urbana não foi seguido na mesma medida que a preocupação com o ambiente, agravado nas últimas décadas em função da acessibilidade aos bem manufaturados, o consumo doméstico de energia elétrica cresceu vertiginosamente em relação às décadas anteriores, aumentando também a busca por alternativas para geração de energia (TOLMASKIM, 2012; DE OLIVEIRA CARMINATI, 2013).

Nesse sentido, formas alternativas de geração por via solar e eólica dentre outras ganharam especial destaque e, apenas em 2013 foram produzidos 139 GW por fontes Solares e 318 GW por fontes eólicas segundo Marceron Filho (2017).

No Brasil a produção de energia elétrica que se iniciou com construção da Usina Hidrelétrica de Marmelos, em 1889 acompanha um ritmo crescente de produção diversificada que busca a geração por vias alternativas. Atualmente, 45,3% da geração nacional é

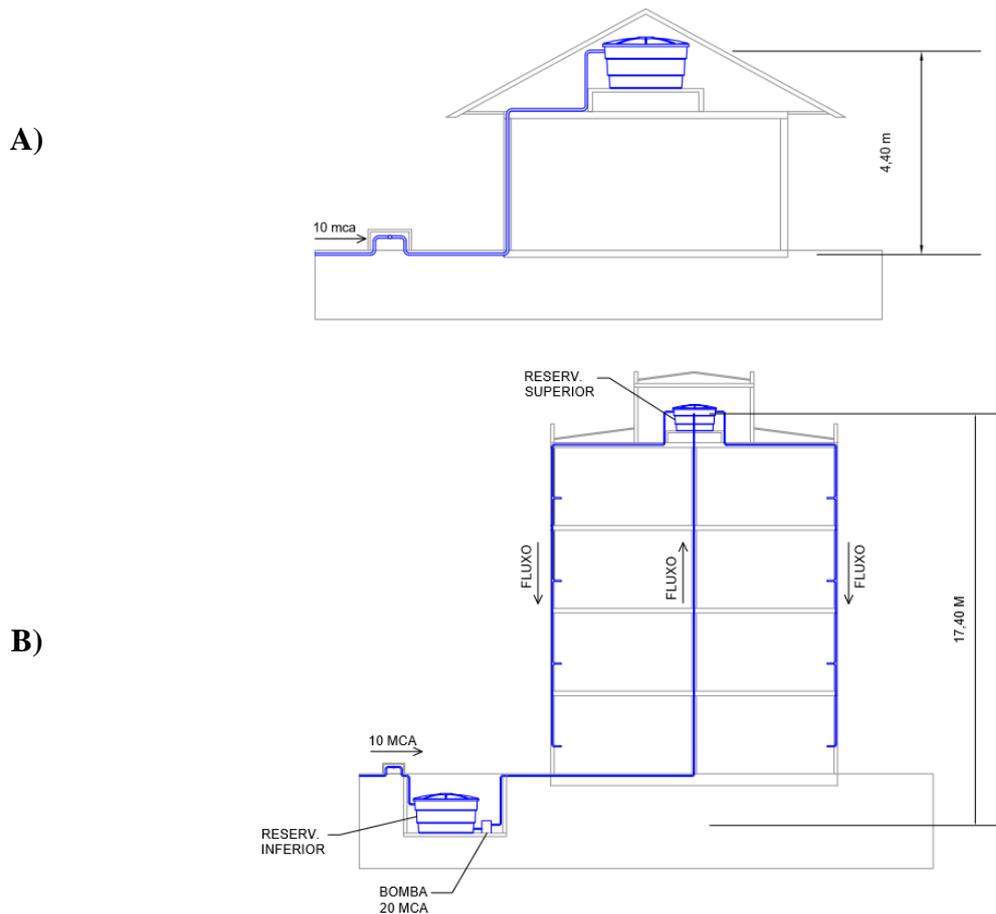
proveniente de recursos hídricos, biomassa, etanol, eólica e solar, enquanto a matriz energética mundial é composta por 13% de fontes renováveis nos países desenvolvidos e 6% nas nações em desenvolvimento (EPE, 2016).

Com uma população crescente e em franco desenvolvimento, a questão energética do país requer constante aumento na capacidade de geração, de modo a equacionar demanda e consumo. Porém, devido a uma cultura de desperdício, passa despercebidamente pela população o descarte de energias renováveis produzidas por processos secundários tal como, a geração de energia por precipitação de águas de chuvas ou mesmo da utilização da água circulante nas tubulações residenciais de abastecimento e descarte, alternativas estas, atraentes para produção por meio de microgeradores elétricos instalados em edificações residenciais (PINHEIRO, 2007).

Neste sentido, este trabalho é devotado para o estudo de geração de energia elétrica por microgeradores alternativos em condomínios residências de baixa renda, observando que os edifícios são acumuladores de uma grande quantidade de energia potencial advinda do desnível natural da água sobre ação da força gravitacional. Atualmente essa energia não é reaproveitada e a conversão para energia elétrica pode colaborar para a economia das fontes geradoras.

Observando com pressão de 151 kPa, a geração de energia elétrica residencial alcança 147 W e a predial 2940 W em função da pressão de admissão do sistema. Os geradores e detalhes construtivos foram dimensionados para atuar entre estes dois modelos. Porém ressalta-se que existem dois casos em que a pressão mínima do abastecimento público é dispensada: Quando o reservatório se situa na parte superior da edificação até 10 m o excesso de pressão é resultado da diferença de altura do reservatório em relação à pressão do abastecimento conforme ilustra a Figura 1A e quando o reservatório se situa na parte inferior da edificação para um sistema de bombeamento, o excesso de pressão igual à própria pressão do sistema de abastecimento da cidade conforme ilustra a Figura 1B.

Figura 1 – A) Exemplo de reservatório superior da edificação B) Exemplo de instalação na parte inferior da edificação.



Fonte: Elaborada pelo autor.

O primeiro caso ocorre normalmente em edificações térreas e assobradadas, e o segundo caso ocorre em edificações com mais de três andares. Nessas ocasiões, é indicado o uso de uma válvula redutora de pressão para dissipar a energia de pressão acumulada e não causar danos ao reservatório e tubulações.

Quando a pressão hidráulica para águas frias ultrapassa valores estimados pela norma NBR 12218, é necessária a redução da pressão por válvulas redutoras de pressão (VRP). O limite máximo apresentado pela norma na pressão estática é de 500 kPa, enquanto a pressão dinâmica tem o limite mínimo de 100 kPa. Para otimização do funcionamento em função do desperdício, é indicado o uso mínimo da pressão necessária (JUNIOR, 2000).

Desta forma, frente à necessidade da redução de pressão dinâmica e a economia de energia elétrica, o trabalho propõe-se a desenvolver e avaliar um microgerador que atua em substituição às válvulas redutoras de pressão nestas edificações e para o uso racional de fontes já existentes.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho consistiu na execução de quatro etapas, sendo elas a projetual, planejamento de montagem, desenvolvimento experimental e coleta de dados de rendimento e funcionamento da turbina e, para a redução de custos na fabricação da turbina, o protótipo foi realizado em materiais alternativos.

Devido a perspectiva de aplicação residencial, a pressão adotada para seu dimensionamento foi considerada no intervalo exigido para água do abastecimento público a qual excede na entrada do sistema para residências e é desperdiçada desta forma a vazão da tubulação das edificações normalmente opera entre $1,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ a $30,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, para tubulações de 15 a 50 mm de diâmetro, o que é o caso de uma residência simples e um prédio de até 20 andares (ROGORSKI, 2017).

2.1 DIMENSIONAMENTO DO MICROGERADOR

O microgerador foi dimensionado segundo o proposto por Ossberger (CHAPALAZ, 1992; SMITH, 2001; OSSBERGER, 1998) uma vez que este atende ao nível mais baixo de pressão e de vazão, chegando à 253,13KPa, e $0,025 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ de vazão, a avaliação do modelo de turbina foi feito tendo em conta os parâmetros de altura de coluna d'água x potência gerada x vazão avaliados a partir do diagrama de Ossberger demonstrado na Figura 2 onde a potência hidráulica pode ser obtida a partir da Equação (01).

$$P = Q \cdot H \cdot \eta_t \cdot \eta_g \cdot g \quad (01)$$

onde:

P = potência elétrica gerada / kW

H = pressão hidrostática / Pa;

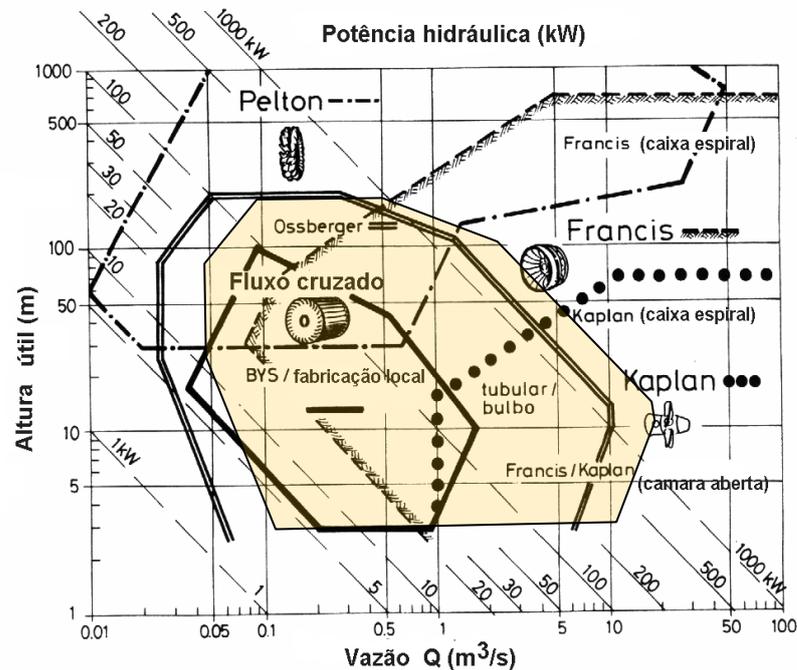
Q = vazão do sistema hidráulico $/(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$;

η_t = rendimento total da turbina;

η_g = rendimento total do gerador;

g = constante gravitacional / $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Figura 2 - Diagrama dos campos das turbinas hidrelétricas mediante vazão, altura de coluna d'água e potência hidráulica produzida.



Fonte: Adaptado de (CHAPALAZ,1992).

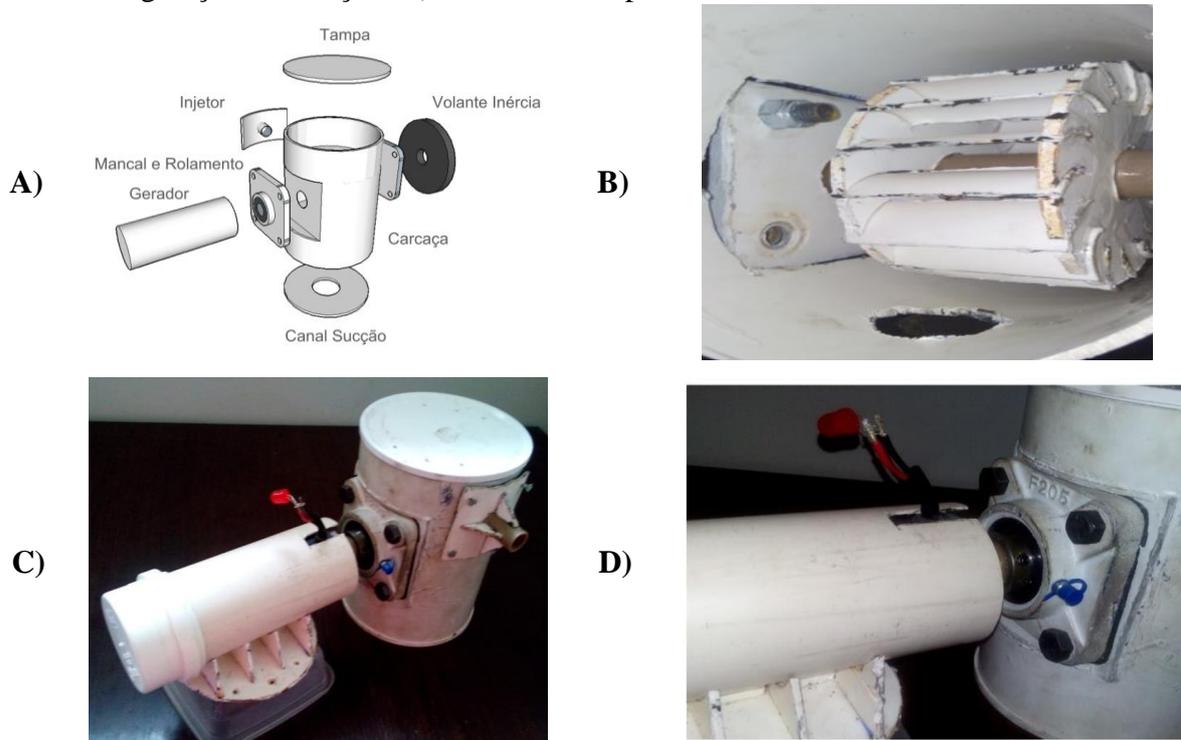
2.2 DETALHAMENTO DO PROJETO

Para o projeto do rotor de 20 pás, foram feitas com projeções dos ângulos e medidas ideais segundo proposto por Junior (2000), Salamanca (1986) e Mockmore (1949). Desta forma as pás foram confeccionadas a partir de tubulações PVC já existentes, com 3,20 cm de diâmetro e abertura de 73° possuíam comprimento de 6,00 cm.

O acoplamento do rotor ao gerador foi projetado com um eixo passante de PVC. A carcaça do microgerador foi feita a partir de tubo PVC de 150 mm. A Carcaça foi selada por dois discos com cortes para as pás, de 10,00 cm de diâmetro, um de cada lado, com um furo para um eixo passante em cada disco.

Os componentes eletrônicos usados no protótipo final foram diferentes do protótipo de testes, pois esses componentes eram responsáveis por um grande custo do produto final, e o estudo de um outro meio gerador de energia elétrica iria viabilizar o produto com um preço mais acessível. A Figura 3 apresenta os principais componentes do sistema montado.

Figura 3 – A) Projeto do protótipo final explodido, B) Rotor de PVC, C) Acoplamento do sistema de geração à carcaça e D) detalhe do acoplamento ao eixo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A montagem do protótipo que consumiu um total de R\$ 728,00, dos quais R\$ 300 estão relacionados à caixa d'água necessária para simular o reservatório contínuo de água. Sendo assim o custo total dos itens referentes ao microgerador é de aproximadamente R\$ 428,00 dos quais o componente de maior valor é motor utilizado para geração elétrica.

Neste trabalho foi adotado um sistema de motor elétrico Scooter Modelo MOT-24120B de 120 W, originalmente projetado para patinete elétrico, que serve como gerador de energia elétrica.

O sistema de 24V DC, 6,5A com pico de rendimento entre 3500 e 4000 rpm é equipado com quatro escovas permanentes de eletroímãs.

A descrição dos itens utilizados no protótipo bem como o custo unitário dos itens é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Custo dos materiais - protótipo final

QTD	Material	Valor unitário/R\$	Total/ R\$
0,2 m	Cano de esgoto 150 mm - PVC	30,00	6,00
1,35 m	Cano marrom 32 mm - PVC	15,00	20,25

0,25 m	Cano marrom 25 mm - PVC	11,00	2,75
01	Redutor - 50 mm para 32 mm	5,00	5,00
0,1 m	Cano marrom 50 mm - PVC	10,00	10,00
01	Placa PVC espessura 4 mm - 50 cm x 50 cm	30,00	30,00
02	Rolamento $\phi_e = 50$ mm e $\phi_i = 25$ mm	12,00	24,00
0,1 m	Folha de cortiça emborrachada - 1 x 1 m	10,00	1,00
02	mancal para rolamento $\phi = 50$ mm	10,00	20,00
01	Pasta de Silicone	5,00	5,00
01	Cola de PVC	4,00	4,00
-	Conjunto de peças usinadas	30,00	30,00
01	Válvula solenoide	100,00	100,00
01	Caixa d'água de 1000 L	300,00	300,00
01	<i>Timer</i> (controlador)	50,00	50,00
01	Gerador eólico	120,00	120,00
Custo total do sistema			R\$ 728,00
Custo do Microgerador			R\$ 428,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3. TESTES HIDRÁULICOS E ELÉTRICOS

Os ensaios hidráulicos de avaliação de rendimento foram feitos de três formas distintas, nas quais foram mensuradas as rotações em rpm, por meio de um tacômetro, Minipa, modelo MDT-2238A no período de tempo de 2 horas por dia em 5 dias:

- A primeira série de ensaios foi feito acoplando o sistema a um reservatório de água situado à 4 m de altura onde foi estudado o sistema sobre vazão de $2 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.
- A segunda série de ensaios foi feita sobre o regime de pressão de o abastecimento de água da rua ~ 100 kPa, pressão mínima para um abastecimento de um edifício de até 03 andares – 9,0 m com vazão de $12 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (JÚNIOR, 2000).
- A terceira série o sistema hidráulico foi mantido com pressão máxima de 274 kPa.

3 RESULTADOS

3.1 TESTES HIDRÁULICOS E ELÉTRICOS

Os ensaios de rotação do sistema demonstraram que para a efetiva operação do gerador sobre a condição de menor pressão à 405,3 kPa faz necessária que a vazão seja mantida à pelo menos 3,0 L.s⁻¹. Entretanto, para os valores superiores de pressões de 1013 kPa torna-se viável a sua aplicação a partir de 2,0 L.s⁻¹ valor este igualmente observado para pressões de 2837 kPa e que são mais próximos dos usualmente encontrados em edificações de múltiplos apartamentos como aos que se destina este trabalho.

Este fator é importante devido ao fato de que a eficiência máxima do gerador depende da velocidade de rotação do motor elétrico utilizado para converter a energia cinética em elétrica. Este por sua vez, trabalha em máximo de rendimento entre 3000 e 4000 rpm. A Figura 4A apresenta os resultados das análises de rotação por vazão de água em diferentes regimes de pressões hidráulicas com destaque a região de vazões indicadas para o melhor trabalho do gerador.

A Figura 4B apresenta os resultados do rendimento máximo do gerador nas condições necessárias para se obter a produção de 100% de potência nominal, ou seja, 120W, nesta figura é possível notar que o gerador exige vazão de pelo menos 2,0 L.s⁻¹ para atingir 45,6 W (38%) do rendimento máximo sobre a pressão de 1013 kPa e 69,7 W (57,5%) para a pressão de 2837 kPa.

Destaca-se que a vazão de 2,0 L.s⁻¹ corresponde ao consumo médio de água diário de cerca de 1000 habitantes de baixa renda ou de 540 de média e alta renda no país segundo Borsoi (1997). Para a viabilidade de instalação em escala residencial, leva-se em consideração o consumo de água diário de 160 a 320 L per capita e, uma vez que, o projeto objetiva a produção de energia em sua condição mais desfavorável (baixa renda), este parâmetro tomou-se a base do estudo e os valores atribuídos a esta classe social onde o consumo de eletricidade per capita é de cerca de 167 kW.h⁻¹. mês⁻¹ passou a ser usado como o valor da meta do gerador (EPE,2016; IRFFI,2017).

Na Figura 4B são apresentados os resultados referentes aos valores reais de potência medidos par ao microgerador sobre as três condições de pressões de colunas d'água e vazões de 2,0 e 4,0 L.s⁻¹. Nele é possível observar a Potência gerada pelo microgerador é muito baixa para 4as pressões de 405,3 kPa, sendo eu um máximo de ~6,0 W para a 4,0 L.s⁻¹, valor este 1/20 da potência nominal.

Entretanto para as pressões de 1013 kPa observou-se a produção e 7,45 W para 2,0 L.s⁻¹ e 22.75 W para a vazão de 2,0 L.s⁻¹, os maiores valores, no entanto forma obtidos pelo gerador em vazões superiores de 4,0 L.s⁻¹sobre pressão de 2837 kPa cujo valor chegou mais

próximo do nominal do gerador em 109 W e 29,9 W para a vazão de 2,0 Ls⁻¹ sobre a mesma condição de pressão.

Os valores indicam que a condição ideal de operação do sistema à 6000 rpm e sobre um regime de vazão de 4,0 L.s⁻¹. Porém esta vazão é superdimensionada para um condomínio residencial sendo os valores obtidos para vazões de 2,0 Ls⁻¹ a mais próxima da realidade de tais condomínios.

Para a análise do rendimento do gerador apresentado na Figura 4C, considerou-se a razão entre o valor da potência produzida pelo gerador calculada a partir da Equação (01) obtida em cada uma das condições de pressão de coluna d'água em função e vazão pela potência nominal do gerador sendo esta, igual à 120 W. O seu valor é dado em % e a expressão que o exemplifica é apresentado na Equação 02:

$$\eta' = \frac{P_g}{P} \times 100 \quad (02)$$

onde

η' = rendimento do microgerador - %

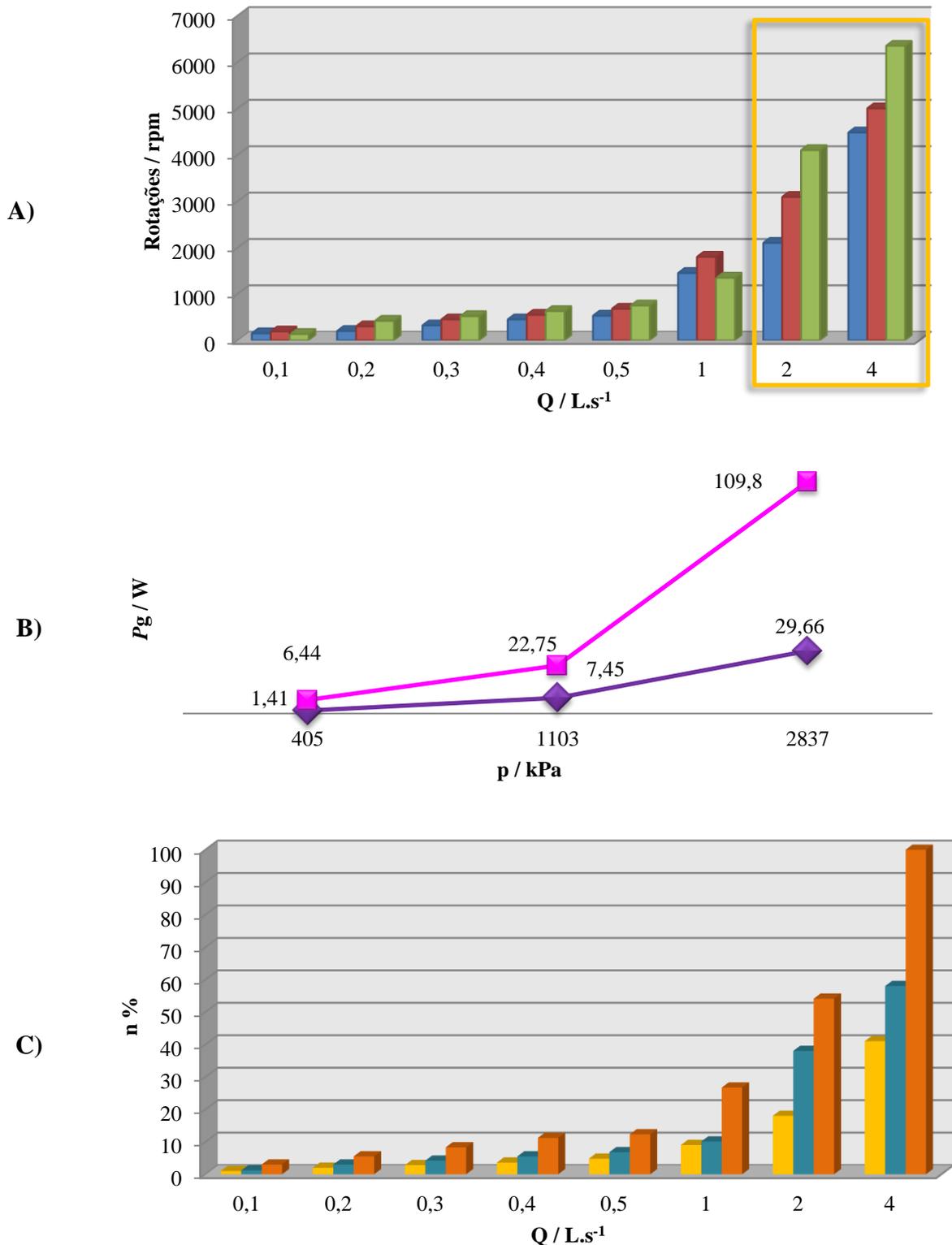
P_g = Potência gerada pelo protótipo - Watt

P = Potência nominal do gerador - 120 Watt

A partir do rendimento do microgerador definiu-se as condições de uso e o tempo de recuperação do investimento para cada situação de vazão e pressão de coluna, computou-se os resultados do valor do kWh e com base em valores de R\$ 0,50, equivalente à média para bandeira amarela R\$ 0,48 e da bandeira vermelha de R\$ 0,51 (ANEEL, 2015) foi proposto um indicador para medir o tempo de retorno do investimento, considerando-se a economia diária advinda da energia, produzida pelo microgerador.

Cabe ressaltar que neste computo não estão considerados o custo de instalação do microgerador, porém ressalta-se que as adaptações nas tubulações necessárias são mínimas e que numa uma edificação normal exclui a necessidade do redutor de pressão a partir de 2533 kPa ou aproximadamente 25 m de coluna d'água.

Figura 4A – Apresenta em, **A)** Resultado das análises de rotação (rpm) por vazão em $L.s^{-1}$, sobre os regimes de pressões hidráulicas de (■) 405,3 kPa, (■) 1013 kPa e (■) 2837 kPa, **B)** os valores de potência real produzidas pelo microgerador em condições de pressão 405,3kPa, 1013 kPa e 2837 kPa, para vazões de (◆) 2 $L.s^{-1}$ e (◆) 4,0 $L.s^{-1}$ e **C)** Eficiência energética do gerador sobre as condições de vazão e pressões hidráulicas de (■) 405,3 kPa, (■) 1013 kPa e (■) 2837 kPa.



Fonte: Elaborado pelo autor

Para o cálculo do retorno foram atribuídos os seguintes critérios, a partir do máximo de potência gerada pelo microgerador (P_g / W) em relação a vazão e pressão (p), calculou-se a potência mensal economizada pela geração ($P_e / \text{kW.h}^{-1}$) tal como apresenta a Equação (03)

$$P_e = P_g x t \quad (03)$$

onde

P_e = Potência mensal economizada – $\text{kW.h}^{-1} \cdot \text{mês}^{-1}$

P_g = Potência gerada pelo protótipo - Watt

t = tempo – h

Desta forma foi determinada a economia média de um microgerador referente ao valor da taxa média de R\$ 0,5 por kW.h^{-1} segundo ANEEL (2015) tal como apresenta a Equação (04).

$$E_m = P_e x T_L \quad (04)$$

onde

E_m = economia média – R\$

P_e = Potência mensal economizada – $\text{kW.h}^{-1} \cdot \text{mês}^{-1}$

T_L = Valor da tarifa média por kW.h^{-1} consumido – R\$

Desta forma chega-se à Equação (05) que apresenta a expectativa temporal de retorno financeiro do microgerador em relação ao seu custo, nesta equação é considerado o custo do gerador apresentado na Tabela 1, mediante a economia média sobre as condições de vazão e pressão segundo a Equação (04), sendo assim tem-se a Equação (05):

$$R_e = \frac{v_m}{E_m} \quad (05)$$

Onde

R_e = Expectativa de retorno de investimento – meses

v_m = Valor total do microgerador – R\$

E_m = economia média – R\$

Na Tabela 2 são apresentados os resultados sumarizados dos índices determinados para o estudo onde são consideradas apenas as vazões de 2,0 e 4,0 L.s^{-1} em função de serem as necessárias para a melhor operação do microgerador, a Tabela apresenta os valores de pressão e rendimentos para cada caso além da potência gerada e economia mensal. Desta

forma foi possível estimar a partir da Equação (05) a expectativa de retorno financeiro que como demonstra, seria de ~10,7 meses para as condições de maiores pressões e vazões. Porém, para um panorama mais realista o sistema operaria na condição de vazão à 2,0 L.s⁻¹ sobre a pressão de 2837 kPa obtendo um período de retorno sobre o investimento de ~39,7 meses.

Tabela 2- Resultados dos parâmetros de vazão, pressão de coluna de água, rendimento do microgerador, potência gerada e economizada por economia mensal e expectativa de retorno do investimento no microgerador.

$Q / \text{L.s}^{-1}$	p / kPa	$\eta / \%$	P_g / W	$P_e / \text{kW.h}^{-1}$	$E_m / \text{R\$}$	$R_e / \text{mês}$
2,0	405,3	18	1,41	1015,2	0,51	835,3
4,0	405,3	41	6,44	4636,8	2,32	182,9
2,0	1013,3	38	7,45	5364	2,68	158,1
4,0	1013,3	58	22,75	16380,0	8,19	51,8
2,0	2837,0	54	29,66	21355,2	10,68	39,7
4,0	2837,0	90	109,8	79056,0	39,53	10,7

Fonte: Elaborada pelo autor

4 DISCUSSÕES

Conforme demonstra a Tabela 2 os resultados indicam que apesar de trabalhar sobre as condições de pressão à 405,3 kPa em baixa vazão, o sistema opera em melhor condição sobre condições de 2837 kPa ou aproximadamente 28m de coluna d'água 4 pavimentos, ou com produção de 1,38 m³. dia⁻¹.

Reforça-se que geradores conectados em série pela tubulação, podem ser constituídos de sistemas dispostos às mesmas distâncias entre 10 ou 28 metros, ou combinações mistas quando a infraestrutura exigir, desta forma, os sistemas aumentam a eficiência de geração reduzindo a pressão interna nas tubulações prediais.

Estas hipóteses teriam seus custos reduzidos se na concepção do projeto esta alternativa já fosse considerada de modo que não haveria gasto adicional de conversão e adaptação como previsto para edificações que possam ser convertidas com a instalação de um microgerador.

A eficiência do gerador utilizado neste estudo apresentou um nível de perda muito elevado e que pode ser melhorado em função da usinagem mais precisa dos componentes. A perda por vibração e ruído, além de efeitos de cavitação nas pás do sistema foram observadas

e merecem um cuidado maior para projetos com materiais mais adequados que o PVC e redução no projeto base de peças móveis.

Sobre o custo do sistema reforça-se que a usinagem em massa de componentes mecânicos e peças adicionais pode reduzir os seus custos, uma vez que foi demonstrada a viabilidade técnica do projeto, iniciou-se um projeto cuja fabricação dos componentes mecânicos é feita por meio de uma impressora 3D, resolvendo os problemas hidrodinâmicos observados. O processo de fabricação controlado por computador permite adaptar o eixo de rotação para diferentes acoplamentos e formas dependente apenas da resolução disponível para impressão.

5 CONCLUSÕES

A utilização do microgerador como válvula redutora de pressão apresentou resultados satisfatórios, obtendo melhor rendimento de produção energética sobre pressões da ordem de 1013 e 2837 kPa sob condições de vazão superiores aos normalmente encontrados nas edificações para as quais a proposta se enquadra. Porém, o sistema apresenta capacidade operativa na margem de $2,0 \text{ L.s}^{-1}$ indicando a sua aplicação em edificações com elevada vazão de abastecimento elevação superior à dez andares podendo ser aplicado em séries de geradores dispostos de modo a aproveitarem ao máximo a capacidade de geração de potência.

O microgerador construído a partir de materiais alternativos foi utilizado para estudos preliminares de possibilita a fabricação a partir de materiais de construção à um custo de aproximadamente R\$ 428 sendo indicado para instalação em tubulações de edificações com pressão hidráulica excedente.

A proposta não busca substituir as fontes habituais de geração de energia existente, nem tão pouco equacionar o problema da sua escassez, mas sim, aproveitar uma forma de geração energética habitualmente desperdiçada.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Fundação de amparo à Pesquisa, USC- Bauru e FAIP- Marília pelas concessões das bolsas de Iniciação Tecnológica do discente Rafael Barbosa Carreira (PIBIT, 2015-2016) e Iniciação Científica do discente Gustavo Rastelli Barbosa (BIC-2017).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORSOI, Zilda Maria Ferrão; TORRES, Solange Domingo Alencar. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, v. 4, n. 8, p. 143-166, 1997.

CHAPALAZ, J.M.; GHALI, J.; EICHENBERGER, P. & FICHER, G. **Manual on pumps used as turbines**. Publication of Deutsches Zentrum fur Entwicklungstechnologien Gate: 1992.

DE OLIVEIRA CARMINATI, João Guilherme; SCALCO, Paulo Roberto. Relações de causalidade entre energia e crescimento econômico no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, v. 19, n. 2, p. 355-374, 2013.

EPE. Anuário estatístico de energia elétrica 2016 – ano Base 2015. Rio de Janeiro: EPE, 2016. Disponível em: <[www.epe.gov.br/Anuario Estatístico de Energia Elétrica](http://www.epe.gov.br/Anuario-Estatistico-de-Energia-Elétrica)> acesso em novembro 2017

IBGE. **Volume diário per capita da água distribuída por rede geral 2000**. Rio de Janeiro: 2000.

IRFFI, Guilherme Diniz et al. Convergência do consumo de energia elétrica residencial per capita entre os estados do Brasil. **Ensaios FEE**, v. 38, n. 2, p. 357-380, 2017.

JÚNIOR, R. C., **Instalações Hidráulicas - O Projeto de Arquitetura**. 1º Edição. São Paulo: Blucher, 2000.

MACERON FILHO, Oswaldo; QUINTAIROS, Paulo César Ribeiro. FONTES DE RECURSOS DO BNDES: UM ESTUDO SOBRE ENERGIA EÓLICA. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 12, n. 5, 2017.

MELLO JUNIOR, Antonio Gonçalves de. **A Turbina de Fluxo (Michell-Banki) como Opção para Centrais Hidráulicas de Pequeno Porte**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2000.

MOCKMORE, C.A. & MERRYFIELD, F. **The Banki water turbine**. BULLETIN OSSBERGER – TURBINENFABRIK. **The concept of water power**. Weißenburg in Bayern, Alemanha: 1998. (Catálogo sobre características da turbina de fluxo cruzado).

REN21, Paris; Secretariat.Renewables. **Global Status Report**. Paris: 2014.

ROGOSKI, Ederson Rafael et al. ESTUDO DE UTILIZAÇÃO DE CISTERNAS EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL NO MUNICÍPIO DE SANTA ROSA/RS. **Salão do Conhecimento**, v. 3, n. 3, 2017.

SALAMANCA, T.L. & GARCIA, J.S. **Diseño y construccion de una turbina Michell Banki**. Universidade Santander, Bucaramanga, Colombia: 1986.

SMITH, N., **Motors as Generator for MicroHydro Power**. London UK: 2001.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Perspectivas e planejamento do setor energético no

Brasil. **Estudos avançados**, v. 26, n. 74, p. 247-260, 2012.