



PRÊMIO
JOVEM
CIENTISTA

ÁGUA
DESAFIOS DA SOCIEDADE

{ LIVRO DE
PESQUISAS }

PRÊMIO
JOVEM
CIENTISTA

ÁGUA
DESAFIOS DA SOCIEDADE

{ LIVRO DE
PESQUISAS }



Ministério da
Ciência, Tecnologia
e Inovação

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Presidente

Glaucius Oliva

Diretores

Guilherme Sales Soares de Azevedo Melo

Liane Hentschke

Ernesto Costa de Paula

Raquel de Andrade Lima Coelho (interina)

Serviço de Prêmios

Rita de Cássia da Silva

Gerdau

Diretor-Presidente (CEO)

André B. Gerdau Johannpeter

Presidente do Instituto Gerdau

Klaus Gerdau Johannpeter

Vice-Presidente do Instituto Gerdau

Beatriz Gerdau Johannpeter

Diretor do Instituto Gerdau

José Paulo Soares Martins

GE

Presidente e CEO da GE América Latina

Reinaldo Garcia

Líder do Centro de Pesquisas Global da GE no Brasil

Kenneth Herd

Diretor de Marketing da GE América Latina

Marcos Leal

Gerente de Relações Públicas da GE Brasil

Ieda Passos

Líder de Marca e Publicidade da GE América Latina

Graziella Ferrari

Fundação Roberto Marinho

Presidente

José Roberto Marinho

Secretário-Geral

Hugo Barreto

Superintendente Executivo

Nelson Savioli

Gerente de Desenvolvimento Institucional

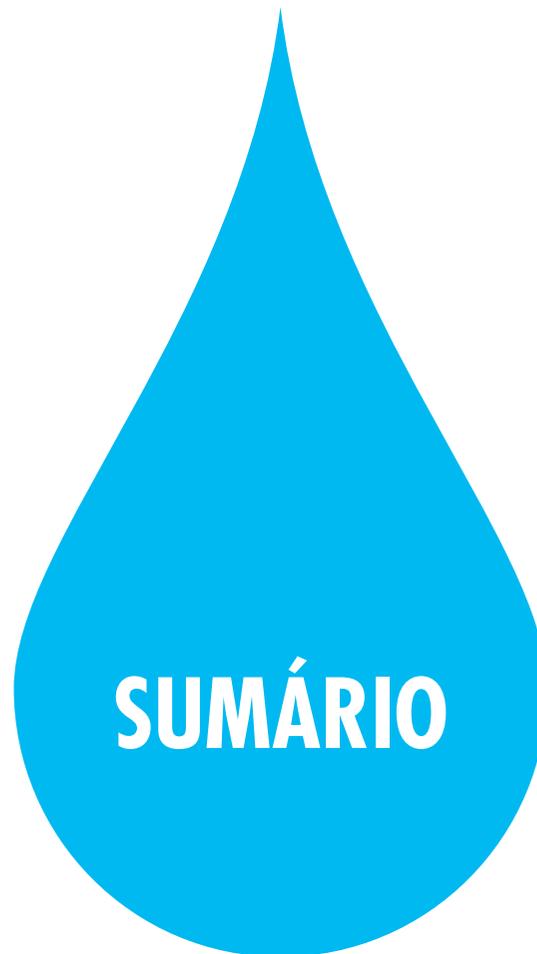
Flávia Constant

Gerente de Meio Ambiente

Andrea Margit

Coordenador de Projetos

Felipe Fernandes



**{ LIVRO DE
PESQUISAS }**

INTRODUÇÃO	~ 4
CATEGORIA MESTRE E DOUTOR	~ 7
CATEGORIA ENSINO SUPERIOR	~ 123
CATEGORIA ENSINO MÉDIO	~ 203
COMISSÕES JULGADORAS	~ 246
PARCEIROS	~ 248



INTRODUÇÃO

Água: um direito humano fundamental e um bem comum

Cotidiana e vital, a água é objeto de pesquisas desde a invenção da Ciência.

E, mesmo assim, ainda há muito a ser pesquisado para garantir sua distribuição universal, em quantidade suficiente para cada ser vivo e com qualidade para assegurar saúde e bem-estar a todos, sem deixar de atender às demandas igualmente importantes de produção de energia, irrigação, dessedentação de animais e produção industrial.

Tal necessidade de renovação e inovação levou a Organização das Nações Unidas (ONU) a se dedicar ao tema mais uma vez e declarar 2013 o Ano Internacional da Cooperação pela Água, com uma programação voltada para a atenção aos problemas básicos e urgentes relacionados aos diversos usos dos recursos hídricos.

No Brasil, o Prêmio Jovem Cientista fez o seu chamado e destacou “Água: Desafios da Sociedade” como o tema de sua XXVII edição, em 2013. A pronta resposta dos jovens pesquisadores levou à marca inédita de 3.226 trabalhos inscritos! Foram apresentados e avaliados 2.541 projetos de estudantes do Ensino Médio; outros 301 de estudantes do Ensino Superior e mais 384 de Mestres e Doutores.

O Prêmio Jovem Cientista agracia os três melhores trabalhos de cada uma das categorias acima, juntamente com os professores que atuam como orientadores dos estudantes e jovens pesquisadores. São ainda premiadas por Mérito Institucional as duas instituições – uma universidade e uma escola de ensino médio – com maior número de inscrições de projetos. E é reconhecido por seu Mérito Científico um pesquisador ou uma pesquisadora com título de doutor, com ampla experiência e capacidade de formação de pesquisadores e relevante produção científica no tema da edição.

O Prêmio Jovem Cientista renova, assim, a cada ano, seus objetivos principais: revelar aptidões, despertar o interesse pela pesquisa científica e reconhecer o valor dos esforços de cientistas em formação, em sua busca por soluções para os problemas de suas comunidades, de suas cidades e do nosso país.

Desde 1981, a iniciativa estimula a transformação de boas ideias em pesquisas capazes de superar os desafios brasileiros, por meio de uma parceria entre o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação Roberto Marinho e empresas dispostas a investir em novos talentos, como a Gerdau, engajada desde 1988, e a GE (2011-2013).

Os prêmios são entregues pela presidente da República, em Brasília, e a cerimônia de premiação reúne autoridades governamentais nas áreas de Ciência e Tecnologia, além de representantes respeitados da Academia. Os vencedores recebem bolsas do CNPq e assim podem dar continuidade às suas pesquisas, em prol do desenvolvimento do Brasil.





**CATEGORIA
MESTRE E DOUTOR**

1º Lugar

GUSTAVO MEIRELLES LIMA

Universidade Federal de Itajubá - Unifei (MG)

Microgeração em sistemas de abastecimento de água

2º Lugar

CLAUDIA CAROLINA SILVA EVANGELISTA

Universidade de São Paulo - USP (SP)

Reduzindo drasticamente nossa dependência de água na agricultura por meio da anidrobiose

3º Lugar

RODRIGO CAUDURO DIAS DE PAIVA

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS (RS)

Hidrologia da Bacia Amazônica: compreensão e previsão com base em modelagem hidrológica-hidrodinâmica e sensoriamento remoto

1º
LUGAR

CATEGORIA
MESTRE E DOUTOR



Gustavo Meirelles Lima, 26 anos

**Universidade Federal de Itajubá (Unifei)
Itajubá - MG**

MICROGERAÇÃO EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

RESUMO

O uso racional de energia ganha cada vez mais importância no cenário mundial, tanto pelo seu valor econômico quanto por seu valor ambiental. Em sistemas de abastecimento de água, os maiores consumidores de energia são as estações elevatórias e, portanto, são as unidades do sistema onde há maior preocupação em realizar estudos de eficiência energética. Porém, muitos sistemas se beneficiam de sua topografia privilegiada, realizando a captação e distribuição de água por gravidade, evitando os gastos com bombeamento. Entretanto, toda a energia potencial disponível é dissipada, seja em válvulas redutoras de pressão ou em reservatórios. Assim, toda a energia disponível que poderia ser aproveitada acaba sendo desperdiçada. Além disso, estes sistemas já possuem componentes básicos de uma central hidrelétrica, como válvulas e conduto forçado, o que facilita a implantação de uma microcentral. Entretanto, para que esta energia possa ser aproveitada de forma adequada, é necessário conhecer o funcionamento do sistema, para que o fornecimento de água não seja prejudicado. Neste trabalho, são realizados estudos em três diferentes sistemas, buscando definir uma metodologia para avaliar o potencial energético em sistemas de abastecimento de água utilizando bombas funcionando como turbina (BFTs). Além disso, foram realizados ensaios laboratoriais para avaliar o desempenho das BFTs nas diferentes condições hidráulicas encontradas.

Palavras-chave: fontes renováveis de energia, eficiência energética, microgeração, bombas funcionando como turbina.

1. INTRODUÇÃO

Devido às questões econômicas e ambientais, o setor energético passou a procurar novas formas de produção de energia. Uma das alternativas encontradas é realizar a produção em pequena escala, próxima ao local de consumo. Este tipo de produção é conhecido por microgeração. Atualmente, com a regulamentação da Aneel através da resolução 482/12, que estabelece as condições gerais de acesso da microgeração à rede e a forma de compensação financeira pela energia gerada, este tipo de empreendimento deverá se tornar cada vez mais comum no Brasil.

A microgeração pode trazer grandes benefícios a diferentes setores da economia. Estes benefícios podem ser maximizados quando a fonte de energia estiver sendo desperdiçada no processo. No caso de sistemas de abastecimento de água, esta perda é resultado do controle de pressão nas tubulações, seja ela através de Válvulas Redutoras de Pressão (VRPs) ou reservatórios.

Os custos da geração de energia nestes casos são reduzidos, pois diversos componentes necessários já existem no local, tais como tubulações e válvulas. Porém, devido à baixa potência disponível nestes locais, o custo dos equipamentos de geração, representados pelo conjunto turbina e gerador, pode inviabilizar o projeto. A alternativa encontrada para reduzir o investimento é utilizar uma Bomba Funcionando como Turbina (BFT) e o Motor de Indução como Gerador (MIG).

Com o objetivo de definir uma metodologia para a avaliação do potencial energético em sistemas de abastecimento de água, foram realizados estudos em três diferentes sistemas. Em todos os casos, foi considerada a utilização de bombas funcionando como turbina, com o objetivo de melhorar a viabilidade econômica da implantação de uma microcentral. O primeiro caso apresenta o potencial de uma adutora de água bruta por gravidade. O segundo mostra o estudo da substituição de VRPs por BFTs, tanto para controle de pressão na rede quanto para geração de energia. Por fim, é apresentado o estudo em uma adutora de água tratada por gravidade que abastece um reservatório de distribuição. Em cada um dos casos, é definida uma metodologia de estudo diferente, considerando as particularidades de cada um dos sistemas, de forma que o abastecimento de água não seja prejudicado. Também foram realizados testes em laboratório para avaliar o comportamento da BFT nas diferentes condições hidráulicas encontradas nos sistemas estudados, verificando assim a viabilidade técnica das microcentrais.

2. METODOLOGIA

Para definir o potencial energético em sistemas de abastecimento de água, foi elaborado o fluxograma apresentado na Figura 1, considerando a utilização de BFTs. O primeiro passo é definir o local onde deverá ser instalada a microcentral. Apenas locais onde existe adução ou distribuição por gravidade é que podem se beneficiar da implantação de microcentrais, já que a BFT irá introduzir uma perda de carga ao sistema, fato que aumentaria o consumo de energia de uma estação elevatória.

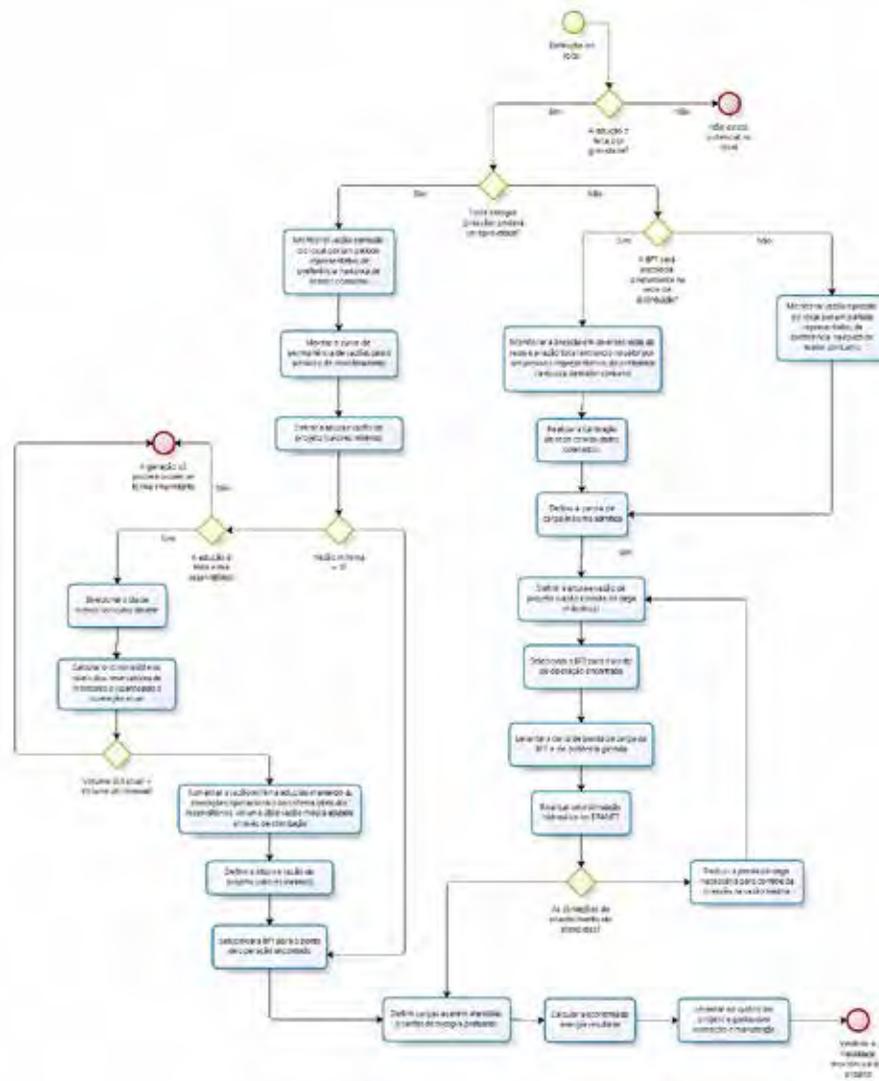


Figura 1. Fluxograma para determinação do potencial energético em sistemas de abastecimento de água.

As adutoras por gravidade podem ser divididas em dois tipos principais: aquelas em que é possível aproveitar toda a energia (pressão) disponível, que é o caso de adutoras entre a captação e a Estação de Tratamento de Água (ETA) e entre reservatórios, e adutoras em que a pressão de saída da BFT ainda deverá ser capaz de atender uma demanda, caso de adutoras da rede de distribuição e dos filtros da ETA.

No primeiro caso, onde toda a energia poderá ser aproveitada, deve ser feito o monitoramento da pressão e vazão do local, de preferência na época de menor consumo. Assim, é possível determinar a vazão e altura de projeto, que serão os valores mínimos encontrados. Desta forma, a geração será contínua, facilitando a operação da BFT. Caso a vazão de projeto seja nula e a adução ocorra entre reservatórios, é possível alterar sua operação para elevar a vazão mínima aduzida. Caso não seja possível, a geração só poderá ocorrer de forma intermitente.

No segundo caso, onde apenas parte da energia disponível poderá ser aproveitada, é necessário definir qual a perda de carga máxima que pode ser introduzida ao sistema. Neste caso, o monitoramento da pressão e vazão do local deverá ser feito no período de maior consumo, quando a pressão disponível é menor, ou seja, quando a perda de carga introduzida deverá ser mínima. Em casos onde a instalação da BFT será feita diretamente na rede de distribuição, a pressão deverá ser coletada em diferentes pontos da rede. Além disso, deve ser feito o levantamento dos diâmetros e comprimentos da tubulação e da topografia do local, para que seja possível realizar a calibração da rede. Desta forma, a BFT será selecionada para a vazão máxima e a perda de carga máxima permitida, definida como sendo a diferença entre a pressão mínima observada no nó crítico (ponto de menor pressão da rede) e o valor mínimo estabelecido por norma.

As curvas de altura e potência da BFT deverão ser levantadas, e uma simulação no software EPANET 2.0 (ROSSMAN, 2000) deverá ser feita para verificar a operação do sistema. Caso as pressões na rede fiquem muito baixas, deverá ser selecionada uma nova BFT com altura menor. Neste caso, a geração irá ocorrer de forma variável, de acordo com o consumo de água do local.

Em todos os casos, deverá ser feito o estudo para verificar a viabilidade econômica do projeto. A seguir, serão descritos os locais onde a metodologia proposta foi aplicada e os levantamentos realizados para a determinação do potencial energético.

2.1. DESCRIÇÃO DO LOCAL

2.1.1. SAAE Cruzeiro – SP

Cruzeiro é uma cidade localizada na região Leste do Estado de São Paulo, próxima à Serra da Mantiqueira, inserida dentro da Bacia do Rio Paraíba do Sul. De acordo com os dados do último censo realizado (IBGE, 2010) a cidade possui uma área de aproximadamente 306 km², com uma população de 77.039 habitantes.



Figura 2. Localização de Cruzeiro (Fonte: Prefeitura Municipal de Cruzeiro, 2012).

O sistema de abastecimento é municipal, composto por três sistemas de captação e tratamento em diferentes locais, como mostra a Figura 3. O estudo foi realizado apenas no sistema 1, responsável por cerca de 60% do abastecimento de água da cidade, com 13.966 ligações.



Figura 3. Localização das captações, ETAs, reservatórios e estações elevatórias do SAAE Cruzeiro (Fonte: Google Earth, 2012).

Neste sistema, a captação é feita no rio Batedor, e é composta por uma barragem de concreto com comporta em sua margem esquerda, alimentando um canal de adução, que se divide em dois, abastecendo uma ETA, utilizada apenas para decantação da água em situações onde há grande concentração de sedimentos, principalmente no período chuvoso, e também uma câmara de carga, de onde saem duas adutoras, uma de 10" e outra de 12", que abastecem a ETA Avelino Júnior. Na chegada da ETA, existe um pequeno reservatório para reduzir a pressão e mantê-la a um nível praticamente constante, em torno de 7 m. Logo em seguida, a água bruta passa pelo processo de filtração e desinfecção. A água tratada é então armazenada em um reservatório, de onde saem 4 adutoras, responsáveis por alimentar alguns bairros próximos e outro reservatório, conhecido como a caixa d'água da cidade, de onde é feito o abastecimento por gravidade. Parte desta água é conduzida à estação elevatória de Itagaçaba, que por sua vez abastece o reservatório Bela Vista. A Figura 4 apresenta um esquema deste sistema e os locais onde será estudada a implantação de duas microcentrais: a primeira logo na chegada das adutoras de água bruta na ETA Avelino Júnior e a segunda na rede de distribuição Vista Alegre, abastecida pelo reservatório Bela Vista.

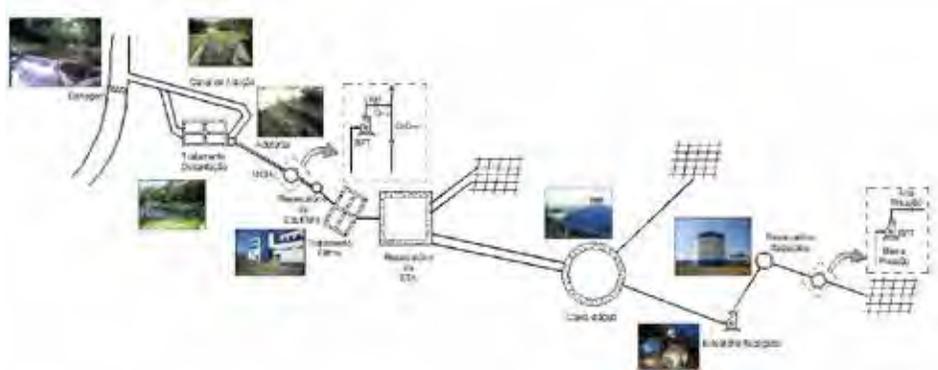


Figura 4. Esquema do sistema de abastecimento de água e localização das MCHs em Cruzeiro.

2.1.2. Águas Guariroba (Campo Grande – MS)

O município de Campo Grande, capital do Estado de Mato Grosso do Sul, está localizado no centro do Estado. Possui uma área de 8.096 km² e 796.252 habitantes (IBGE, 2010). O município não possui grandes rios, pois se encontra sobre o divisor de águas das bacias do Paraná e Paraguai. Entretanto, o Estado é o detentor da maior porcentagem do aquífero Guarani dentro do território brasileiro.



Figura 5. Localização de Campo Grande (Fonte: Prefeitura Municipal de Campo Grande, 2012).

Ao contrário de Cruzeiro, em Campo Grande há uma concessionária, chamada Águas Guariroba, responsável desde 23 de outubro de 2000 pela gestão dos serviços de captação, adução, produção, tratamento e distribuição de água potável, além de realizar a coleta, afastamento, tratamento e disposição final do esgoto.

O sistema de abastecimento de água e coleta de esgoto possui as seguintes características:

- 2 captações de água superficial;
- 2 estações de tratamento de água;
- 119 captações de água subterrânea;
- 96 reservatórios;
- 44 elevatórias de água tratada;
- 3 estações de tratamento de esgoto;
- 26 elevatórias de esgoto;
- 6.240.607 m³/mês de volume disponibilizado de água;
- 22.675 cv de potência instalada (7.050.997 kWh/mês, equivalente a 2,7% da energia distribuída pela Enersul).

Como pode ser observado, este sistema é muito maior e mais complexo do que o descrito para o município de Cruzeiro. Outra diferença observada é a preocupação da concessionária com ações de racionalização do uso de energia elétrica e água,

realizando diversos projetos para otimização do sistema.

Com o objetivo de manter o sistema em constante melhoria, foi estudada a possibilidade da implantação de uma microcentral no sistema Guararoba. Este sistema é composto por uma captação superficial, aduzindo água bruta por gravidade (tubulação sem pressurização) até um reservatório que alimenta três bombas. Esta elevatória abastece a ETA Guararoba. Após passar pelo tratamento, a água é armazenada em quatro grandes reservatórios, que irão abastecer direta ou indiretamente a população. No subsistema conhecido como RG, a água segue para um reservatório menor, por gravidade, de onde será distribuída para a população através de duas adutoras, uma por gravidade e outra através de bombeamento. O estudo para a implantação da microcentral será feito na adutora de água tratada, entre os reservatórios da ETA e RG. A Figura 6 apresenta um esquema do sistema e o local para implantação da microcentral.

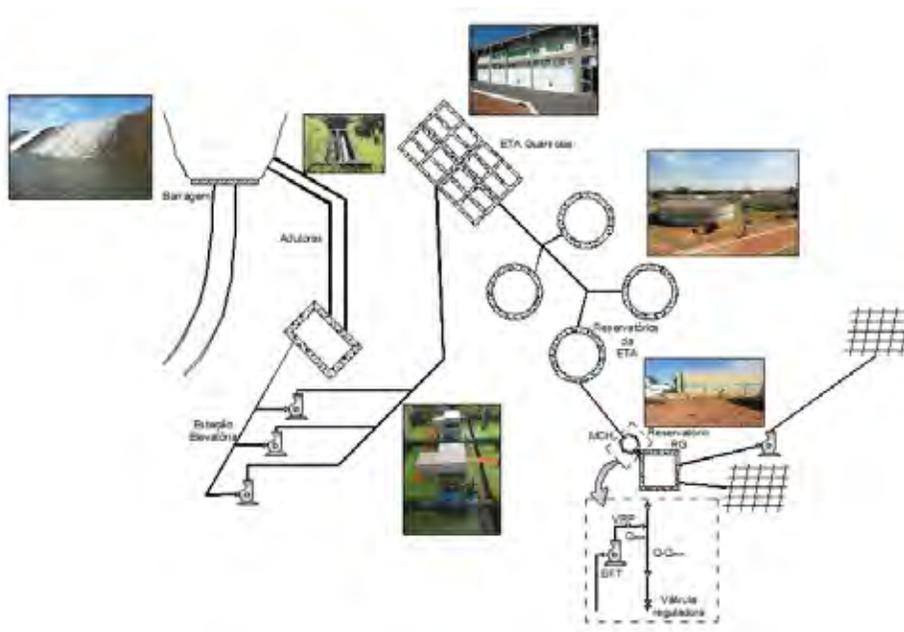


Figura 6. Esquema do sistema de abastecimento de água e localização da MCH em Campo Grande.

2.2. OBTENÇÃO DOS DADOS

Apesar de os estudos de caso apresentarem diferentes características, em todos eles é necessário definir os seguintes parâmetros:

- local mais adequado para instalação da microcentral;
- vazão e altura de projeto;
- carga a ser atendida;
- viabilidade econômica.

A seguir, será descrito como foram obtidos os dados necessários para a realização do estudo.

2.2.1. Vazão

Para os estudos realizados no SAAE Cruzeiro, a medida de vazão foi realizada através de um medidor de vazão ultrassônico da marca Thermo Polysonics (Figura 7). A utilização deste equipamento ocorreu devido à sua facilidade de instalação, que é feita externamente. Este medidor é utilizado na medição de líquidos limpos, e seu princípio de funcionamento se baseia no tempo de trânsito de pulsos de ultrassom emitidos e recebidos pelos dois sensores acoplados na parede externa da tubulação. Os dados coletados foram armazenados em um datalogger da marca Contemp, com taxa de aquisição de 1 minuto, durante uma semana. Para o estudo da microcentral na ETA Avelino Júnior, a instalação foi feita logo após o tanque de estabilização, quando as duas adutoras passam para uma tubulação única de 600 mm. Também foi feita a medição pontual da vazão nas duas adutoras para determinar a contribuição de cada uma na vazão total. No caso da microcentral da rede Vista Alegre, a instalação foi feita logo na saída do reservatório de distribuição, e a coleta de dados durou apenas 24 horas. A vazão em cada um dos nós da rede foi obtida relacionando a vazão total à área de influência de cada nó, considerando que o vazamento possui a mesma proporção em todos os pontos da rede.



Figura 7. Medidor de vazão ultrassom e sistema de aquisição de dados em Cruzeiro.

Para o estudo realizado em Campo Grande, foram coletados os dados de três meses da macromedição realizada pela concessionária através de um medidor eletromagnético, instalado logo na chegada ao reservatório de jusante (Figura 8), com uma taxa de aquisição de 1 minuto.



Figura 8. Medidor de vazão eletromagnético de Campo Grande.

2.2.2. Pressão

As medidas de pressão em Campo Grande foram realizadas através de um datalogger. Ao contrário da medida de vazão, a pressão não faz parte do sistema de macromedição, e, portanto, foi necessária a instalação do datalogger (Figura 9), com horário sincronizado ao sistema de aquisição de vazão, na chegada do reservatório de jusante, local onde deverá ser instalada a BFT. A taxa de aquisição utilizada foi de 1 minuto, porém a medida durou apenas dois dias.



Figura 9. Datalogger utilizado em Campo Grande.

Já no caso de Cruzeiro, onde a microcentral será instalada na rede Vista Alegre, a medida de pressão foi feita em diferentes pontos da rede, também através de dataloggers, para que seja possível realizar a calibração da rede e, posteriormente, determinar as zonas de pressão através do software EPANET 2.0 (ROSSMAN, 2000), definido assim o melhor local para a instalação da BFT. Assim como para a medida de vazão, a aquisição durou 24 horas, também com taxa de aquisição de 1 minuto. A Figura 10 mostra os pontos de medidas de pressão, feitas no cavalete das residências, além da medida do nível do reservatório de distribuição. A diferença entre a cota onde foi feita a coleta dos dados e a rede de distribuição foi considerada para realizar a calibração e simulação da rede.



Figura 10. Localização dos dataloggers na rede Vista Alegre (Fonte: Google Earth).

No caso da microcentral da ETA Avelino Júnior, não foi possível realizar a medida de pressão, pois antes do tanque de equalização, local onde deverá ser instalada a BFT, não há ponto para tomada de pressão, e, além disso, o poço de visita sofre inundações constantes devido à descarga de água no local, o que danificaria o equipamento. Desta forma, optou-se por obter a medida de pressão neste ponto através da diferença da queda bruta e as perdas de carga ao longo das duas adutoras. A queda bruta, bem como o perfil e o comprimento das adutoras, foi obtida através do DGPS (Differential Global Positioning System – Sistema de Posicionamento Global Diferencial) ProMark 3, apresentado na Figura 11. Este sistema consiste na instalação de um receptor GPS em um local fixo, denominado de base, enquanto o segundo receptor, denominado móvel, é instalado nos pontos onde se deseja conhecer as coordenadas. Isto permite a correção diferencial do erro, já que a base

servirá de referência para todos os outros pontos, fornecendo precisão centimétrica. A Figura 12 apresenta os perfis transversal e longitudinal da adutora, e as cotas da tomada d'água na captação e da casa de máquinas na ETA.



Figura 11. Instalação do DGPS de base e móvel.

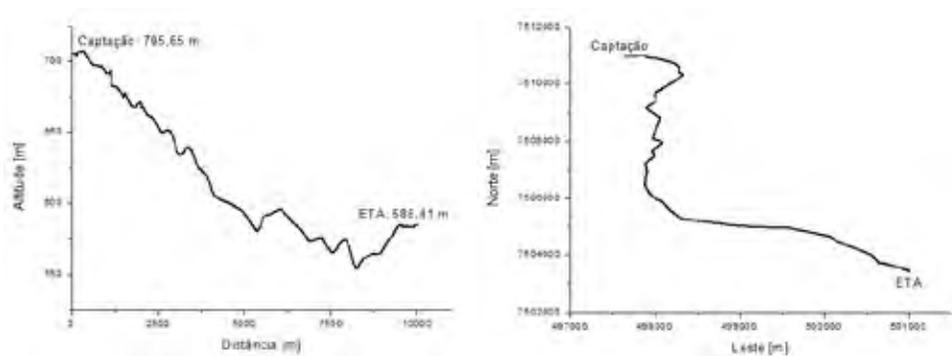


Figura 12. Perfil transversal e longitudinal das adutoras.

Conhecendo o comprimento da tubulação, seu diâmetro e seu material, determinou-se a perda de carga para cada ponto da série de vazões através das Equações 1 e 2 (PORTO, 2006). As perdas de carga localizadas não foram consideradas, pois, segundo Azevedo Netto (1998), quando o comprimento da adutora for superior a 4.000 vezes seu diâmetro, estas são desprezíveis em relação à perda distribuída.

$$CE_{af} = \frac{(CE_{a1} \cdot V_{a1})}{(V_{a1+a2})} + \frac{(CE_{a2} \cdot V_{a2})}{(V_{a1+a2})}$$

onde:

ΔH [m] – perda de carga;

f [1] – fator de atrito da tubulação;

Leq [m] – comprimento equivalente da tubulação;

D [m] – diâmetro da tubulação;

v [m/s] – velocidade do escoamento;

g [m/s²] – aceleração da gravidade.

$$AF = \sum ((C.L) \cdot 0,75)$$

onde:

f [1] – fator de atrito da tubulação;

ϵ [m] – rugosidade absoluta;

D [m] – diâmetro da tubulação;

Rey [1] – número de Reynolds.

2.2.3. Topografia

Para o estudo da microcentral da rede Vista Alegre, foi necessário determinar a cota dos nós da rede de distribuição. Desta forma, foi feito um levantamento topográfico utilizando o DGPS para determinar estes valores em alguns pontos da rede (Figura 13). A cota dos nós restantes foi obtida através da interpolação dos valores, utilizando o software Spring (CAMARA et al., 1996).

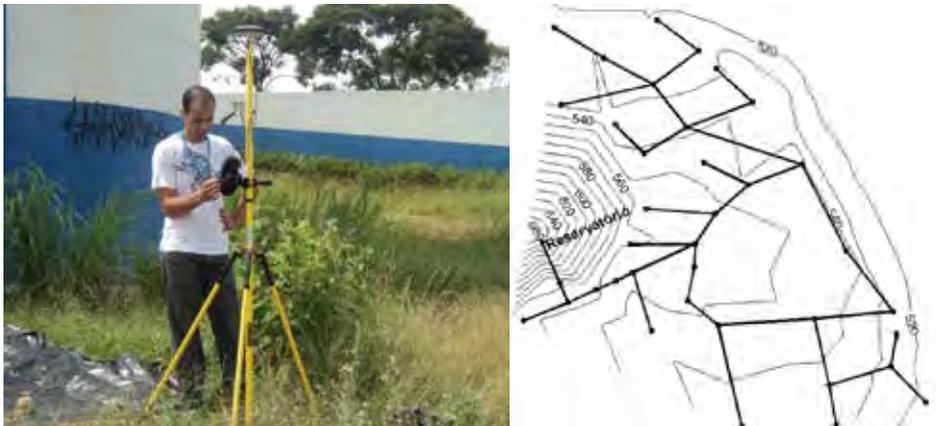


Figura 13. Levantamento topográfico da rede Vista Alegre.

2.2.4. Potência Elétrica

Para avaliar a economia no consumo de energia elétrica, é necessário conhecer o consumo de energia e a demanda dos sistemas. Ressalta-se que, de acordo com a resolução 482/12 da Aneel, a energia gerada por uma microcentral pode ser abatida da conta de energia de um consumidor diferente do produtor, desde que ambos estejam inscritos no mesmo CNPJ. No caso da ETA Avelino Júnior em Cruzeiro, isso é de grande importância, já que a demanda da ETA é muito menor

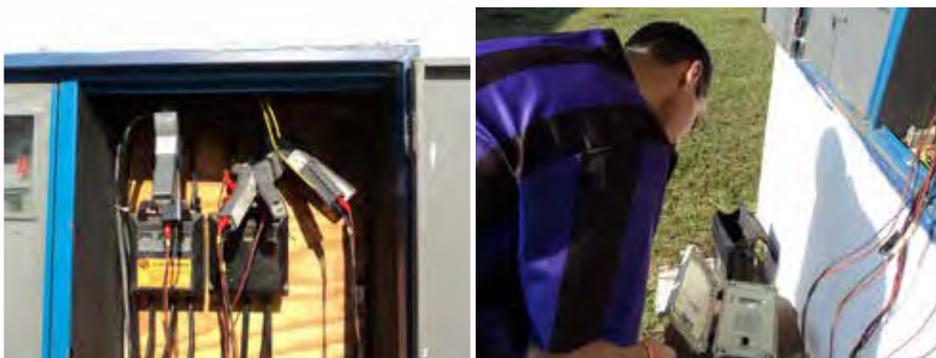


Figura 14. Instalação do medidor de grandezas elétricas para monitoramento da demanda na ETA em Cruzeiro.

que a geração. Neste caso, optou-se por instalar um medidor de grandezas elétricas no quadro de comando (Figura 14), para verificar qual será a energia excedente.

Nos outros dois casos, como a geração não ultrapassa o consumo, apenas o conhecimento das tarifas praticadas é necessário para que seja feita a análise econômica. A Tabela 1 apresenta os valores de tarifa adotados para realizar a análise econômica. No caso da rede Vista Alegre, como a microcentral ficará na rede de distribuição, considerou-se a tarifa de energia do sistema consumidor mais próximo do local, a estação elevatória Itagaçaba.

Tabela 1. Tarifas utilizadas para realizar a análise econômica das microcentrais.

Local	Tarifa [R\$/kWh]
ETA Avelino Júnior	0,32308
Captação Sistema 3 - Cruzeiro	0,14244 (fora de ponta)
	0,22632 (horário de ponta)
Rede Vista Alegre	0,29920
Campo Grande	0,137972 (fora de ponta)
	1,174351 (horário de ponta)

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. SAAE CRUZEIRO

3.1.1. ETA Avelino Júnior

Com o local definido e os dados de pressão e vazão coletados, foi feita a curva de permanência de vazões aduzidas durante o período de monitoramento, realizado entre os dias 22 e 29 de junho de 2011, como mostra a Figura 15. Esta curva apresenta os valores de vazão em função da frequência em que é igualada ou superada.

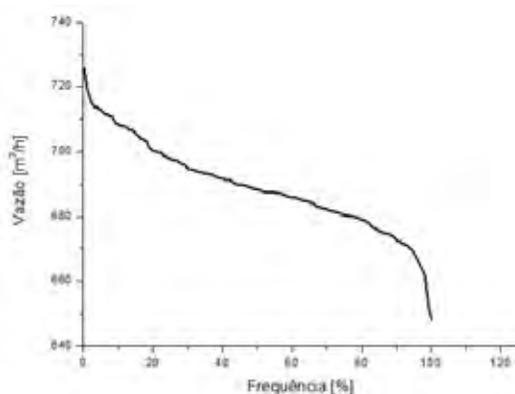


Figura 15. Curva de permanência de vazões aduzidas em Cruzeiro.

Como pode ser observado, não há grande amplitude da vazão aduzida, com uma diferença de apenas 11,26% entre o valor máximo e mínimo, o que faz com que a curva tenha uma queda pouco acentuada. Apesar desta característica, optou-se por utilizar a vazão mínima encontrada para realizar o projeto da microcentral, já que a BFT não possui dispositivo para controle e regulagem de vazão. Assim, propõe-se o uso de um by-pass para que a vazão mínima seja turbinada, enquanto o restante passe normalmente pela tubulação principal. Apesar de esta alternativa regularizar a vazão turbinada, a pressão continuará oscilando. Desta forma, propõe-se também o uso de uma VRP para estabilizar a pressão na entrada da BFT, ou seja, a altura de projeto também será a mínima observada, o que ocorre na máxima vazão. Utilizando-se o método de Chapallaz (1992), foi feita a seleção do grupo gerador, composto pela BFT e MIG (Tabela 2).

Em seguida, deve ser avaliada a viabilidade econômica do projeto. Assim, determinou-se qual a economia de energia proporcionada pela microcentral. A Figura 16 apresenta a demanda média da ETA ao longo de um dia. Percebe-se um aumento na demanda a partir das 18 horas até as 5 horas, devido à carga de iluminação da ETA. Além disso, nota-se que, com apenas uma das BFTs, é possível sustentar toda a demanda da ETA, que durante todo o período de medição atingiu um valor máximo de 14,9 kW.

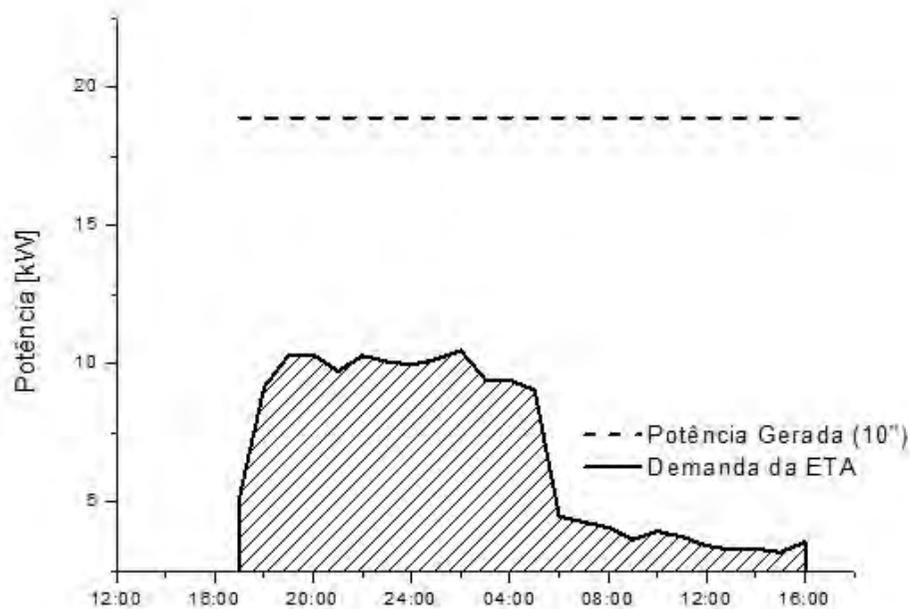


Figura 16. Curva de demanda média da ETA de Cruzeiro.

Entretanto, o SAAE Cruzeiro possui outras instalações que podem se beneficiar com a produção de energia da microcentral da ETA Avelino Júnior. Assim, considerou-se que a energia excedente será utilizada para compensação das contas de energia da captação do sistema 3. Considerando o investimento inicial necessário (obras, quadro de proteção e grupo gerador) e as despesas com operação e manutenção, o projeto apresenta um payback de 1,57 anos (Tabela 2), indicando alta atratividade do investimento. Além disso, o custo do kW instalado está bem abaixo do estimado para PCHs, que é de R\$ 5.000,00 (TIAGO FILHO, 2008). Isto ocorre devido à existência de alguns componentes necessários a uma usina, como câmara de carga e conduto forçado.

Tabela 2. Resultados da microcentral da ETA Avelino Júnior.

	Adutora de 10"	Adutora de 12"
Altura [m]	33	19
Vazão [m³/h]	282	367
Rendimento do grupo gerador [%]	74,5	75,5
Potência elétrica gerada [kW]	19	46
Investimento inicial [R\$]	115.932	
Economia anual [R\$]	97.014	
TIR [%]	73,7	
Payback [anos]	1,57	
Custo específico [R\$/kW]	1.784	

3.1.2. Rede Vista Alegre

Com os dados coletados entre os dias 10 e 11 de fevereiro de 2011 e os resultados da calibração da rede obtidos por Viana et al. (2011), foi feita a simulação hidráulica da rede Vista Alegre. A Figura 17 mostra as zonas de pressão para três diferentes períodos. Percebe-se uma zona ao norte que apresenta alta pressão em todos os três períodos. Assim, identificou-se o trecho 22, indicado na Figura 17, como sendo o mais adequado para a instalação da BFT.

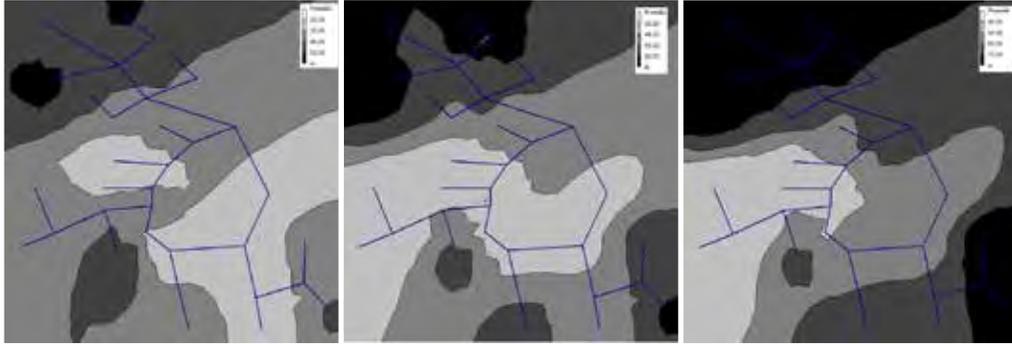


Figura 17. Localização do trecho a ser implantada a BFT e zonas de pressão da rede Vista Alegre sem controle de pressão: a) Mínima; b) Média; c) Máxima.

Observando os resultados da simulação dentro da zona de influência da BFT, identificou-se o nó 26 como o mais crítico, ou seja, onde ocorrem as menores pressões. Desta forma, para o período de vazão máxima, de 13,2 m³/h, observou-se que a pressão deste nó é de 38,9 m, conforme mostra a Figura 18.

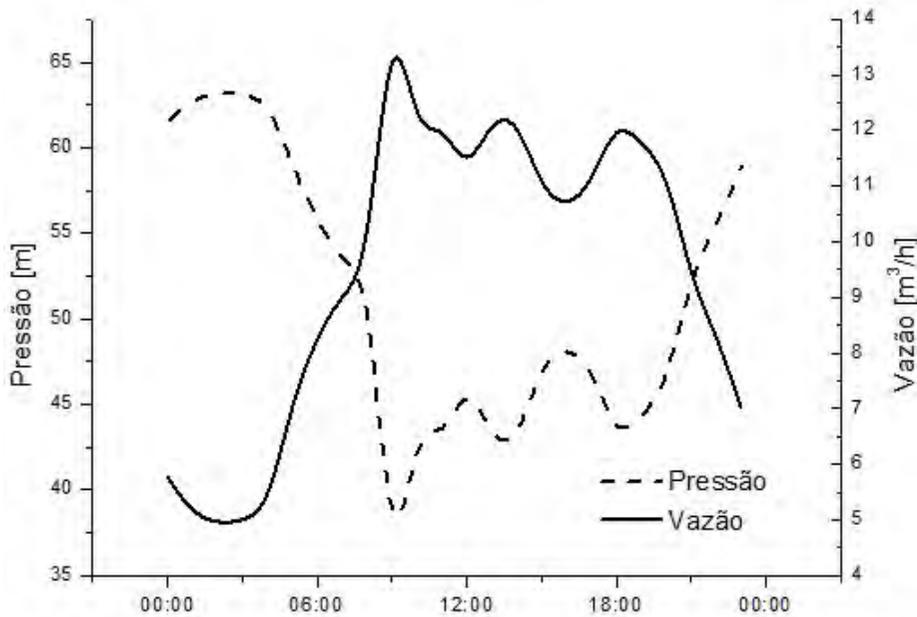


Figura 18. Variação de vazão no setor e pressão no nó crítico.

Assim, admitiu-se que, para a vazão máxima, a perda de carga provocada pela BFT deverá manter 10 m de pressão neste nó, valor mínimo recomendado pela NBR 12218 (ABNT, 1994). Portanto, a altura de projeto da BFT será de 28,9 m.

Utilizando o método de Chapallaz et al. (1992), encontrou-se a curva de altura da BFT selecionada. Para realizar sua simulação no software EPANET 2.0 (ROSSMAN, 2000), utilizou-se uma válvula genérica (GPV), que permite que sua curva de perda de carga seja inserida. As novas zonas de pressão obtidas apresentaram uma grande redução de pressão, como mostra a Figura 19.

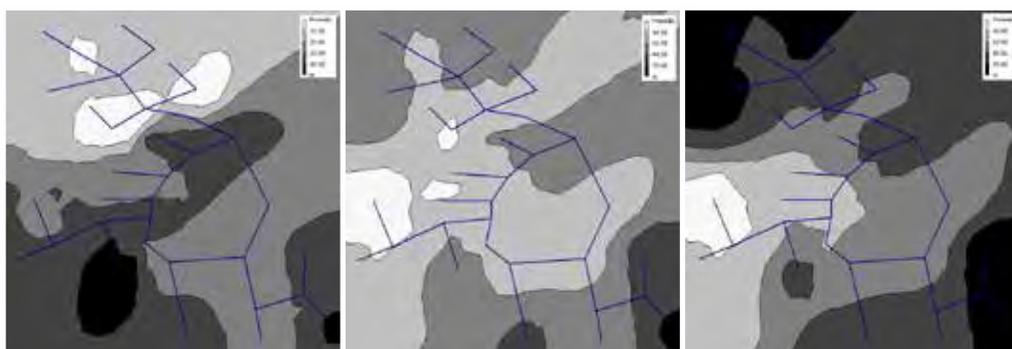


Figura 19. Zonas de pressão da rede Vista Alegre utilizando uma BFT para controle de pressão: a) Mínima; b) Média; c) Máxima.

Comparando-se a pressão ao longo do dia apenas no nó 26 (Figura 20), observa-se que, apesar do controle efetuado, nos períodos de maior pressão a queda não foi tão acentuada. Isto se deve ao fato de a vazão ser muito baixa nestes períodos, e, portanto, a BFT não insere uma perda de carga suficiente para manter uma pressão adequada. O mesmo pode ser observado com a potência elétrica gerada, já que a potência hidráulica é maior com o aumento da vazão. Mesmo assim, a redução de pressão observada em média é de 38,5%, o que representa uma redução diária nos vazamentos de 108,3 m³, enquanto a potência gerada média é de 247,8 W.

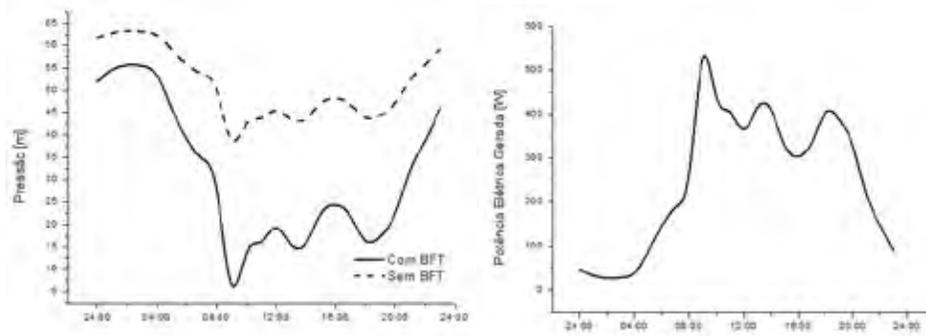


Figura 20. Comparação das pressões no ponto mais crítico da rede e potência elétrica gerada utilizando uma BFT.

Para otimizar a geração e também o controle de pressão, Budris (2011) sugere o uso de múltiplas BFTs em paralelo. Desta forma, optou-se por utilizar dois conjuntos para dois períodos de consumo definidos: o primeiro compreende o horário de maior demanda, entre as 7 e 22h, que terá os mesmos dados de projeto do caso com apenas uma BFT, enquanto o segundo compreende o horário de menor consumo, entre as 23h e 6h, quando a pressão é mais elevada. Neste caso a vazão de projeto será de 8,24 m³/h enquanto a altura será de 45,9 m.

Assim como foi feito anteriormente, a curva de altura da nova BFT foi levantada e, em seguida, realizou-se a simulação da rede para seu período de funcionamento. A Figura 21 apresenta a nova zona de pressão obtida para o período noturno (máxima pressão). Percebe-se que os valores se aproximam mais da média, devido ao melhor controle da pressão.

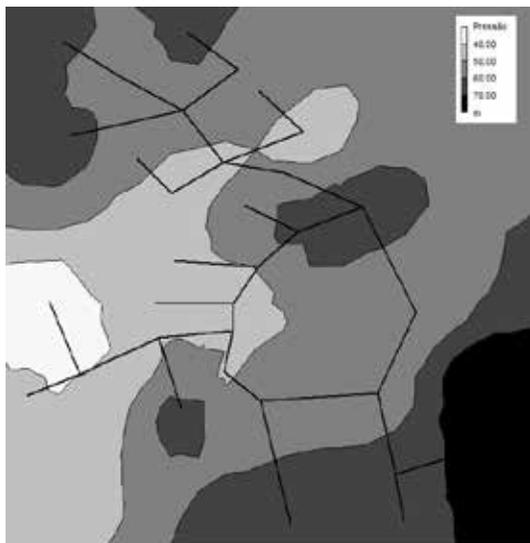


Figura 21. Zonas de pressão da rede Vista Alegre utilizando duas BFTs para controle de pressão no período de pressão máxima.

Ao se comparar os resultados apenas do nó 26 (Figura 22), é possível observar melhor a estabilização da pressão na rede. A potência elétrica gerada também se elevou, já que uma BFT mais adequada foi selecionada para o período de menor consumo. Em média, a redução de pressão foi de 47,3%, reduzindo o volume de vazamentos em 123,8 m³ por dia, enquanto a potência gerada média foi de 290,1 W. O mesmo procedimento poderia ser feito para que uma terceira BFT operasse nos picos de pressão ainda existentes, mas desta forma a operação se tornaria mais complexa. Outra alternativa é o uso de um conversor de frequência para manter a pressão no nó crítico constante e igual ao valor mínimo estabelecido, variando a rotação da BFT conforme a necessidade de uma maior ou menor perda de carga localizada. Entretanto, neste caso, o investimento seria muito elevado, já que a geração ocorreria em rotação variável, o que demanda alta tecnologia.

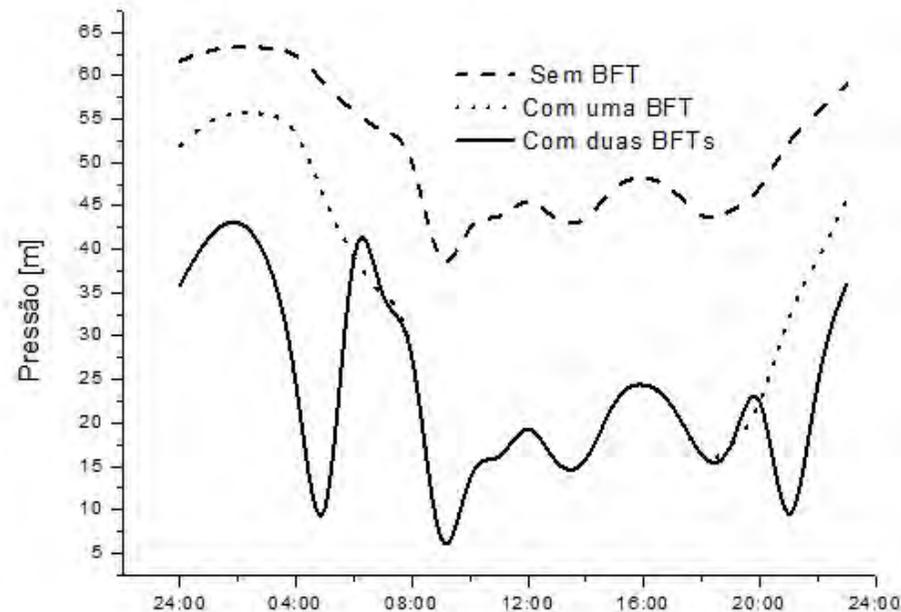


Figura 22. Comparação das pressões no ponto mais crítico da rede.

Apesar da redução do volume de vazamentos, a análise econômica deve considerar apenas o benefício encontrado devido à geração de energia. Isto porque uma VRP exerce a mesma função de controle de pressão, ou seja, a vantagem do uso da BFT se dá exclusivamente devido à produção de energia e ao seu menor preço quando comparada à VRP. A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos. Devido à baixa potência encontrada, nenhum dos dois casos apresentou viabilidade econômica.

Tabela 3. Resultados da microcentral da rede Vista Alegre de Cruzeiro.

Cenário	1 BFT	2 BFTs
Altura [m]	28,9	45,9
Vazão [m ³ /h]	13,2	8,24
Rendimento do grupo gerador [%]	45,3	40,0
Potência elétrica gerada média [W]	248	290
Investimento inicial [R\$]	19.685	31.780
Economia anual - Energia [R\$]	650	760
TIR [%]	—	—
Payback [anos]	—	—
Custo específico [R\$/kW]	79.439	109.548

3.2. CAMPO GRANDE

Assim como para o caso da ETA Avelino Júnior, obteve-se primeiramente a curva de permanência de vazões aduzidas, apresentada na Figura 23. Apesar da maior extensão da série, ela não contempla o período de menor consumo (inverno), fato que pode representar um aumento do potencial realmente disponível.

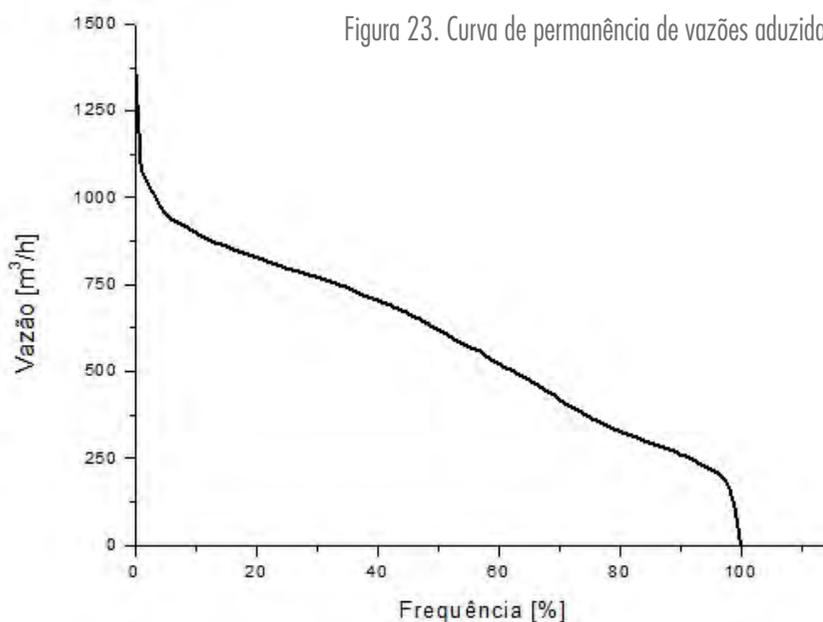


Figura 23. Curva de permanência de vazões aduzidas em Campo Grande.

A curva neste caso tem uma queda um pouco mais acentuada, ou seja, há uma maior variação na vazão aduzida. Isto ocorre pois a adução é controlada de acordo com o nível d'água observado no reservatório RG. Pode-se observar também que a vazão mínima é nula, ou seja, em determinados momentos da operação a adução é interrompida devido ao elevado nível do reservatório. Assim, para que a geração seja possível, as seguintes alternativas podem ser adotadas:

- realizar a geração apenas nos horários com maior demanda de água, enquanto em outros períodos não haverá geração;
- realizar a geração com duas ou mais BFTs em paralelo, permitindo a geração de energia por um período maior;
- redefinir o esquema de adução e controle de nível para elevar a vazão mínima, mantendo as condições operacionais dos reservatórios e adutoras, e assim gerar energia durante todo o dia.

A alternativa a ser escolhida depende da necessidade e das condições de operação do sistema. Para facilitar a operação da microcentral e maximizar os benefícios, optou-se por estudar a viabilidade de alterar a operação de adução.

Para realizar este estudo, selecionou-se o dia de menor consumo da série de vazões (Figura 24). Percebe-se que, durante o horário de ponta, a vazão aduzida não é a máxima, pois a produção de água tratada é interrompida, ou seja, há necessidade de se controlar o nível do reservatório da ETA. Consequentemente o nível do reservatório RG sofreu uma queda, mas se mantém bem acima de seu nível mínimo de 20%. Também é possível observar que, apesar do total aduzido durante o dia ser o mínimo observado, o valor extremo foi de 195 m³/h, superior ao da série.

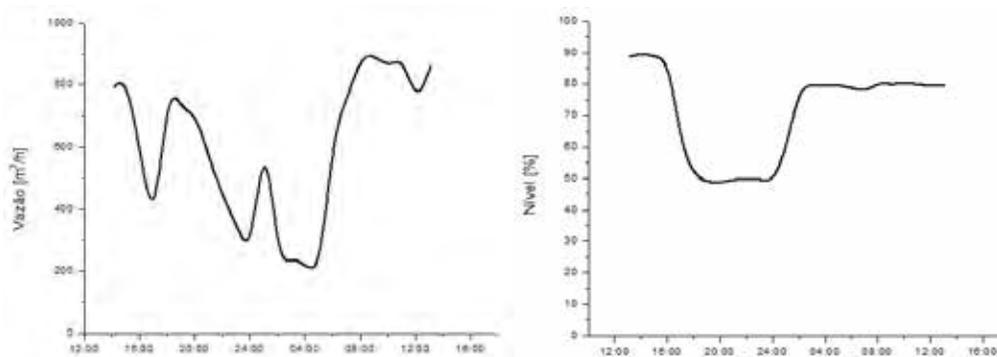


Figura 24. Variações da vazão aduzida e do nível do reservatório RG no dia de menor consumo.

Para avaliar a possibilidade de alterar a operação dos reservatórios, foi feita a análise utilizando o método dos volumes diferenciais (GOMES, 2009). Os novos valores de vazão aduzida para cada intervalo de tempo de 1 hora foram obtidos através de um processo de otimização utilizando programação não linear. Assim, o problema ficará sujeito às seguintes condições:

- maximizar a economia de energia;
- variáveis (vazão aduzida) com valores entre 0 e 1.393 m³/h;
- níveis dos reservatórios da ETA e RG entre 20 e 100%;
- vazão média de entrada igual à vazão média de saída;
- somatória das diferenças positivas e negativas entre as vazões de entrada e saída dos reservatórios deve ser igual e inferior ao volume útil do reservatório.

A Tabela 4 e a Figura 25 apresentam os resultados desta otimização. Ressalta-se que apenas a vazão aduzida ao reservatório RG foi alterada. Caso houvesse necessidade, ainda poderia ser feita a otimização da produção de água na ETA. Esta alternativa também é válida para um cenário onde outros reservatórios que recebam água por gravidade da ETA também venham a ter uma microcentral. Percebe-se que a vazão aduzida se mantém próxima de um valor constante por um período maior, porém o reservatório chega a trabalhar em seu nível mínimo no fim do horário de ponta. Já as condições operacionais do reservatório da ETA pouco mudaram. Desta forma, conseguiu-se aumentar a vazão mínima para 411,7 m³/h.

Tabela 4. Resultados obtidos para a otimização da vazão aduzida ao reservatório RG.

Horário	RG			ETA		
	Q _{entra} [m ³ /h]	Q _{saída} [m ³ /h]	NA [%]	Q _{entra} [m ³ /h]	Q _{saída} [m ³ /h]	NA [%]
14:00	600	783	32,23	5.094	5.135	68,28
15:00	845	840	32,59	5.094	4.872	70,13
16:00	748	592	43,00	5.094	3.627	82,35
17:00	788	745	45,83	2.938	1.634	93,22
18:00	955	962	45,38	0	3.139	67,06
19:00	572	737	34,36	0	2.722	44,38
20:00	529	714	22,00	0	1.862	28,87
21:00	528	558	20,00	4.631	4.904	26,59
22:00	430	430	20,00	5.094	4.671	30,12

23:00	412	347	24,31	5.094	4.605	34,19
00:00	450	253	37,46	5.094	4.233	41,37
01:00	588	522	41,86	5.094	3.927	51,09
02:00	412	216	54,91	5.094	4.110	59,29
03:00	427	247	66,90	5.094	3.747	70,52
04:00	416	214	80,35	5.094	3.669	82,40
05:00	498	203	100,00	5.094	4.013	91,41
06:00	679	679	100,00	5.094	4.433	96,92
07:00	502	774	81,86	3.240	3.294	96,47
08:00	732	857	73,55	3.240	5.279	79,47
09:00	724	919	60,57	3.240	4.109	72,23
10:00	687	844	50,13	3.240	4.130	64,81
11:00	726	908	38,02	3.240	3.769	60,40
12:00	783	736	41,18	3.631	3.208	63,92
13:00	917	868	44,42	4.094	3.529	68,62
Média	623	623	—	3.859	3.859	—

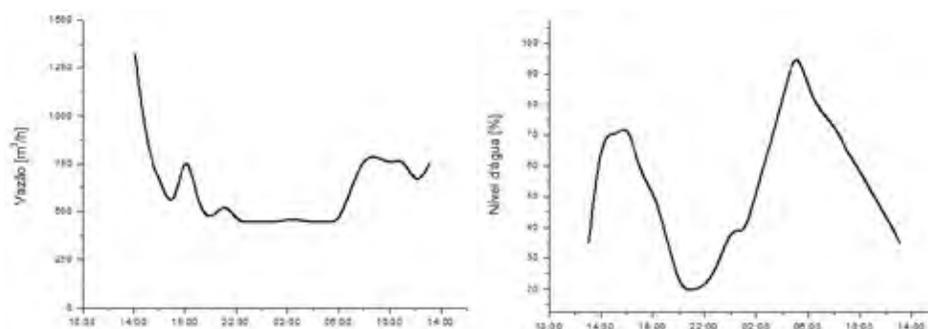


Figura 25. Variações da vazão aduzida e do nível do reservatório RG após a otimização.

Sabendo-se também que a altura mínima, que ocorre quando a vazão é máxima, durante o período de observação foi de 21,75 m, foi feita a seleção da BFT para este ponto de operação. A Tabela 5 apresenta os resultados obtidos. Assim como na ETA Avelino Júnior, o projeto apresentou grande atratividade, e com o custo do kW também inferior ao estimado para uma PCH.

Tabela 5. Resultados da análise econômica de Campo Grande.

Altura [m]	21,8
Vazão [m³/h]	412
Rendimento do grupo gerador [%]	77,6
Potência elétrica gerada [kW]	19
Investimento inicial [R\$]	36.895
Economia anual [R\$]	47.894
TIR [%]	129,8
Payback [anos]	0,93
Custo específico [R\$/kW]	1.919

3.3. ENSAIOS LABORATORIAIS

Com o objetivo de verificar o comportamento de uma BFT em diferentes condições hidráulicas, foram realizados ensaios laboratoriais. Assim, foram montadas três diferentes bancadas para avaliar a operação da BFT nas seguintes condições:

- BFT com tubo de sucção: é o ensaio de referência, onde a bomba irá operar como se fosse realmente uma turbina, utilizando seus resultados para comparação com os outros casos. O controle de vazão é feito à montante da BFT, reduzindo a pressão de entrada;
- BFT com controle de vazão na saída: neste ensaio, são simuladas as condições de operação de um sistema de abastecimento típico, onde o controle de vazão é feito devido ao consumo da população, à jusante da BFT. Neste caso, a pressão de entrada irá aumentar com a redução da vazão e a BFT irá atuar no controle de pressão;
- By-pass com BFT: o objetivo deste ensaio é verificar se a BFT instalada no by-pass de uma adutora, juntamente com uma VRP, irá operar com altura e vazão constantes, independentemente do controle feito na tubulação principal.

A Figura 26 apresenta um esquema das bancadas utilizadas para o ensaio. Uma bomba de maior potência, juntamente com um conversor de frequência, simula a queda da BFT. Resistências são utilizadas para dissipar a energia gerada. Desta forma, controla-se a rotação da BFT, colocando-se mais ou menos carga.

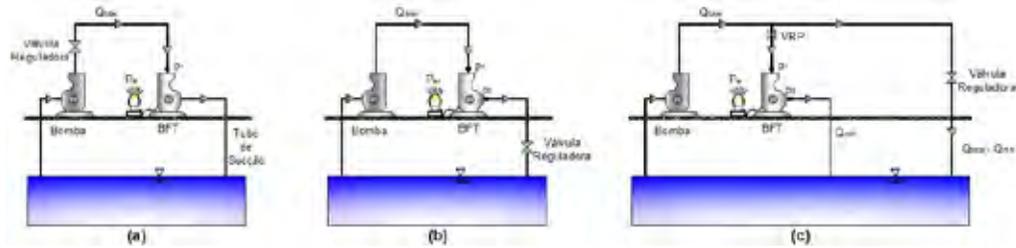


Figura 26. Esquema das bancadas de ensaio: a) BFT com tubo de sucção; b) BFT com controle de vazão à jusante; c) BFT em um by-pass.

A medição de vazão é feita através de medidores ultrassônicos da marca Thermo Polysonics, enquanto as medidas de pressão são feitas através de transdutores de pressão da marca SMAR. A potência elétrica é medida através do medidor de grandezas elétricas Yokogawa CW 140. Também é feita a medida de rotação da BFT através do tacômetro ótico da marca Icel, para evitar que a máquina dispare, mantendo sua velocidade constante. Assim, é possível calcular a altura de queda líquida da BFT, a potência hidráulica fornecida e seu rendimento através das Equações 3 a 6.



Figura 27. Localização das medições feitas durante os ensaios.

$$[\mathbf{y}_{k+1} - H(\mathbf{x}_{k+1}^f)]$$

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2}$$

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot 10^{-3}$$

$$\eta_c = \frac{P_{el}}{P_h}$$

onde:

H [m] – altura de queda líquida da BFT;

$p_1/\rho \cdot g$ [m] – pressão na entrada da turbina;

$p_2/\rho \cdot g$ [m] – pressão na saída da turbina. No caso da BFT com tubo de sucção, considera-se nula;

v_1 [m/s] – velocidade na seção de entrada da BFT;

v_2 [m/s] – velocidade na seção de saída da BFT. No caso da BFT com tubo de sucção, considera-se a seção final do tubo de sucção;

z_1 [m] – cota de posição na entrada da BFT;

z_2 [m] – cota de posição na saída da BFT. No caso da BFT com tubo de sucção, considera-se o nível d'água do canal de fuga;

Q [m³/s] – vazão turbinada;

D [m] – diâmetro da seção considerada (entrada ou saída);

Ph [kW] – potência hidráulica;

ρ [kg/m³] – massa específica da água;

η_c [%] – rendimento do grupo gerador;

Pel [kW] – potência elétrica gerada.

3.3.1. BFT com Tubo de Sucção

O ensaio realizado na BFT utilizando o tubo de sucção apresentou os resultados da Tabela 6 e Figura 28.

Tabela 6. Resultados do ensaio realizado na BFT com tubo de sucção.

Q [m ³ /h]	p1/Q.g [m]	H [m]	Pel [kW]	Ph [kW]	η_{gg} [%]
16,50	31,72	28,05	0,12	1,16	8,23
18,58	31,32	29,27	0,29	1,40	17,86
21,19	35,48	30,21	0,47	1,58	22,26
22,82	37,55	31,04	0,63	1,72	26,38
24,56	39,38	32,21	0,84	1,91	31,18
25,97	40,90	32,87	1,00	2,05	33,78
29,31	44,14	33,82	1,42	2,32	39,41
31,05	47,73	34,77	1,74	2,47	42,28
32,32	49,74	35,31	1,92	2,57	42,91
33,31	52,20	35,85	2,11	2,65	43,72
34,48	55,30	36,30	2,35	2,72	44,44
37,47	57,00	36,98	2,57	2,99	45,94
39,32	59,45	37,47	2,80	3,13	46,04
41,17	61,90	37,91	3,03	3,27	45,62

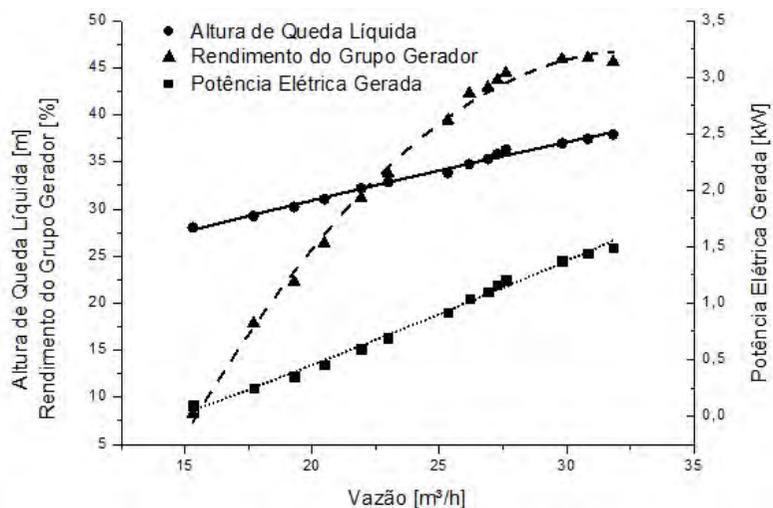


Figura 28. Curvas de altura de queda líquida, rendimento do grupo gerador e potência elétrica gerada para a BFT com tubo de sucção.

3.3.2. BFT com Controle de Vazão à Jusante

A Tabela 7 apresenta os resultados obtidos no ensaio, enquanto a Figura 29 ilustra as curvas características da BFT.

Tabela 7. Resultados do ensaio realizado na BFT com controle de vazão à jusante.

Q [m ³ /h]	p1/q.g [m]	p2/q.g [m]	H [m]	Pel [kW]	Ph [kW]	η_{gg} [%]
36,69	62,99	9,13	38,75	1,84	3,87	47,66
32,09	70,63	26,00	36,36	1,30	3,17	41,05
26,58	75,34	35,94	34,81	0,83	2,52	33,04
25,26	76,44	39,06	34,04	0,71	2,34	30,56
23,56	77,46	41,25	32,80	0,54	2,10	25,76
22,56	78,51	44,06	32,17	0,43	1,97	21,61
21,45	79,42	46,56	30,84	0,29	1,80	15,95

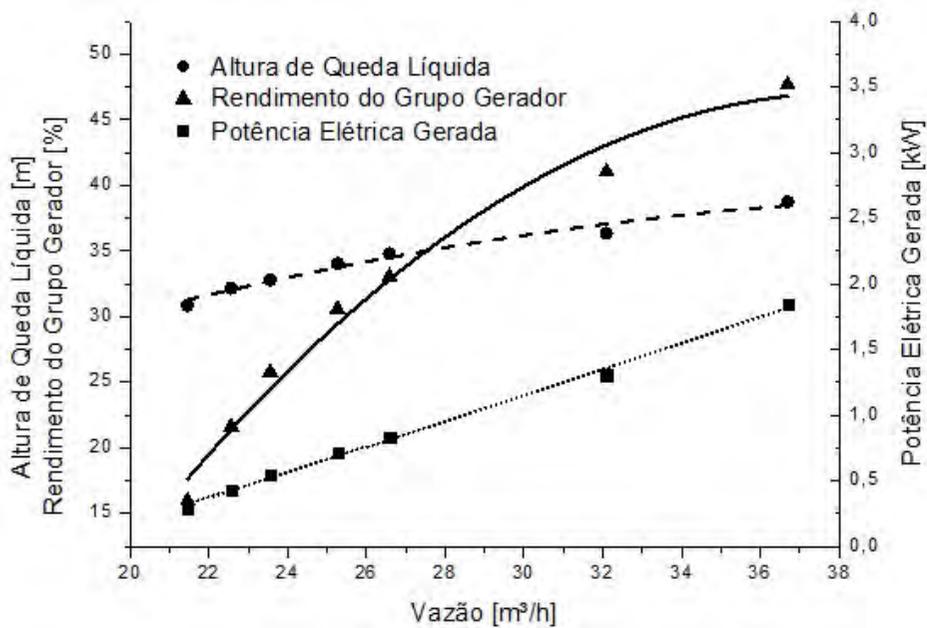


Figura 29. Curvas de altura de queda líquida, rendimento do grupo gerador e potência elétrica gerada para a BFT com controle de vazão à jusante.

Comparando as curvas de altura e de rendimento obtidas com as curvas da operação da BFT com tubo de sucção (Figura 30), percebe-se que há uma diferença significativa da curva de rendimento entre os dois modelos, sendo que a BFT com controle de vazão à jusante sempre opera com um rendimento menor. Isto pode ser explicado pela ausência do tubo de sucção, que permite que o escoamento atinja o nível de jusante de maneira uniforme, além de recuperar parte da energia cinética do fluido que passa pelo rotor. Apesar da queda de rendimento, as duas curvas de altura obtidas se mantiveram próximas, indicando a viabilidade técnica ao se utilizar uma BFT para controle de pressão na rede.

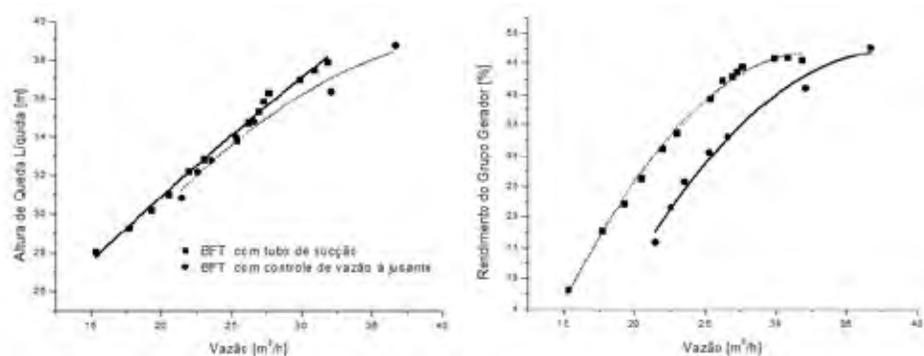


Figura 30. Comparação da altura e rendimento para a operação da BFT com tubo de sucção e com controle de vazão à jusante.

Além desta comparação, também foi avaliada a diferença entre as curvas de altura e rendimento teóricos, obtidas de acordo com o procedimento descrito no item 3.4.1. A Figura 31 mostra esta comparação. Percebe-se que o erro é alto, em torno de 20% para baixas vazões. A partir de 70% da vazão nominal, o erro passa a ser de cerca de 5%. O mesmo ocorre com o rendimento, que tem a diferença reduzida ao se aproximar da vazão nominal. Portanto, quando for feito o estudo da viabilidade técnica e econômica para utilizar uma BFT para controle de pressão, deve-se tomar cuidado ao utilizar as curvas teóricas obtidas, principalmente quando a variação de vazão for grande, ou seja, quando a BFT precisar operar com baixas vazões.

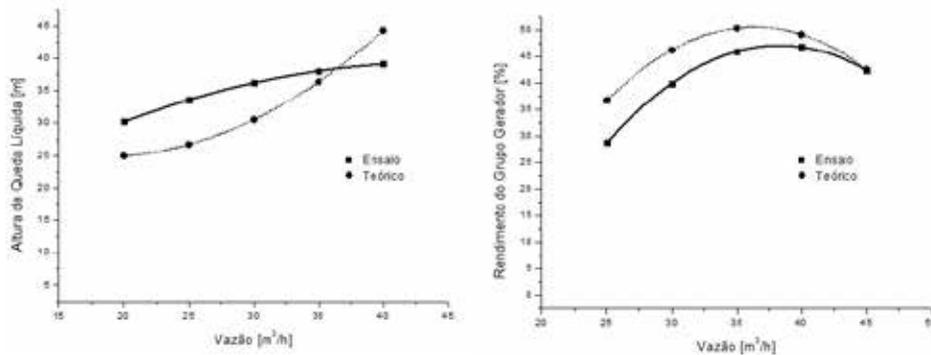


Figura 31. Comparação das curvas teóricas de altura e rendimento com os resultados do ensaio.

3.3.3. BFT em um by-pass

A Tabela 8 apresenta os resultados obtidos no ensaio. É possível observar que, independentemente da vazão total do sistema, a vazão turbinada pela BFT manteve-se constante devido ao controle de pressão em sua entrada. Da mesma forma, a potência elétrica gerada também se manteve constante. Isto mostra a viabilidade do uso de uma VRP para regularizar a operação da BFT, facilitando a aplicação da energia gerada, já que esta não sofrerá alterações.

Tabela 8. Resultados do ensaio realizado na BFT em um by-pass.

Ponto	Q_{total} [m³/h]	$Q_{turbina}$ [m³/h]	p_l [m]	P_{el} [W]
1	38,3	25,1	33,3	743
2	33,5	25,4	33,4	727
3	29,6	25,2	33,5	737
4	25,5	25,5	33,7	749
Média	—	25,3	33,5	739
Desvio-padrão	—	0,17	0,17	9,41
Desvio [%]	—	0,68	0,50	1,27

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O trabalho mostrou que o potencial energético em sistemas de abastecimento de água está presente em diferentes pontos do sistema, como captações de água bruta, distribuição entre reservatórios e até mesmo diretamente na rede de distribuição, em válvulas redutoras de pressão. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2010), o Brasil possui aproximadamente 660 prestadores de serviços de água, sendo que em muitos deles existe um potencial energético.

Para que estes aproveitamentos possam ser viáveis técnica e economicamente, é necessário estudar a operação de cada sistema, pois sua operação é única, e dificilmente será igual à de outro sistema. Com os estudos realizados nos três sistemas, foi possível atingir o objetivo de criar metodologias específicas para análise do potencial em cada um dos casos. Dentre as alternativas propostas, destacam-se:

- utilização de by-pass e VRP em adutoras por gravidade, a fim de manter a BFT em um ponto de operação constante, aumentando a confiabilidade e facilidade de sua operação;
- alteração na operação de reservatórios que recebem água através de adutoras por gravidade, com o objetivo de maximizar a potência disponível;
- utilização de BFTs específicas para diferentes períodos do dia no lugar de VRPs, melhorando o controle de pressão na rede.

Devido à existência de componentes de uma central, tais como câmara de carga e conduto forçado, os casos das adutoras de água bruta e tratada se mostraram atrativos economicamente. No caso da utilização da BFT para controle de pressão, não houve viabilidade econômica, já que esta deve ser avaliada considerando apenas os benefícios resultantes da geração de energia e a redução do investimento inicial, devido ao menor custo da BFT com relação à VRP, já que ambas exercem a função de controle de pressão. Sistemas que utilizem VRPs em setores com maior consumo de água podem apresentar viabilidade, já que a potência gerada será maior.

Entretanto, os testes realizados em laboratório mostraram que há uma queda no rendimento quando a BFT opera com controle de vazão à jusante. Além disso, os métodos propostos para determinar o comportamento da BFT fora de seu ponto de máxima eficiência mostraram diferenças quando comparados com os resultados obtidos em laboratório. Isto pode gerar erros no projeto da microcentral, que podem definir sua viabilidade. Portanto, sempre que possível, recomenda-se que seja feito o ensaio na BFT para obter suas reais condições de operação e, assim, garantir o sucesso do projeto. Já o ensaio realizado para verificar a regularização do ponto de operação da BFT

através do uso de uma VRP mostrou que é possível manter a potência elétrica gerada constante, o que facilita a operação da microcentral.

Algumas novas linhas de pesquisa podem ser criadas a partir deste tema, como o aprimoramento dos métodos de obtenção das curvas teóricas das BFTs para melhorar a previsão de seu comportamento hidráulico, a utilização de conversores de frequência para controlar a pressão na saída da BFT, realizando a geração em rotação variável, avaliação da cavitação da BFT nas diferentes condições hidráulicas encontradas, o estudo do potencial energético em sistemas de esgotamento sanitário e o comportamento das BFTs neste caso.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12218** – Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa nº 482/2012**. Brasília: ANEEL, 2012.

AZEVEDO NETTO, J. M. et al. **Manual de Hidráulica**. 8 ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1998.

BUDRIS, A. R. Multiple “Pump as Turbine” Installations Keep Efficiency High Over Wide Flow Range. **Water World**, 2011.

CAMARA, G.; SOUZA, R. C. M.; FREITAS, U. M.; GARRIDO, J.; MITSUO, F. Spring: Integrating Remote Sensing and GIS by Object-oriented Data Modelling. **Computers & Graphics**, v. 20, p. 395-403, 1996.

CHAPALLAZ, J. M.; EICHENBERGER, P.; FISCHER, G. Manual on Pumps Used as Turbines. **MHPG Series**, v. 11, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH; Germany, 1992.

GOMES, H. P. **Sistemas de Abastecimento de Água**. 3 ed. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 10 ago. 2011.

PORTO, R. M. **Hidráulica básica**. 4 ed. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2006.

ROSSMAN, L. A. **EPANET 2.0 User's Manual**. Drinking Water Research Division, Risk Reduction Engineering Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, 2000.

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos** – 2010. Brasília, DF, 2010.

TIAGO FILHO, G. L. **Oportunidades em PCH** – desafios de mercado e tecnológico. VI Conferência de PCH: Mercado e Meio Ambiente, São Paulo, 2008.

VIANA, A. N. C. et al. **Conservação hidroenergética**. Projeto de Pesquisa, Eletrobras, 2011.

A close-up photograph of a bamboo stalk with a hole, pouring water. The water is captured in motion, creating a blurred stream. The background is dark green. A large, dark green teardrop shape is overlaid on the right side of the image, containing the text 'COMISSÕES JULGADORAS' in white, bold, uppercase letters.

**COMISSÕES
JULGADORAS**

COMISSÃO JULGADORA DAS CATEGORIAS MESTRE E DOUTOR, ESTUDANTE DO ENSINO SUPERIOR, MÉRITO INSTITUCIONAL ENSINO SUPERIOR E MÉRITO CIENTÍFICO

Suzana Maria Gico Lima Montenegro

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Presidente da Comissão

Ana Luiza Coelho Netto

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Carlos André Bulhões Mendes

Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

Cristina Celia Silveira Brandão

Universidade de Brasília (UNB)

José Roberto Campos

Universidade de São Paulo (USP)

Maria Lúcia Calijuri

Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Rejane Helena Ribeiro da Costa

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

COMISSÃO JULGADORA DAS CATEGORIAS ESTUDANTE DO ENSINO MÉDIO E MÉRITO INSTITUCIONAL ENSINO MÉDIO

Eduardo Von Sperling

Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Presidente da Comissão

Anne Helene Fostier

Universidade Estadual de Campinas (Unicamp)

Célia Regina Granhen Tavares

Universidade Estadual de Maringá (UEM)

Luiz Drude de Lacerda

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Oscar de Moraes Cordeiro Netto

Universidade de Brasília (UNB)

Sandra Maria Feliciano de Oliveira e Azevedo

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

Yvonilde Dantas Pinto Medeiros

Universidade Federal da Bahia (UFBA)



PARCEIROS

CNPq

Com 63 anos de existência, o CNPq tem exercido um papel central no processo de formação e qualificação de recursos humanos, no País e no exterior, e no fomento à ciência, à tecnologia e à inovação, atuando na formulação de políticas e contribuindo, de forma significativa, para o avanço da fronteira do conhecimento, do desenvolvimento sustentável e da soberania nacional.

A concessão de prêmios é uma ação tradicional do CNPq desde a década de 1970. O Prêmio Jovem Cientista, criado em 1981, tem sido estratégico, uma vez que, ao impulsionar a capacitação de estudantes, jovens pesquisadores e profissionais empenhados na busca de soluções para os crescentes desafios da sociedade brasileira, agrega valor a uma perspectiva ampliada da interação ciência-tecnologia-sociedade, a partir de uma atuação científica que tem na apropriação social do conhecimento um princípio vital.

O Prêmio Jovem Cientista representa um grande estímulo para a ciência e a tecnologia no Brasil e apoia os ganhadores com bolsas de estudo do CNPq, em diferentes modalidades (iniciação científica júnior, iniciação científica, mestrado, doutorado e pós-doutorado júnior), para sua formação acadêmica e como incentivo ao aprofundamento e continuidade de suas pesquisas.

Nossos jovens e talentosos cientistas são fundamentais nesse esforço tão cheio de desafios e incertezas.



SHIS Quadra 1 Conjunto B, Blocos A, B, C e D
Edifício Santos Dumont | Lago Sul | 71605-001 | DF
Tel.: 0800 619697 | www.cnpq.br

GERDAU

A Gerdau é líder no segmento de aços longos nas Américas e uma das principais fornecedoras de aços longos especiais do mundo. Com mais de 45 mil colaboradores, possui operações industriais em 14 países – nas Américas, na Europa e na Ásia –, as quais somam uma capacidade instalada superior a 25 milhões de toneladas por ano. É a maior recicladora da América Latina e, no mundo, transforma, anualmente, milhões de toneladas de sucata em aço, reforçando seu compromisso com o desenvolvimento sustentável das regiões onde atua. Com mais de 130 mil acionistas, a Gerdau está listada nas bolsas de valores de São Paulo, Nova Iorque e Madri.

A empresa tem construído, ao longo de sua trajetória, uma atuação sustentável, promovendo o desenvolvimento social, respeitando o meio ambiente e investindo em relações sólidas e duradouras com clientes, fornecedores, colaboradores, governos, outras empresas e entidades do terceiro setor. Tudo isso com o objetivo de ganhos mútuos, que possibilitem crescimento contínuo.

Como parte fundamental das contribuições para o desenvolvimento das comunidades, a empresa incentiva o Prêmio Jovem Cientista, uma parceria consolidada, na qual a Gerdau aposta com a convicção de que o caminho do desenvolvimento e da competitividade passa pela inovação e pelo fomento à pesquisa científica, especialmente dentro da sala de aula. Os jovens premiados nesta edição, que tem como tema **Água: Desafios da Sociedade**, e nas edições anteriores orgulham o Brasil pela seriedade e alta qualidade dos trabalhos. Todos os participantes, do ensino médio e do ensino superior, demonstram disciplina e dedicação à Ciência. É preciso apoiá-los se quisermos ter um Brasil verdadeiramente competitivo, capaz de gerar soluções eficazes e que resultem em um desenvolvimento sustentável.



Av. Farrapos, 1.811
90220-005 | Porto Alegre | RS
Tel.: (51) 3323-2000 | www.gerdau.com.br

GE

A GE é uma companhia de tecnologias avançadas, serviços e finanças que busca solucionar os desafios mais complexos do mundo. Dedicada a inovações em energia, saúde, transporte e infraestrutura, a GE opera em mais de 160 países e emprega cerca de 300 mil funcionários globalmente.

No Brasil, a companhia mantém atividades há 94 anos, com escritórios distribuídos em diversos estados e unidades industriais em São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Todos os negócios industriais da GE estão presentes no Brasil, empregando cerca de 8 mil funcionários.

A GE também está construindo no Brasil o seu quinto Centro de Pesquisas Global, que será inaugurado no Rio de Janeiro e já trabalha para desenvolver soluções de alta tecnologia para atender as necessidades locais de infraestrutura. A escolha do Brasil reflete a convicção sobre a capacidade criativa e inovadora dos brasileiros.

Por acreditar na importância do desenvolvimento científico, a GE patrocina e apoia o Prêmio Jovem Cientista, responsável por estimular a pesquisa e a descoberta de soluções inovadoras no Brasil. Para a GE, apostar na criatividade é essencial para o desenvolvimento da pesquisa e da ciência. Faz parte do DNA da companhia apoiar o desenvolvimento de soluções, não apenas para as questões ligadas à água – que foi o tema da edição 2013 do Prêmio –, mas também temas que exijam inovações e ideias capazes de levar entusiasmo, motivação e qualidade de vida às atuais e futuras gerações.



Av. Magalhães de Castro, 4.800, 10º andar
05676-120, São Paulo, SP
Tel.: (11) 3067-8000 | www.ge.com.br

FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO

Nos seus mais de 30 anos, a Fundação Roberto Marinho vem atuando nas áreas ambiental, educacional e cultural, criando modelos e metodologias que são replicados por meio de parcerias com agentes públicos e privados.

São experiências como o Telecurso, que já formou milhares de brasileiros na educação básica; o Telecurso Tec e o Qualifica, dois projetos da educação profissional; e o Canal Futura, um modelo de TV participativa, educativa e inclusiva, que tem como base parcerias que mobilizam redes da sociedade em todos os estados brasileiros.

A Fundação já fez campanhas de preservação do patrimônio, restaurou prédios, monumentos e documentos e propôs soluções para a sustentabilidade de cada um. Ao perceber que patrimônio é tudo aquilo que dá identidade a um povo, criou o Museu da Língua Portuguesa, o primeiro do mundo no gênero. Também concebeu o Museu do Futebol, que conta a história do País pelo viés sociológico do esporte mais popular entre os brasileiros.

No Rio, criou o Museu de Arte do Rio, inaugurado em março de 2013, e desenvolve outros dois, o Museu da Imagem e do Som e o Museu do Amanhã. Ao aliar educação, sustentabilidade, tecnologia, meios de comunicação e cultura, os novos museus sintetizam a trajetória da instituição.

Num país que abriga 60% da Floresta Amazônica, seis biomas e 12% de toda a água doce do mundo, a Fundação mantém no ar, há mais de 20 anos, o Globo Ecologia, primeiro programa de televisão totalmente voltado a questões socioambientais.

A Fundação também produz, desde 1984, o Globo Ciência, primeiro programa semanal de divulgação técnico-científica do Brasil. Em 2012, criou o Florestabilidade, um projeto de educação que visa despertar vocações para carreiras ligadas ao manejo florestal e oferecer recursos pedagógicos para professores e técnicos da extensão rural da Amazônia.

E se orgulha de ser, há mais de 30 anos, parceira do Prêmio Jovem Cientista – iniciativa que, além de estimular jovens talentos a investigar as fórmulas para um mundo melhor, ajuda, sobretudo, a construir um Brasil mais sustentável e desenvolvido.



Rua Santa Alexandrina, 336 | Rio Comprido
20261-232 | Rio de Janeiro | RJ
Tel.: (21) 3232-8800 | www.frm.org.br