



## **XI-006 - APROVEITAMENTO ENERGÉTICO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO – CASO DO RIBEIRÃO JOÃO LEITE NA CIDADE DE GOIÂNIA**

**Alberto Adriano Sjobom Júnior<sup>(1)</sup>**

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Engenheiro da Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO)

**Ivaltemir Barros Carrijo**

Engenheira Civil pela Universidade Católica de Goiás (UCG), Engenheiro da Saneamento de Goiás SA (SANEAGO)

**Eduardo Joaquim de Souza**

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Engenheiro da Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO)

**Laerte Machado Cabral**

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Engenheiro da Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO)

**Luiz Carlos Carneiro de Oliveira**

Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Goiás (UFG), Engenheiro da Saneamento de Goiás S/A (SANEAGO)

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua T- 36, 2.535, Apt. 501, Ed. Villa Domatt – Goiânia – GO – CEP: 74223-055 – Brasil – Te. (62) 32024060 – e-mail: [sjobom@saneago.com.br](mailto:sjobom@saneago.com.br)

### **RESUMO**

As barragens de acumulação são necessárias em alguns sistemas de abastecimento de água, e nesses casos abre-se a oportunidade do uso múltiplo dessas obras de engenharia e dentre eles o aproveitamento energético desta queda de água, já que a energia elétrica é uma das principais despesas das empresas de saneamento e tem um valor significativo que pode colaborar na amortização do investimento feito na obra.

Este é o caso da construção em andamento da Barragem João Leite que faz parte do Sistema de Abastecimento de Água de Goiânia. Foi decidido o seu aproveitamento energético e tem-se revelado um grande potencial de aumento da eficiência energética no sistema, conforme cálculos iniciais.

O presente trabalho aborda esta questão, procurando avaliar uma parte dos ganhos com energia elétrica que advirão do novo sistema.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Elétrica, Barragem, Uso Múltiplo.

### **INTRODUÇÃO**

Goiânia é abastecida por dois sistemas de abastecimento de água (SAA): o João Leite e o Meia Ponte. Cada um responde aproximadamente pela metade da demanda de Goiânia. Atualmente o abastecimento de água da cidade, mesmo sendo pleno, apresenta vários desafios para um futuro próximo. A cidade tem um crescimento considerável devido a vários atrativos, o que estimula a migração. A população da região conurbada, composta por quatro municípios, cresce de forma acelerada colocando sob risco a capacidade e qualidade dos mananciais disponíveis para o abastecimento da região. Para completar o cenário pessimista, a atual captação no ribeirão João Leite está localizada numa área totalmente ocupada por construções e devastada ambientalmente, apresentado, no período de seca, uma vazão insuficiente para abastecimento de parte da região.

Diante da realidade descrita anteriormente, estudos realizados pela concessionária de serviços de saneamento básico da região, apontaram para a ampliação do sistema de abastecimento de água no ribeirão João Leite, através da construção de uma barragem de regularização/acumulação num local situado a aproximadamente 10 km a montante da atual captação, além de um conjunto de unidades complementares. Com custo estimado em mais de trezentos milhões de reais e com previsão de conclusão para meados de 2010 o sistema de produção, além da barragem e do reservatório a ser formado, contará com estação de bombeamento e adutora de água bruta, estação de tratamento e adutora de água tratada e *booster*.

Os estudos hidrológicos e econômicos procedidos no âmbito do presente trabalho indicaram a viabilidade do aproveitamento hidroenergético dos excedentes previstos a extravasar no reservatório (vertimentos). Diante de tal situação e com a implantação de uma potente estação de bombeamento próxima à barragem, considerou-se a possibilidade de instalação de duas turbinas (em primeira etapa) com potência unitária de 2 MW (total final de 4 MW) para o acionamento direto (eixo a eixo) de duas das bombas de água bruta; esse acionamento das bombas por meio de turbinas ocorrerá durante os meses de exuberância hídrica.

Neste trabalho serão detalhadas as opções estudadas para o aproveitamento hidroenergético, assim como a avaliação econômica, do ponto de vista do consumo de energia elétrica, da alternativa adotada comparativamente ao sistema atualmente em operação.

## METODOLOGIA UTILIZADA

A barragem do ribeirão João Leite foi concebida para reservar e regularizar a demanda de água do SAA nos períodos de estiagem, com uma vazão de final de plano de aproximadamente 6,0 m<sup>3</sup>/s.

Considerou-se para este fim, as vazões históricas de 44 anos. No Quadro 01, é apresentada a série de vazões mensais medidas entre os anos de 1949 e 1993. Analisando o quadro, observa-se que entre 1953 e 1954 houve uma média muito baixa de vazão, refletindo uma grande seca ocorrida no período. No dimensionamento do reservatório esta condição foi considerada imaginando-se que tal evento poderia ocorrer durante a operação futura do mesmo. Em função deste detalhe, surgiu a hipótese do aproveitamento hidroenergético do reservatório, pelo fato de que durante um período considerável de sua operação haverá disponibilidade hídrica para este fim.

**Quadro 01 – Série de Vazões Mensais – Ribeirão João Leite - Goiânia (m<sup>3</sup>/s)**

A N O	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	MÉDIA
1 9 4 9	13,4	14,1	19,6	11,1	7,7	3,8	2,3	1,1	0,7	2,2	3,5	5,2	7,1
1 9 5 0	3,6	10,2	21,8	24,5	12,0	4,2	3,8	3,1	2,5	4,2	8,1	15,1	9,4
1 9 5 3	4,6	5,8	7,9	7,6	3,6	3,3	2,9	2,3	2,2	2,0	3,3	4,9	4,2
1 9 5 4	4,7	8,3	6,6	4,7	4,2	3,0	2,6	2,1	1,7	1,5	3,5	6,2	4,1
1 9 6 0	8,5	17,4	17,3	14,1	9,5	6,6	5,5	4,4	4,1	5,2	8,7	9,7	9,3
1 9 6 1	17,1	24,7	22,3	11,0	11,2	7,7	6,2	5,0	4,1	4,1	5,5	12,0	10,9
1 9 7 0	29,3	21,4	25,0	17,8	11,6	8,9	7,7	5,9	5,6	6,1	10,0	8,2	13,1
1 9 7 1	7,6	7,8	12,0	11,9	6,9	5,4	3,9	3,2	3,4	5,8	12,2	19,1	8,3
1 9 7 9	24,3	29,6	22,2	13,4	14,2	8,0	8,2	6,5	7,2	6,1	8,3	8,9	13,1
1 9 8 0	24,9	38,3	23,7	17,8	12,4	10,0	7,9	6,3	6,1	5,3	9,8	14,1	14,7
1 9 8 1	12,8	8,7	17,8	10,8	6,5	6,6	5,0	4,0	3,5	6,6	11,3	20,5	9,5
1 9 9 2	18,1	22,9	24,0	24,9	11,3	9,0	7,7	6,3	6,7	9,3	12,0	17,4	14,1
1 9 9 3	11,5	23,6	21,2	12,7	9,6	7,8	6,1	5,6	5,5	5,3	6,1	12,8	10,7
m í n i m a	3,6	5,8	6,6	4,7	3,6	3,0	2,3	1,1	0,7	1,5	3,3	3,4	3,3
m é d i a	16,1	18,7	20,3	16,4	11,0	7,9	6,5	5,3	4,7	6,0	8,6	13,2	11,2
m á x i m a	30,6	38,3	37,1	33,4	21,7	15,8	11,8	10,0	9,2	14,7	19,8	27,2	22,5

Fonte: Plano Diretor de Água de Goiânia

Diante desta oportunidade, estudaram-se alternativas de gerações possíveis. Porém, o sistema de aproveitamento energético concebido, diferentemente da hipótese de se gerar energia elétrica a partir das turbinas, não cria vínculo com o Sistema Elétrico, pois toda a energia hidráulica aproveitada pelas turbinas e convertida em energia mecânica (sob a forma de rotação) é diretamente utilizada no bombeamento ou para gerar pouca eletricidade - apenas para as próprias instalações elétricas auxiliares, lembrando-se que a geração de até 1,0 MW de energia elétrica não é vinculada ao Sistema Elétrico nem controlada pela ANEEL, exigindo apenas simples registro da instalação. Portanto, esta solução mostrou-se estrategicamente a mais simples, por não envolver operações comerciais de venda de energia elétrica e a manutenção de uma unidade geradora integrada ao Sistema Elétrico Brasileiro. Além destes aspectos, a questão econômica também indicou a inviabilidade da alternativa de aproveitamento energético do sistema como pode ser constatado através do quadro 02.



Quadro 02 – Energia Vertida

Cenário	Volume Vertido	
	Mensal (m3)	Média (m3/s)
1- Sem geração (4,0 m3/s)	16.871.690	6,42
1 - Com geração (4,0 MW)	3.381.119	1,29
2- Sem geração (6,0 m3/s)	11.670.109	4,44
2 - Com geração (6,0 MW)	2.071.038	0,79

Como a venda ou permuta da energia excedente tornou-se inviável, a alternativa de produzir energia elétrica com turbina-gerador foi descartada. Diante desta opção definiram-se o número e tamanho dos conjuntos turbina-bomba, conforme pode ser visto no quadro 03.

Quadro 03 – Características da turbina

NA montante	749,00
NA jusante	713,50
Queda bruta (m)	35,50
Perda hidráulica máxima (m)	1,00
Queda líquida máxima (m)	34,50
Rendimento médio turbina-gerador	0,90
Engolimento (m³/s)	6,50
Queda líquida média (m)	35,00
Potência (kW)	2.009

Atualmente o SAA do ribeirão João Leite é constituído por uma estação de bombeamento de água bruta com cinco bombas com potência de 200 cv cada, uma estação de tratamento de água com capacidade para tratamento de uma vazão de 2,0 m³/s e uma estação de bombeamento de água tratada com três bombas com potência de 1200 cv e quatro com 500 cv. No ano de 2007 foram produzidos 103.278.379 m³, com um consumo de energia elétrica nas duas elevatórias de 32.398.968 kWh e a um custo de R\$ 8.471.597.

Do ponto de vista energético, comparando o atual sistema de água com o futuro a ser implantado, este segundo apresentará vantagens em alguns aspectos, que serão descritos na sequência. Primeiramente, em termos de cota topográfica. Considerando que tanto o sistema atual como o futuro bombearão para o mesmo centro de reservação, haverá variações nas potências como pode ser observado através do quadro 04.

Quadro 04 – Topografia e potências para adução de 2,0 m³/s para os SAAs atual e futuro

Unidade	Cota (m)	Desnível geométrico total (m)	Potência total bombeamento (kW)
EAB atual	703	95	4.858
EAB nova	722	76	2.700
Reservatório SENAC	798	-	-

Outro aspecto a ser ressaltado é com relação à tensão de fornecimento. No sistema atual as duas elevatórias (bruta e tratada) são alimentadas em 13,8 kV correspondendo ao grupo de faturamento A4, já no sistema a ser implantado, optou-se por 138 kV (grupo A2) na elevatória de água bruta e por 13,8 kV no *Booster*.



No quadro 05 são apresentadas as tarifas que foram praticadas em 2007, não considerando descontos para serviços públicos e também impostos. Pode-se notar que há uma grande diferença entre os preços de demanda. Comparando-se os custos de 13,8 para 138 kV, percebe-se que os mesmos foram aproximadamente duas vezes (fora de ponta) a quatro vezes(ponta) mais caros.

**Quadro 05 – Tarifas de Energia**

Grupo	Demanda (R\$/kW)		Consumo (R\$/kWh)			
	Ponta	Fora ponta	Ponta		Fora ponta	
			Seca	Úmida	Seca	Úmida
A2	15,19	2,35	0,19	0,17	0,12	0,11
A4	30,16	8,30	0,19	0,17	0,12	0,11

A possibilidade de modulação, que possivelmente será criada com uma capacidade de produção maior que a do sistema atual nos anos iniciais, criará uma oportunidade de reduzir o custo unitário da energia, caso seja possível utilizar esta produção extra para garantir, no início do horário de ponta, os reservatórios cheios.

As turbinas em primeira etapa substituirão até dois motores em algumas épocas do ano, dependendo da precipitação no período. O estudo hidrológico desenvolvido, mostrou que é possível utilizar uma turbina durante 6 meses e duas durante 3 meses durante o ano, sem afetar o abastecimento público. Isto equivaleria a aproximadamente 9.720.000 kWh de economia de energia durante o ano.

## RESULTADOS ESPERADOS

Diante dos aspectos relevantes apresentados anteriormente apresentam-se os quadros 06 e 07 como possíveis resultados positivos a serem alcançados com a alternativa adotada.

**Quadro 6 – Comparativo dos Consumos Anuais do Sistema Atual e futuro para a Produção Atual**

Unidade/Sistema	Consumo anual (kWh)
EAB João Leite atual	4.780.830
EAT João Leite atual	27.618.138
Total EAB+EAT atual	32.398.968
EAB João Leite novo (estimado)	10.758.164
EAT João Leite novo (estimado)	5.020.477
Total EAB+EAT novo (estimado)	15.778.641
<b>Diferença (atual – novo)</b>	<b>16.620.327</b>

**Fonte: Boletim informativo SANEAGO e Projeto Sistema de Produção João Leite**

A vantagem da tarifa refletirá na nova estação de bombeamento de água bruta que será alimentada em 138 kV. Para um consumo estimado de 10.758.164 kWh e demanda de 4 kW faturada no grupo A2 o valor seria de R\$ 2.550.951 e no A4 R\$ 3.552.754 com uma diferença favorável de R\$ 1.001.803 anuais, isto considerando um funcionamento pleno na ponta.

Com o funcionamento das turbinas, espera-se uma economia de energia na nova estação de bombeamento de água bruta na ordem de R\$ 3.757.965 anuais.

Somando-se os aspectos anteriores mais um hipotético aumento gradual da área de influência do novo sistema num horizonte de 10 anos e a possibilidade de modulação de carga na ponta, tem-se o panorama apresentado no quadro 07.



Quadro 07 – Resultados Globais de Economia com o Futuro Sistema				
Horizonte	Produção de Goiânia estimada (m3)	Contribuição JL no total de Goiânia estimado (%)	Economia operando na ponta estimada (R\$)	Economia sem operar na ponta estimada (R\$)
Ano 1	103.278.379	50,00	5.814.796	7.342.498
Ano 2	106.376.730	52,50	6.130.571	7.681.045
Ano 3	109.568.032	55,00	6.444.221	8.018.580
Ano 4	112.855.073	57,50	6.755.566	8.354.973
Ano 5	116.240.725	60,00	7.064.423	8.690.086
Ano 6	119.727.947	62,50	7.370.596	9.023.774
Ano 7	123.319.786	65,00	7.673.880	9.355.886
Ano 8	127.019.379	67,50	7.974.062	9.686.260
Ano 9	130.829.961	70,00	8.270.918	10.014.729
Ano 10	134.754.859	70,00	8.462.844	10.221.520
TOTAL			71.961.877	88.389.351

Deve-se ressaltar que além das vantagens enumeradas há outras ainda não estimadas como o abastecimento da zona próxima ao *booster* por gravidade e a utilização de uma turbina para quebra de pressão nesta área que acionará uma das bombas do *booster*.

## CONCLUSÕES

O aproveitamento múltiplo da barragem deve proporcionar grandes ganhos, em termos de eficiência energética, que permitirá uma amortização de boa parte do investimento feito no empreendimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Projeto SISTEMA DE PRODUÇÃO JOÃO LEITE - MEMORIAL DESCRITIVO ELEVATÓRIA DE ÁGUA BRUTA – VOLUME 1, SENHA ENGENHARIA
2. SGE - sistema de Gestão Energética
3. Boletim Informativo Saneago