

ESTUDO DO POTENCIAL ENERGÉTICO PARA A COMPLEMENTAÇÃO POR PCH DA GERAÇÃO DA USINA HIDRELÉTRICA AMADOR AGUIAR I

Silva, F. B.; Guimarães Jr., S. C.; Vanço, W. E.; Borges, D. T. S.; Cunha, M. J.; Alves, T. B. C.;
Oliveira, T. L. e Barbosa, A. M. A.

Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica
fbentosilva@hotmail.com, scguimaraes@ufu.br, wagner_vanco@hotmail.com, daniels.tobias@hotmail.com,
cunhamjg@gmail.com, thiagocanuto.feelt@gmail.com, thaleslima.ufu@gmail.com, alessandro.araujo@cemig.com.br

Resumo - Este trabalho apresenta o estudo do potencial energético para a complementação da geração da Usina Hidrelétrica Amador Aguiar I, através da implantação de uma PCH (Pequena Central Hidrelétrica) que será instalada nas proximidades do vertedouro desta usina hidrelétrica. Nesse estudo haverá a comparação entre os valores especificados dos principais equipamentos eletromecânicos, contidos no Relatório Final do Projeto Básico da Pequena Central Hidrelétrica, que foi elaborado a pedido do Consórcio Capim Branco Energia e a maneira em que estes estão especificados no guia de Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas da Eletrobrás.

Palavras-Chave - Equipamentos eletromecânicos, PCH, Usina Hidrelétrica de Amador Aguiar I.

POTENTIAL ENERGY STUDY FOR COMPLETION BY GENERATION PCH OF HYDROELECTRIC POWER PLANT AMADOR AGUIAR I

Abstract - This paper presents the study of the energy potential to complement the generation of hydroelectric power plant Amador Aguiar I, through the implementation of a SHP (Small Hydroelectric Power Plant) that will be installed near the spillway of this hydroelectric plant. In this study there will be a comparison between the specified values of the main electromechanical equipments, contained in the Final Report of the Basic Design of Small Hydroelectric Power Plant, which was prepared at the request of the Capim Branco Energia Consortium with those values that were specified in the Guidelines for Studies and Projects for Small Hydro Power elaborated by Eletrobrás.

Keywords - Electromechanical equipments, hydroelectric power plant Amador Aguiar I, SHP (Small Hydroelectric Power Plant).

I. INTRODUÇÃO

Atualmente devido ao frágil cenário energético brasileiro, o País poderá sofrer alguns danos que vão muito além das elevadas contas que chegaram às casas de milhões de brasileiros. O maior mal causado pelas altas tarifas de eletricidade, no entanto, é de fato sentido pelas indústrias do País. Com a ameaça de racionamento, muitas indústrias já decidiram reduzir a sua produção no país, substituindo-a por importações ou remanejando a produção para o exterior, o que é um duro golpe na indústria, e pode ter consequências muito severas para a economia [1].

Além disso, a preocupação com o esgotamento da base de recursos naturais do planeta e os impactos ambientais da exploração e do uso dos recursos energéticos apontam para a necessidade de se repensar o crescimento econômico de forma a não comprometer o bem estar das gerações futuras [2].

Para tanto, são necessários adotar medidas que minimizem as emissões de gases poluentes, conservem as condições agriculturáveis do solo, a não contaminação das águas, e a exploração racional dos recursos renováveis [2].

Nesse contexto, qualquer fonte de energia que seja mais barata que a térmica é bem vinda a matriz energética. Com o cenário atual de baixo nível dos reservatório das usinas hidrelétricas, dispor de um reservatório a fio d'água é um privilégio. Tal fato ocorre na Usina Hidrelétrica Amador Aguiar I, onde além de possuir um reservatório a fio d'água, esta verte 7 m³/s de água por meio de uma válvula de controle de vazão sanitária para manter um certo volume de água em um trecho de vazão reduzida, antigo leito do rio, com o objetivo de minimizar os impactos ambientais. O local oferece as condições ideais para a implantação de uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH). A Figura 1 apresenta uma foto aérea do local.

As PCHs se tornaram uma alternativa de geração limpa e renovável de energia e de acordo com dados da ANEEL, as pequenas centrais respondem atualmente por 3,51 % do parque gerador brasileiro, num total de 4.795,162 MW [3]. Assim este trabalho tem como objetivo estudar o potencial energético para a complementação por PCH da geração da Usina Hidrelétrica Amador Aguiar I através da comparação de valores já calculados sobre a especificação dos principais equipamentos eletromecânicos dentre eles: turbina hidráulica, gerador síncrono e transformador de força, contidos no Relatório Final do Projeto Básico da Pequena Central Hidrelétrica em relação às especificações sugeridas no guia de Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas da Eletrobrás.



XIII CEEL - ISSN 2178-8308
12 a 16 de Outubro de 2015
Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Uberlândia - Minas Gerais - Brasil



Fig. 1. Arranjo do circuito hidráulico de geração de energia por PCH da ampliação da UHE Amador Aguiar I [4].

II. EQUIPAMENTOS ELETROMECAˆNICOS

A. Turbinas hidráulicas

As turbinas hidráulicas utilizadas nas PCH's devem ser escolhidas de modo a se obter facilidade de operação e de manutenção, dando-se grande importância à sua robustez e confiabilidade, pois a tendência é de que a usina seja operada no modo não assistido [5]. A potência simplificada que é fornecida pela turbina é dada por:

$$P_t = \eta_t \times \rho \times g \times H_{liq} \times Q \times 10^{-3} [kW] \quad (1)$$

Onde:

P_t é a potência da turbina (kW); η_t é o rendimento da turbina; ρ é a massa específica da água (kg/m^3); g é a aceleração da gravidade (m/s^2); H_{liq} é a queda líquida (m); Q é a vazão (m^3/s).

A queda líquida H_{liq} (m) e a vazão de projeto por turbina Q (m^3/s) são os parâmetros utilizados para a escolha preliminar do tipo de turbina, conforme mostra a Figura 2. A potência (kW) estimada na saída pode ser obtida da mesma figura, bastando interpolar os valores das linhas oblíquas [5].

A escolha da velocidade de rotação da turbina depende da potência nominal, da altura de queda, do tipo de turbina e do tipo de gerador. Para o gerador síncrono sem multiplicador, a velocidade de rotação é a mesma para a turbina e o gerador, sendo assim, deve-se procurar a velocidade síncrona mais próxima da calculada [5] [6] [7]. Essa velocidade de rotação pode ser calculada pela equação:

$$n = \frac{120 \times f}{p} [rpm] \quad (2)$$

Onde:

n é a velocidade de rotação síncrona (rpm); f é a frequência da tensão gerada ; p é o número de polos do gerador.

A partir desses dados, é possível determinar a velocidade específica da turbina, essa grandeza define a geometria ou o tipo do rotor da turbina hidráulica [7] [8], que é dada por:

$$n_s = \frac{10^3 \times n \times \sqrt{Q}}{(H_{liq} \times g)^{3/4}} \quad (3)$$

Onde:

n_s é a velocidade específica; n é a velocidade de rotação síncrona (rps); g é a aceleração da gravidade (m/s^2); H_{liq} é a queda líquida (m); Q é a vazão (m^3/s).

A Figura 3 ilustra as faixas de rotações específicas das turbinas (n_s).

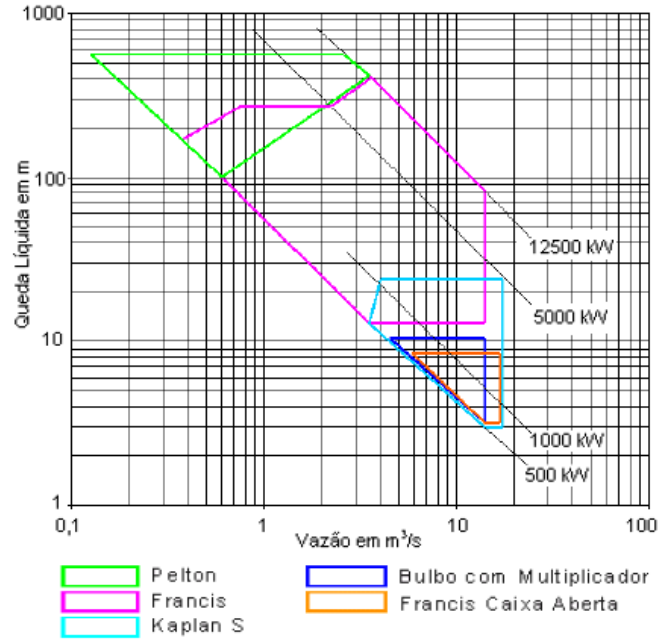


Fig. 2. Gráfico de escolha do tipo da turbina [5].

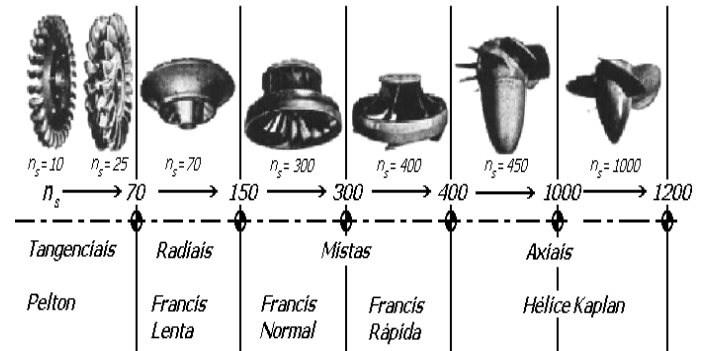


Fig. 3. Rotação específica e classificação de cada turbina hidráulica [4].

B. Geradores síncronos

A potência do gerador síncrono é determinada após o cálculo da potência disponível no eixo das turbinas, e pode ser obtida pela equação a seguir:

$$S_G = P_t \times \left(\frac{\eta_G}{\cos \phi} \right) [kVA] \quad (4)$$

Onde:

S_G é a potência do gerador [kVA]; P_t é a potência no eixo da turbina [kW]; η_G é o rendimento do gerador; $\cos \phi$ é o fator de potência nominal do gerador;

O rendimento do gerador deve ser obtido junto ao

fabricante do equipamento. Na falta de informações, podem ser utilizados os valores mostrados na Tabela I.

Tabela I – Rendimento do gerador síncrono em função da classe de potência.

Rendimento (%)	Potência do Gerador (MVA)
96	Até 2 MVA
97	Até 3 MVA
98	Até 5 MVA

O fator de potência deve ser definido em função das necessidades do sistema elétrico ao qual o gerador será ligado. Para o caso de geradores que operem interligados ao sistema elétrico, um fator de potência nominal de 0,90 a 0,95 é adequado [5].

Os geradores horizontais na faixa de potência das PCHs, na maioria dos casos, são completamente montados e ensaiados na fábrica, o que facilita a sua instalação na obra. No arranjo da casa de força, deve ser previsto espaço suficiente para remoção do rotor no caso de reparo do gerador. Para os geradores verticais, o rotor costuma ser a peça mais pesada a ser movimentada na casa de força, definindo a capacidade da ponte rolante. Para geradores de eixo horizontal com potência nominal abaixo de 5 MVA pode ser utilizado o gráfico da Figura 4 no Apêndice A, onde os pesos são obtidos a partir da relação kVA/rpm.

Quando o gerador está ligado ao sistema de transmissão através de um transformador, a determinação da tensão de geração é geralmente baseada em fatores econômicos. Os custos de um gerador, para uma determinada potência nominal e velocidade, variam com a tensão [5].

A escolha da tensão de geração deve considerar não só os custos do gerador, mas também os custos da interligação gerador-transformador e dos equipamentos ligados à tensão de geração. Recomenda-se, a menos que hajam razões especiais para se adotar uma determinada tensão, que o valor especificado da tensão seja orientativo, dando-se liberdade aos fabricantes de apresentarem proposta para o valor que julgarem mais adequado ao seu fornecimento, o que evidentemente deve resultar num custo total final inferior. A seguir, apresenta-se a Tabela II que serve como orientação para a seleção da tensão de geração que resulta numa solução economicamente atraente.[5]

Tabela II – Determinação da tensão de geração em função da potência do gerador.

Tensão do Gerador	Potência do Gerador
220/380 ou 480 V	Até 2 MVA
2300 V	Até 3 MVA
4160 V	Até 5 MVA
6900 V	Até 15 MVA
13800 V	Acima de 10 MVA

C. Transformadores

O transformador elevador deverá ter potência nominal igual ou superior à potência máxima do gerador. Recomenda-se procurar especificar um valor de potência padronizado, o que possibilita um prazo de entrega mais rápido, menor custo de aquisição e mais facilidade de eventual reposição [5].

Para potências nominais acima de 5 MVA, a utilização de transformadores com sistema de ventilação forçada começa a se tornar uma alternativa atraente. Recomenda-se a instalação

dos transformadores elevadores o mais próximo possível da casa de força, de modo a utilizar um comprimento mínimo de cabos de interligação, o que possibilita obter uma redução nos custos de aquisição e instalação dos cabos e menores perdas [6]. Recomenda-se que, devido à importância do transformador elevador para a usina, os mesmos sejam especificados para os valores superiores de tensão suportável nominal de impulso atmosférico constantes da Norma ABNT NBR 5356.

Caso a potência do transformador seja ultrapassada, deve-se adotar o esquema unitário, ou seja, um transformador por gerador, a Tabela III sugere valores que resultam numa solução econômica para o transformador bem como de sua tensão primária.

Tabela III – Determinação da tensão do transformador em função de sua potência.

Tensão primária	Potência do Transformador
220/380 ou 480 V	Até 2 MVA
2300 V	Até 5 MVA
4160 V	Até 10 MVA
6900 V	Até 15 MVA
13800 V	Até 30 MVA

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. Considerações iniciais

Para serem feitas as especificações dos principais equipamentos eletromecânicos como turbina, gerador e transformador foram feitas as considerações citadas a seguir.

Em relação a determinação da turbina foram consideradas todos os dados finais, contidos no Relatório Final do Projeto Básico da Pequena Central Hidrelétrica, que estão na Tabela IV (Apêndice B). Para o cálculo da queda de referência deve ser levada em conta as perdas, que neste relatório foram feitos os cálculos das perdas de carga do circuito hidráulico de geração e as perdas localizadas, estas foram possíveis de serem calculados a partir de valores coletados e considerados na parte de obra civil, em conjunto com o valor da vazão.

Para a especificação do gerador síncrono foi considerado primeiramente o valor da potência nominal da turbina, a faixa de potência aparente do gerador síncrono, o seu fator de potência nominal (que é determinado em consequência de se operar interligado ao sistema elétrico), o seu peso e a sua classe de tensão.

Para o transformador foram considerados a potência do gerador, sua classe de tensão, a tensão da linha de distribuição de energia que irá interligar a PCH à Usina de Amador Aguiar I. Os outros detalhes para a especificação do mesmo são adotados pelo o fabricante, tais como a impedância de curto-circuito e os acessórios.

1) Especificações da turbina

Pelos dados de vazão nominal, queda líquida e rendimento, contidos na Tabela IV, calcula-se a potência nominal efetiva ou de eixo da turbina usando-se (1):

$$P_t = 0,91 \times 1000 \times 9,81 \times 43,65 \times 7 \times 10^{-3}$$

$$P_t = 2.727,675[kW]$$

Levando os valores de queda líquida e vazão no gráfico

da Figura 2, chega-se à escolha preliminar da turbina Francis. A turbina Francis com caixa espiral, classificada como turbina de reação, que tem por característica a transformação da energia potencial de queda em energia mecânica no rotor da turbina. Essa turbina possui uma caixa espiral em aço ligada em seu lado montante a um conduto forçado. Na periferia interna da caixa espiral, um anel rígido suporta as pás fixas do pré-distribuidor. A variação da potência fornecida pela turbina é obtida com a abertura ou fechamento das palhetas diretrizes situadas na periferia interna do pré-distribuidor em um conjunto chamado distribuidor, a Figura 5 mostra um sistema distribuidor e a caixa espiral de uma turbina Francis na posição horizontal. O rotor da turbina Francis é normalmente feito em uma única peça fundida e usinada. Modernamente, é vantajoso prever o rotor em aço inoxidável fundido, onde a qualidade e a garantia de menor manutenção compensam o custo maior.

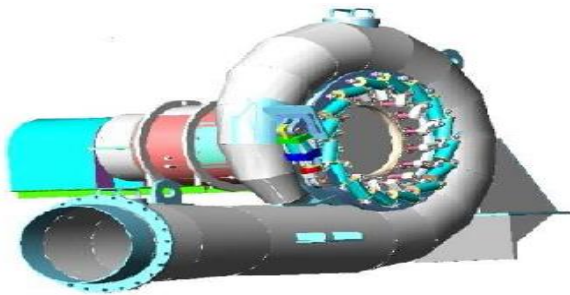


Fig. 5. Sistema distribuidor e caixa espiral de uma turbina Francis na posição horizontal [4].

A velocidade de rotação é preliminarmente escolhida em função da queda e da potência da turbina, segundo a equação:

$$n = \frac{K \times H_{liq}^{0,75}}{P^{0,5}} \quad (5)$$

Onde:

K é um coeficiente adimensional entre 1300 e 1900 (para PCH utilizar o valor 1600); P é a potência da turbina [kW].

Se o gerador escolhido for do tipo síncrono e não houver multiplicador de velocidade, o valor encontrado deve ser corrigido para a velocidade síncrona mais próxima. A velocidade de rotação mais alta conduz a turbinas de dimensões menores e geradores mais baratos. Assim, aplicando os valores da queda líquida, potência da turbina e o coeficiente chega-se:

$$n = \frac{K \times H_{liq}^{0,75}}{P^{0,5}} = \frac{1600 \times 43,65^{0,75}}{2727,675^{0,5}} = 520,25 [rpm]$$

Fazendo a correção para a velocidade síncrona mais alta, chega-se a $n = 600$ rpm (ou 10 rps) e $K = 1845$.

Usando-se (3) determina-se a velocidade específica, que define a geometria ou o tipo do rotor da turbina hidráulica:

$$n_s = \frac{10^3 \times 10 \times \sqrt{7}}{(43,65 \times 9,81)^{3/4}} = 281,0$$

Para a turbina da PCH, de acordo com as Figuras 2 e 3 pode-se classificar como Francis Normal, por estar na faixa de atuação destas turbinas e possuir velocidade específica

$n_s=281$. Por facilidade de instalação e manutenção do gerador em PCH normalmente monta-se esta na posição horizontal.

2) Especificações do gerador síncrono

Para a especificação do gerador síncrono, deve-se considerar a potência de eixo da turbina que já foi calculada, o rendimento em relação à sua classe de potência e o fator de potência. Deve ser lembrado que, de acordo com o guia de Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas da Eletrobrás, para o caso de geradores que operem interligados ao sistema elétrico, um fator de potência nominal de 0,90 a 0,95 é adequado. Como o valor de potência de eixo da turbina é de 2727,675 kW, a classe de potência aparente do gerador se enquadrará na faixa de 3 MVA, na falta de dados de rendimento utiliza-se o mesmo como sendo 97%, conforme a Tabela I. Sendo a potência ativa do gerador (potência gerada pela PCH) :

$$P_a = P_t \times \eta_G [kW]$$

$$P_a = 2.727,675 \times 0,97 \cong 2.646,00 [kW]$$

Para um fator de potência na faixa $0,9 \leq fp \leq 0,95$ tem-se a potência do gerador síncrono entre:

$$S_G = P_t \times \left(\frac{\eta_G}{\cos \phi} \right) [kVA]$$

$$2727,675 \times \left(\frac{0,97}{0,90} \right) \leq S_G \leq 2727,675 \times \left(\frac{0,97}{0,95} \right)$$

$$2.940,00 [kVA] \leq S_G \leq 2.785,00 [kVA]$$

De acordo com a Tabela II para geradores com potência de até 3 MVA, a tensão nominal deverá ser de 2300 V. Como o gerador será ligado em estrela aterrado a sua corrente nominal para a faixa de potência calculada anteriormente será de $738 [A] \leq I_N \leq 699 [A]$.

Para determinar o número de polos do gerador (2) fornece:

$$n = \frac{120 \times f}{p} \rightarrow p = \frac{120 \times 60}{600} \rightarrow p = 12 \text{ polos}$$

Para geradores de eixo horizontal com potência nominal abaixo de 5 MVA pode ser utilizado o gráfico da Figura 4 no Apêndice A, onde os pesos são obtidos a partir da relação kVA/rpm. As relações kVA/rpm para a faixa de potência calculada foram aproximadamente de 4,9 e de 4,642. Para a determinação do peso foram feitas as aproximações, considerando o trecho de 4,2 a 5 e de 17000 a 18000 como linear. Tendo esses pontos e usando-se (6) foi possível determinar (7), sendo:

$$y - y_1 = m(x - x_1) \quad (6)$$

$$m = \frac{18000 - 17000}{5 - 4,2} = 1250$$

$$y - 18000 = 1250(x - 5)$$

$$y = 1250x + 11750 [kg] \quad (7)$$

$$x = 4,642 [kVA / rpm] \rightarrow y \cong 17.553,00 [kg]$$

$$x = 4,9 [kVA / rpm] \rightarrow y \cong 17.875,00 [kg]$$

Pelos resultados nota-se que o peso do gerador síncrono vai estar na faixa de 17,553 a 17,875 toneladas, já para o valor do gerador especificado no Relatório Final do Projeto Básico da Pequena Central Hidrelétrica considerando a mesma equação anterior para o gerador de 3.260,00 [kVA] com rotação de 600 [rpm], valores da Tabela IV no Apêndice B, chega-se a um peso de 18,542 toneladas. Comparando a diferença de peso com o valor já especificado anteriormente, chega-se em 989 [kg], para uma diferença de 475 kVA e 0,15 do fator de potência. O gerador especificado no Relatório Final do Projeto Básico da Pequena Central Hidrelétrica terá um preço maior, o que também não traz vantagens para a PCH em relação à geração de potência reativa, e sim de potência ativa. Assim é mais viável economicamente optar pelo gerador especificado com fator de potência de 0,95.

3) Especificações do transformador elevador

O transformador elevador deverá ter potência nominal igual ou superior à potência máxima do gerador. Considerando que será usado um gerador com potência de 2785,100 kVA, pode ser adotado um transformador de potência nominal na faixa de 2,8 MVA. As características do transformador estão contidas na Tabela V.

Tabela V – Características do transformador elevador especificado [10].

Características do transformador elevador		
Potência nominal (kVA)	2800	
Frequência nominal (Hz)	60	
Tensão nominal do enrolamento primário (V) (Baixa tensão)	2300	
Tensão nominal do enrolamento secundário (V) (Alta tensão)	13800	
Designação da ligação dos enrolamentos	Baixa tensão	Δ
	Alta tensão	Y aterrado
Deslocamento angular	YNd1	
Método de resfriamento	ONAN	
Tensão máxima do equipamento kV (eficaz)	15	
Tensão suportável nominal de impulso atmosférico pleno kV (crista)	95	
Tensão suportável nominal à frequência industrial, durante 1 minuto e tensão induzida kV (eficaz)	34	

IV. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram utilizados valores reais de projeto, sendo os principais a queda líquida e a vazão nominal. A partir destes valores principais foi possível realizar os cálculos para especificar a turbina, o gerador síncrono e o transformador elevador, seguindo o guia de Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas da Eletrobrás. Porém, alguns detalhes foram considerados através de valores de referência como, por exemplo, os rendimento da turbina e do gerador. Também faltaram alguns detalhes das especificações das características do transformador, como a impedância de curto-circuito e os acessórios, porém tais detalhes dependem de critérios adotados pelos fabricantes dos equipamentos.

O fator de potência nominal para o gerador síncrono da PCH foi adotado com um valor de 0,95, como este estará conectado ao barramento da Usina Hidrelétrica Amador Aguiar I, não há necessidade do mesmo fornecer muito reativo, até porque poderá implicar diretamente nos custos da sua compra e do transformador.

Assim, como foi mostrado neste trabalho, algumas especificações dos principais equipamentos eletromecânicos contidas na Tabela IV do Apêndice B, devem ser revistos, pois é possível utilizar equipamentos de menor classe de potência, que possam atender as especificações para a PCH, refletindo financeiramente em menores custos de projeto.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a empresa Consórcio Capim Branco Energia, pela disponibilidade dos dados para a elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Atria Eenergy. Cenário energético do Brasil – 2014/2015. Acessado em 26 de Maio de 2015, em: <http://atriaenergy.com.br/novidades/cenario-energetico-do-brasil-20142015/>
- [2] Junges, F. C. *Análise de Viabilidade de Implantação de Pequena Central Hidrelétrica na Barragem Rodolfo da Costa e Silva*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2007.
- [3] ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. *BIG - Banco de Informações de Geração, Capacidade de Geração do Brasil*. Acessado em 26 de Maio de 2015, em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>
- [4] Silva, F. B. *Estudo do Potencial Energético para a Complementação por PCH da Geração da Usina Hidrelétrica Amador Aguiar I*. Trabalho de Conclusão de Curso. Programa de Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Uberlândia, 2010.
- [5] ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. *Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas*. Ministério das Minas e Energia, Janeiro de 2000.
- [6] Schreiber, G. P. *Usinas Hidrelétricas*, Editora Edgard Blücher, Rio de Janeiro, ENGEVIX, 1977.
- [7] Souza, Z.; Santos, A.H.M.; Bortoni, E.C. *Centrais Hidrelétricas: Estudos para Implantação*. Centrais Elétricas Brasileiras S. A. – ELETROBRÁS, 1999.
- [8] VA TECH HYDRO. *Noções Gerais Sobre Turbinas Hidráulicas*, 100p, 2006.
- [9] Projeto Básico – *Ampliação da UHE Amador Aguiar I*, Consórcio Capim Branco Energia – CCBE. Relatório Final, Volume I – Texto.
- [10] ABNT, *Associação Brasileira de Normas Técnicas*. ABNT NBR 5356- *Transformador de Potência*. Avenida Treze de Maio, 13 - 28º andar 20031-901 - Rio de Janeiro – RJ: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1993.

A. Apêndice

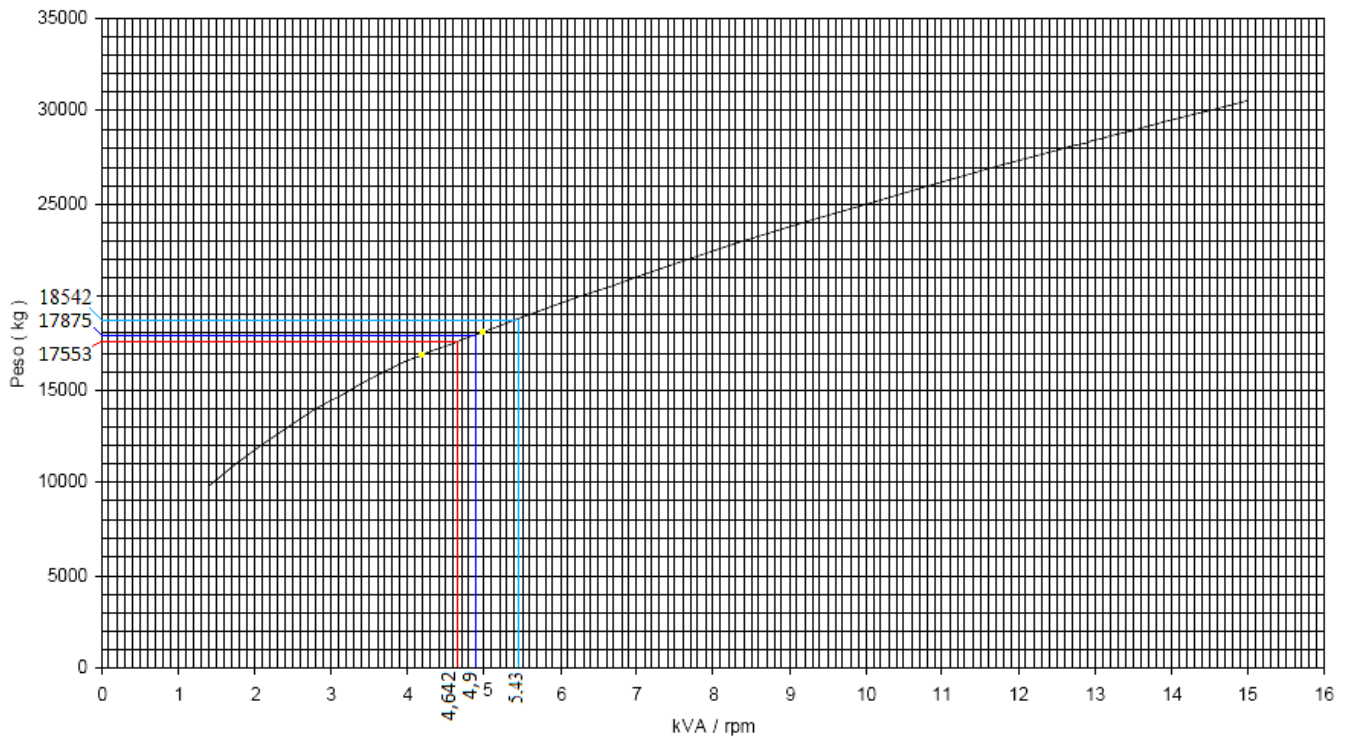


Fig. 4. Gráfico para determinação do peso de geradores de eixo horizontal até 5 MVA.

B. Apêndice

Tabela IV – Dados obtidos do Relatório Final do Projeto Básico da Pequena Central Hidrelétrica.

Estudos energéticos		Turbinas		
Queda Bruta	45,55 m	Tipo	Francis Horizontal	
Perda Hidráulica	1,9 %	Número de unidades	1	
Rendimento do conjunto turbina/gerador	88,27 %	Potência Unitária nominal	2, 646 MW	
Energia gerada	2, 646 MW	Rotação Síncrona	600 rpm	
		Queda de Referência	43,65 m	
		Rendimento máximo	91 %	
		Vazão Nominal Unitária	7 m ³ /s	
		Transformador elevador		
		Número de unidades	1	
		Potência nominal (kVA)	3,5 MVA	
		Frequência nominal (Hz)	60	
Geradores		Tensão nominal do enrolamento primário (V) (Baixa tensão)	4,16 kV	
Número de unidades	1	Tensão nominal do enrolamento secundário (V) (Alta tensão)	13,8 kV	
Potência Nominal	3, 260 MVA	Designação da ligação dos enrolamentos	Baixa tensão	Δ
Tensão Nominal	4,16 kV		Alta tensão	Y aterrado
Fator de Potência	0,8	Elevação de Temperatura	55 °C	
Rendimento Médio	97 %	Método de resfriamento	ONAN	
Ligação	Y aterrado			