

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

MAICON OURIQUES ALEXANDRE

**VIABILIDADE DE UMA VIGA TIPO PESCADORA PARA IÇAMENTO
DAS GRADES DA TOMADA D'ÁGUA**

**CASCABEL - PR
2019**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

MAICON OURIQUES ALEXANDRE

**VIABILIDADE DE UMA VIGA TIPO PESCADORA PARA IÇAMENTO
DAS GRADES DA TOMADA D'ÁGUA**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Professor Orientador: Me. Eng. Mec. Sérgio
Henrique Rodriguez Mota**

**CASCADEL - PR
2019**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
MAICON OURIQUES ALEXANDRE

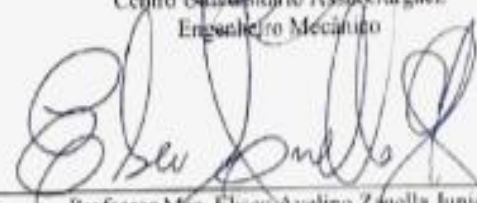
**VIABILIDADE DE UMA VIGA TIPO PESCADOR PARA IÇAMENTO DE GRADES
DE TOMADA DE ÁGUA**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor (a) Msc., MBA Sergio Henrique Rodrigues Mota

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Professor Msc., MBA Sergio Henrique Rodrigues Mota
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Professor Msc. Eliseu Avelino Zucella Junior
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico



Professor Esp. Rogerio Luiz Ludegero
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 27 de novembro de 2019.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela força divina em minha vida.

À minha esposa, por entender minha ausência diária, durante esta longa caminhada, e por me apoiar nas horas mais difíceis.

RESUMO

ALEXANDRE, Maicon Ouriques. **Viabilidade de uma viga tipo pescadora para içamento das grades da tomada d'água.** 2019. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Mecânica) – Centro Universitário Assis Gurgacz, 2019.

Este trabalho tem em vista avaliar a viabilidade da substituição do modo de içamento por cabos de aço das grades da tomada d'água da usina de Salto Osório pela utilização de uma viga tipo pescadora. Atualmente, o modo de içamento utilizado atende às necessidades básicas do referido sistema, ou seja, supre a necessidade de içamento para manutenção, mas consome muito tempo para a realização do mesmo, uma vez que para o engate dos cabos nas grades é necessária uma equipe de mergulhadores. Nesse sentido, a viga tipo pescadora realiza o engate automaticamente, sem a necessidade de mergulhadores, gerando, assim, maior disponibilidade de geração para usina.

Palavras-chave: Içamento. Disponibilidade. Tempo. Usina. Automaticamente.

ABSTRACT

ALEXANDRE, Maicon Ouriques. **Fisherman beam viability for water outlet grilles lifting.** 2019. 37 f. Undergraduate thesis (Mechanical Engineering Course) – Assis Gurgacz University Center, Cascavel, PR, 2019.

This work aims to evaluate the viability of wire rope lifting replacement mode of the Salto Osório plant's water intake grids by the use of a fisherman beam. Presently, the lifting mode used, meets the basic requirements of the referred system, in other words, it meets the need for maintenance lifting, but it is time consuming to perform, since a diving cable crew is required to engage the grids. In this way, the fisherman beam performs the automatic engagement, without the necessity of a diving cable crew, generating a bigger generation availability for the power plant.

Keywords: Lifting. Availability. Time. Power plant. Automatically.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1:	Usina Hidrelétrica Salto Osório.....	15
FIGURA 2:	Unidade geradora.....	16
FIGURA 3:	Grade da tomada d'água.....	19
FIGURA 4:	Tomada d'água Usina Hidrelétrica Salto Osório.....	20
FIGURA 5:	Viga tipo pescadora.....	21
FIGURA 6:	Mergulhadores.....	33
FIGURA 7:	Içamento das grades.....	33

LISTA DE TABELAS

TABELA 1:	Limitação de disponibilidade.....	24
TABELA 2:	Mão de obra.....	27
TABELA 3:	Custo da mão de obra.....	28
TABELA 4:	Custo dos mergulhadores.....	28
TABELA 5:	Tempo de içamento das grades das 6 UGs.....	30
TABELA 6:	Disponibilidade com içamento por cabo de aço.....	31
TABELA 7:	Disponibilidade com içamento da viga tipo pescadora.....	31
TABELA 8:	Custo da manutenção com a viga pescadora.....	32
TABELA 9:	Custo modo atual com o proposto.....	32

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	–	Agência Nacional de Energia Elétrica
ART	–	Anotação de Responsabilidade Técnica
EPCs	–	Equipamentos de Proteção Coletiva
EPIs	–	Equipamentos de Proteção Individual
ID	–	Índice de Disponibilidade de Referência
FHC	–	Fernando Henrique Cardoso
MW		Megawatt
ONS	–	Operador Nacional do Sistema Elétrico
TEIF	–	Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada
UG	–	Unidade Gestora

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	OBJETIVOS.....	12
1.1.1	Objetivo Geral.....	12
1.1.2	Objetivos Específicos.....	12
1.2	JUSTIFICATIVA.....	13
1.3	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	13
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	HIDROELÉTRICAS.....	15
2.2	USINA HIDRELÉTRICA SALTO OSÓRIO.....	17
2.2.1	Características hidrológicas.....	17
2.2.2	Equipamentos.....	17
2.2.3	Potência nominal unitária.....	17
2.2.4	Entrada em operação.....	18
2.3	GRADES.....	18
2.4	VIGA PESCADORA.....	20
2.5	PÓRTICO.....	21
2.6	MERGULHO.....	22
2.7	INDISPONIBILIDADE.....	23
3	METODOLOGIA.....	25
4	RESULTADOS.....	27
4.1	CUSTO DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO.....	27
4.2	TEMPO DE MANUTENÇÃO.....	28
4.3	DISPONIBILIDADE.....	31
4.4	TEMPO DE RETORNO DO CAPITAL INVESTIDO.....	31
4.5	SEGURANÇA.....	32
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	35
	REFERÊNCIAS.....	36

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em novembro de 2008, havia 227 CGHs operando, potência máxima de 120 MW, 320 PCHs com potência instalada de 2,4 mil MW e 159 UHE com potência instalada total de 74,632 mil MW. Nesse mesmo mês, usinas hidroelétricas, de qualquer tamanho, respondiam por 75,68% da potência instalada no Brasil, ou seja, de 102,262 mil MW (ANEEL, 2008).

Diante desses dados, percebe-se que, quanto mais disponibilidade de geração as usinas têm, maior é a geração de energia disponível no país e, por extensão, maior lucro da empresa. Conforme Resolução nº 594, de 17 de dezembro de 2013, da ANEEL, é essencial que as usinas garantam a disponibilidade de geração. Caso esta disponibilidade não seja cumprida, a usina torna-se passiva de multa (ANEEL, 2013).

A Usina Hidrelétrica Salto Osório tem problema de disponibilidade de geração devido à manutenção nas grades da tomada d'água, pois, para realizar manutenção nas grades de uma unidade geradora, é preciso que todas as outras unidades parem de gerar energia, possibilitando, assim, a entrada de mergulhadores na água, onde estes realizam o engate de cabos de aço, para que se faça o içamento das grades.

Para solucionar o problema evidente, o presente trabalho propõe a aquisição de um projeto de confecção de uma viga tipo pescadora, por meio da qual passa a ser desnecessária a utilização de cabos de aço para a realização do içamento, justificando a não contratação de mergulhadores e, principalmente, garantindo a disponibilidade da usina, porque as outras unidades geradoras não precisam parar de gerar energia.

Dessa forma, a viga tipo pescadora é imprescindível, visto que, com ela, é possível a substituição dos cabos de aço que não dão segurança ao longo do tempo, uma vez que é fundamental sua troca em um determinado período por causa da alma de fibra e devido à sua oxidação.

À vista disso, neste estudo, são verificados os custos de disponibilidade das unidades geradoras, custos de manutenção, tempo de manutenção e a melhoria na condição de segurança das pessoas envolvidas, tanto dos mergulhadores quanto das pessoas que trabalham para a execução da retirada das grades.

Nesse sentido, o presente estudo tem uma grande importância para a Usina Hidrelétrica Salto Osório, em decorrência da viabilidade econômica de geração de energia, disponibilidade de geração de energia e viabilidade de segurança a usina.

Ao longo da pesquisa realizada a qual resulta nos dados e resultados, aqui explicitados, foi utilizada a metodologia sob o viés das pesquisas de campo, bibliográfica e exploratória. A pesquisa de campo foi utilizada para a coleta de dados, com produção de cálculos estruturais, dimensionamento e design. A pesquisa bibliográfica, para a realização dos cálculos e, de modo especial, para o embasamento teórico. E por fim, a pesquisa exploratória, porque não há muito material disponível sobre o conteúdo de viga tipo pescadora.

Este trabalho divide-se em: coleta de dados, a principal parte do projeto de pesquisa, já que os dados coletados serviram de base para todos os cálculos; embasamento teórico, pois, após a coleta de dados, o embasamento teórico foi fundamental para enriquecer os cálculos necessários, bem como as teorias serviram de suporte para análises e constatações; viabilidade do projeto, tendo em vista que, a partir dos cálculos e do embasamento teórico, a comprovação da viabilidade do projeto tornou-se imprescindível, ilustrando os pontos positivos e negativos da confecção da viga tipo pescadora.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Verificar a viabilidade da aquisição/confecção de uma viga tipo pescadora para içamento das grades de admissão de água da Usina Hidrelétrica Salto Osório.

1.1.2 Objetivos Específicos

Verificar a viabilidade econômica para a confecção do projeto.

Identificar o aumento da disponibilidade com a aquisição da viga pescadora.

Levantar os pontos quanto à segurança, para identificar os riscos existentes no projeto atual e compará-los com o projeto anterior.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho surgiu a partir da experiência profissional em uma empresa de geração de energia, na qual se constatou a oportunidade de melhoria no içamento das grades da tomada d'água da Usina Hidrelétrica Salto Osório, tendo em vista a redução dos riscos de segurança, a diminuição do tempo de manutenção e, principalmente, a disponibilidade de geração.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Apesar de existirem diversas formas de realizar o engate de grades da tomada d'água, a utilizada atualmente não é a mais segura para os trabalhadores que a executam, nem mesmo a mais lucrativa. Atualmente, são utilizados cabos de aço para realizar essa retirada e a substituição dos cabos de aço por uma viga pescadora deve-se a uma série de problemas.

Um primeiro problema é o cabo de aço que, por ser de alma de fibra, não é recomendado para trabalhos submersos, pois tem menor resistência a tração do que um cabo com alma de aço. Logo, sua vida útil é limitada devido à alma de fibra.

Outro problema é o engate do cabo de aço nas grades, uma vez que, para realizá-lo, é necessária a contratação de uma equipe de 06 pessoas, sendo 04 mergulhadores que precisam realizar o engate em até 20 metros de profundidade, tornando-se, assim, um dos principais pontos que inviabiliza quanto à segurança.

Ademais, há a viabilidade econômica, uma vez que, para a substituição das grades de admissão de cada unidade geradora, é preciso que as todas as unidades geradoras estejam paradas, isso significa ausência de lucro à empresa. Todavia, essa necessidade é imprescindível para a retirada das grades pelo método por cabo de aço, pois os mergulhadores têm que realizar o engate do cabo nas grades. Se alguma unidade geradora começar a gerar energia, os mergulhadores são succionados para o seu interior.

A partir desses problemas evidenciados, questiona-se: Por que substituir o modo de içamento de cabos de aço das grades de admissão da Usina Hidrelétrica Salto Osório por uma viga tipo pescadora?

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi aplicada na região oeste do estado do Paraná, especificamente na Usina Hidrelétrica Salto Osório, localizada em São Jorge do Oeste-PR. A referida usina se volta a empresas que utilizam grades na admissão de água para geração de energia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 HIDRELÉTRICAS

Segundo o Atlas Nacional de Energia Elétrica, publicado pela ANEEL, a utilização de energia hidráulica era uma das formas de trocar o trabalho animal pelo mecânico, especialmente para bombear água e triturar grãos. Entre os principais aspectos energéticos mais importantes destacam-se: obtenção de recurso, energia renovável e reaproveitamento da água (ANEEL, 2008).



Figura 1: Usina Hidrelétrica Salto Osório

(Fonte: ENGIE, 2014)

Nos anos 60, com o objetivo de implantar grandes projetos de usinas hidrelétricas, foi desenvolvida a Eletrobrás - Centrais Elétricas Brasileiras S.A., responsável por projetos hidrelétricos como Sobradinho, Balbina, Itaipu Binacional e Itaparica. Ao desenvolver seu papel de holding, atribuiu tarefas de elaboração e implementação de projetos de geração de energia para algumas subsidiárias. Em conformidade com o plano do Estado, as empresas definidas para desenvolver essas funções deveriam atuar somente na distribuição de energia. Com isso, a centralização seguiu os propósitos das audaciosas propostas definidas pelos governos militares (SANTOS, 2003).

A contribuição da energia hidráulica na matriz energética do Brasil é na casa de 42%, gerando, mais ou menos, 90% de toda a eletricidade no país. Apesar do surgimento de outras fontes de energia elétrica e devido às restrições socioeconômicas e ambientais de usinas hidrelétricas, bem como dos aumentos tecnológicos no aproveitamento de fontes não

convencionais, tudo indica que a energia hidráulica continuará sendo, por gerações, a principal fonte geradora de energia elétrica no país.

Mesmo com os grandes potenciais remanescentes situados em regiões com grandes tendências a impactos ambientais e distantes das grandes cidades, estima-se que, ao longo dos anos, ao menos 50% da necessidade de expansão da capacidade de geração seja de origem hídrica (ANEEL, 2002).

Convém ressaltar que a barragem serve para interromper o caminho do rio e formar o reservatório. Por intermédio dela, é possível acumular água. Ademais, a barragem tem outras funções, tais como: permite a queda necessária para a configuração de uma usina; armazena água em volume adequado; acumula água em períodos de estiagem, isto é, estoca água em épocas não chuvosas.

Existem usinas hidrelétricas denominadas “fios d’água”. Ou seja, são usinas que utilizam turbinas que aproveitam a vazão do rio, entretanto, seu objetivo não é o de acumular água no reservatório, pois a água que chega é utilizada para geração. Essas usinas minimizam as áreas alagadas e, desse modo, não necessitam de reservatórios para acumular água.

Outros sistemas de captação e adução são formados por túneis, canais ou condutos metálicos que levam a água à casa de força. A casa de força é local onde estão instaladas as turbinas, que são uma série de pás unidas a um eixo e acopladas a um gerador de energia. Na passagem da água por estas pás ocorre o movimento giratório o qual é convertido em energia cinética e, por fim, em energia elétrica através do gerador. Após a passagem pelas turbinas, a água volta ao seu curso natural do rio através do canal de fuga (Figura 2).

As principais turbinas hidráulicas são: Kaplan, Bulbo, Francis e Pelton e cada uma dessas turbinas tem a funcionalidade em determinadas faixas de vazão e altura (ANEEL, 2002).

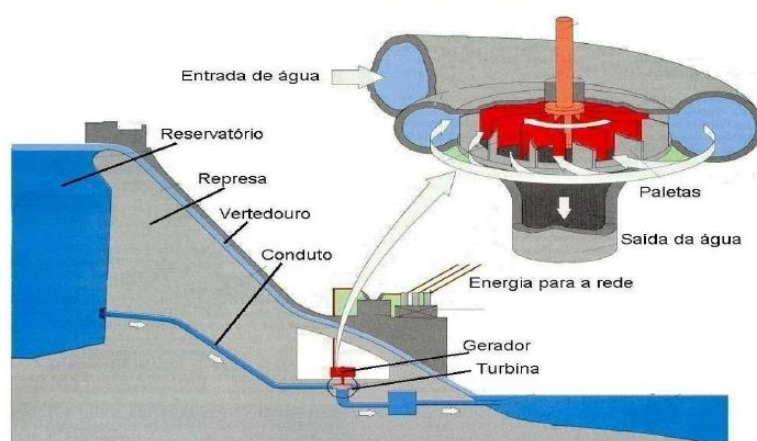


Figura 2: Unidade geradora

(Fonte: ANEEL, 2002)

2.2 USINA HIDRELÉTRICA SALTO OSÓRIO

A Usina Hidrelétrica Salto Osório está localizada no rio Iguaçu, entre os municípios de São Jorge D'Oeste e Quedas do Iguaçu, e tem uma capacidade instalada de 1.078 MW. Até o ano de 1997, pertencia à empresa estatal Eletrosul - Centrais Elétricas S.A. No entanto, durante o segundo mandato do presidente Fernando Henrique Cardoso (FHC), foi concedida à iniciativa privada juntamente com todo o parque gerador da Eletrosul. O parque gerador era composto por 05 usinas termelétricas, sendo 03 usinas hidrelétricas e 02 usinas hidrelétricas em construção.

2.2.1 Características hidrológicas

Entre as características hidrológicas, destacam-se:

- a) área da bacia hidrográfica: 45.800km²;
- b) área do reservatório: 51km²;
- c) vazão média anual: 937m³/s;
- d) vazão nominal por unidade: 289m³/s;
- e) volume acumulado útil: 403hm³;
- f) nível máximo normal (cota): 397m;
- g) queda líquida: 72m;
- h) descarga máxima dos vertedouros 28.000m³/s.

2.2.2 Equipamentos

Quanto aos equipamentos, são 06 turbinas tipo Francis.

2.2.3 Potência nominal unitária

Em relação à potência nominal unitária, ressaltam-se os seguintes itens:

- a) 04 turbinas Mitsubishi 254.500CV;

- b) 02 turbinas Hitachi 256.000CV;
- c) 06 geradores;
- d) potência nominal unitária: 194.500Kva;
- e) fator de potência: 0,9;
- f) 07 transformadores elevadores (1 reserva) com capacidade nominal unitária 196.500kVA;
- g) 06 condutos forçados de aço de diâmetro 7.4m;
- h) 09 comportas radiais dos vertedouros de dimensões: 20,77x 15,3m.

2.2.4 Entrada em operação

No que tange à entrada em operação, registram-se, ao longo dos anos, as seguintes unidades:

- a) unidade 1: 17/10/1975;
- b) unidade 2: 11/12/1975;
- c) unidade 3: 24/02/1976;
- d) unidade 4: 04/06/1976;
- e) unidade 5: 30/12/1980;
- f) unidade 6: 21/06/1981.

Relevante considerar que a usina hidrelétrica é composta basicamente de: reservatório, casa de força, barragem, tomada d'água, condutos forçados, canal de fuga e vertedouro. Os principais equipamentos que compõem uma unidade geradora são: gerador, turbina, regulador de velocidade, transformadores elevadores, disjuntor/proteção, sistema de controle e supervisão e auxiliares mecânicos.

2.3 GRADES

Segundo a empresa ENGIE Brasil Energia, presente, no Brasil, há mais de 20 anos, as grades da tomada d'água têm por finalidade impedir a entrada de detritos provenientes do reservatório da usina que, em virtude de suas dimensões, podem danificar as unidades geradoras. Destas, fazem parte os seguintes componentes estruturais:

- a) 07 conjuntos de grades removíveis, cada conjunto constituído por 05 painéis equipados com patins de deslizamento e dispositivo para acoplamento com a viga pescadora, porém, para sua retirada, é utilizado cabo de aço;
- b) 01 conjunto de grade removíveis de reserva, constituído por 05 painéis equipados com patins de deslizamento e dispositivo para acoplamento;
- c) 06 conjuntos de peças fixas de segundo estágio.

A tomada d'água do canal de adução situa-se à margem direita e foi constituída por estrutura de concreto e pilares intermediários, com 06 aberturas nas quais estão instaladas as grades. Nas aberturas, são embutidas guias fixas para os elementos de grade os quais transmitem os esforços à estrutura de concreto. Em cada uma das aberturas na tomada d'água está instalada uma grade composta por 05 painéis.

As grades da tomada d'água (Figura 3) são do tipo removível, constituídas de painéis dispostos em colunas para impedir a entrada de detritos que possam comprometer a operação das turbinas hidráulicas. A movimentação dos painéis é realizada pelo Pórtico Rolante da tomada d'água (Figura 4), sempre com as unidades geradoras paradas e com auxílio de cabo de aço (ENGIE, 2014).



Figura 3: Grade da tomada d'água

(Fonte: ENGIE, 2014)

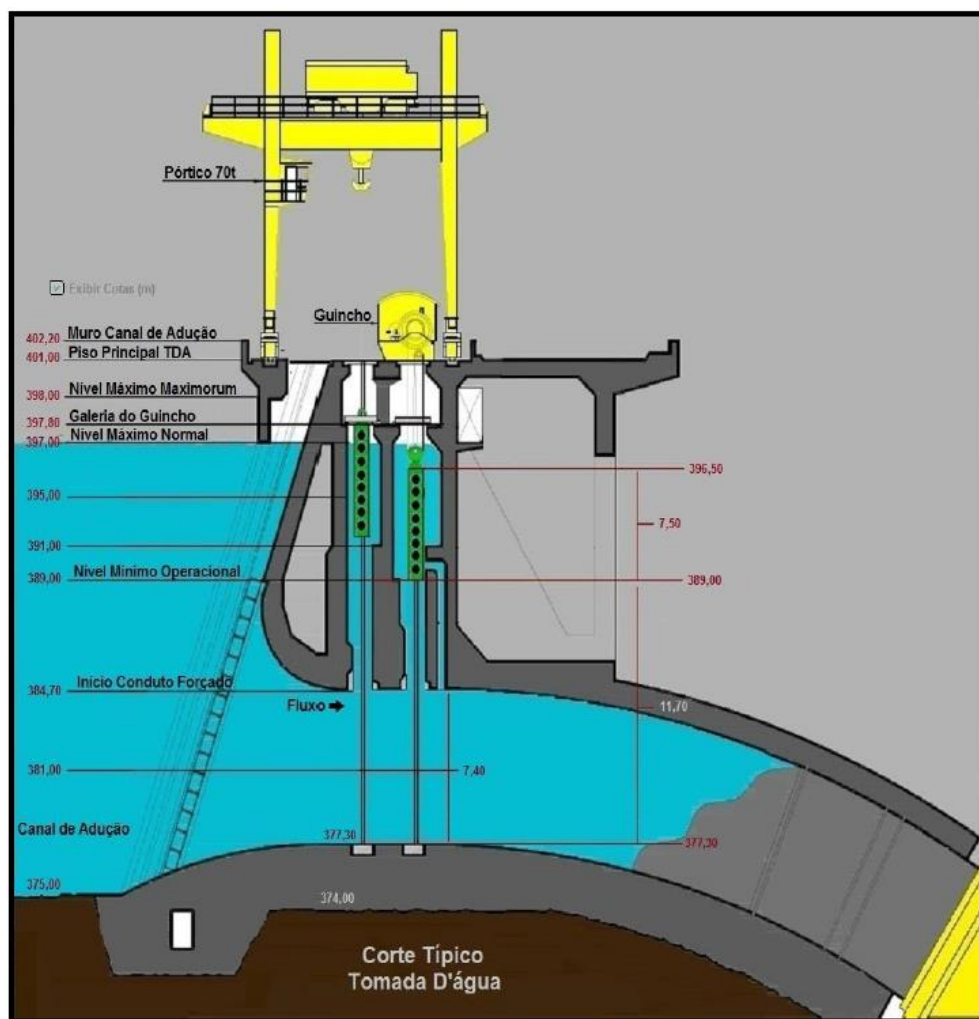


Figura 4: Tomada d'água Usina Hidrelétrica Salto Osório

(Fonte: ENGIE, 2014)

2.4 VIGA PESCADORA

Segundo a empresa ENGIE Brasil Energia, a viga pescadora é uma estrutura rígida de aço soldada que permite a manobra de painéis através do gancho do Pórtico Rolante. É provida de dois ganchos destinados a suspender um painel por vez e deve ser suspensa por um ponto central acoplado ao gancho do moitão através de um pino de aço inoxidável, incluído neste fornecimento.

A viga pescadora (Figura 5) é constituída por peças fixas de guiamento lateral do painel e seu ponto de suspensão, bem como os ganchos laterais estão no mesmo plano vertical que passa pelo centro de gravidade do elemento a ser içado. Todos os parafusos, porcas e calços de fixação das rodas são de aço inoxidável.

Os movimentos de acoplamento e desacoplamento dos ganchos da viga pescadora são simultâneos e obtidos através de dispositivo mecânico acionado por contrapeso central, tornando possíveis as operações.

Todos os mancais são de deslizamento, dotados de buchas autolubrificantes, próprios para trabalharem submersos em água e todos os eixos ou pinos que tenham contato com peças submetidas a movimentos angulares são de aço inoxidável (ENGIE, 2014).



Figura 5: Viga tipo pescadora

(Fonte: GRHD, 2019)

2.5 PÓRTICO

Em conformidade com a empresa ENGIE Brasil Energia, o pórtico é um equipamento de elevação que se destina à movimentação de peças de grande porte e de tonelagem existentes numa instalação. No caso de uma usina hidrelétrica, esses equipamentos são os pórticos e as pontes rolantes.

O pórtico é uma estrutura metálica móvel, destinada à movimentação das comportas, grades da tomada d'água, stop log e cargas grandes e pesadas. Os pórticos geralmente são montados em campo aberto, sem abrigo e se caracterizam pela altura de suas “pernas”. Já os

acionamentos são feitos através de motores elétricos e/ou manuais. Quanto aos dados do pórtico de 70t da tomada d'água, é relevante levar em consideração:

- a) fabricante: TORQUE S.A.;
- b) capacidade: 70/10 t;
- c) vão do pórtico: 10m;
- d) altura de elevação guincho principal: 28m;
- e) altura de elevação guincho auxiliar: 35m;
- f) velocidade da elevação guincho principal: 1,5m/min;
- g) velocidade da elevação guincho auxiliar: 8m/min;
- h) velocidade de translação do carro: 3m/min;
- i) velocidade de translação do pórtico: 30m/min;

2.6 MERGULHO

O mergulho é uma atividade humana de origem tão antiga que alguns estudiosos afirmam que as provas datam do ano 2000 a.C., encontradas no Peru. Durante séculos, foram feitas diversas tentativas com diferentes formas de equipamentos para realização de mergulhos.

No ano de 1623, inventou-se um traje de mergulho que recebia ar da superfície por meio de uma mangueira de couro e uma draga, para recuperar tesouros.

No ano de 1837, o inglês Siebe revolucionou os mergulhadores ao desenhar uma roupa de mergulho fechada, menos nas mãos. Por meio desta, o mergulhador ficava protegido do frio e do contato com as espécies do fundo marítimo. Além disso, o ar era suprido da superfície por uma mangueira, mediante um compressor.

Mais de um século depois da criação dessa roupa, um engenheiro e um oficial da Marinha de Guerra francesa, Cousteau, construíram um equipamento autônomo de respiração submersa, com nadadeiras, o qual permitia ao homem nadar em qualquer direção.

Atualmente, estimulados pelo desenvolvimento e incentivo das explorações submarinas petrolíferas, os meios técnicos em forma de equipamentos de mergulho, instalações, equipamentos eletrônicos, câmaras de compressão e descompressão, assim como navios de apoio na superfície, são mais complexos e exigem um pessoal cada vez mais preparado.

Devido ao efeito narcótico do nitrogênio que dificultava a realização de mergulhos em maiores profundidades e limitava o tempo de permanência no fundo, em 1925, a Experimental

Diving Unit, dos Estados Unidos, utilizou o gás hélio, um gás neutro que parecia ser capaz de substituir, com vantagem, o nitrogênio nas misturas respiratórias. Descobriu-se, então, que o hélio permitia mergulhos a profundidades muito maiores e por mais tempo, sem o aparecimento da perigosa narcose.

Nos anos 60, foi desenvolvido o conceito de Mergulho de Saturação, pelo fato do gás inerte equilibrar-se com a pressão ambiente em todos os tecidos. Isso porque um mergulhador, ao permanecer por certo tempo em determinada profundidade, pode saturar todas as partes do seu organismo. Esse conceito permite a permanência de mergulhadores, executando trabalhos submersos, sob severas pressões, por vários dias.

2.7 INDISPONIBILIDADE

A indisponibilidade representa, em termos percentuais, o período em que a usina/unidade se encontra total ou parcialmente impossibilitada de gerar potência ativa (Tabela 1). A indisponibilidade pode ser representada também em termos de megawatts (MW) não gerados, multiplicando o tempo (equivalente) de indisponibilidade pela capacidade (bruta ou líquida da usina), conforme os distintos tipos de indisponibilidade:

- a) Indisponibilidade Programada: toda indisponibilidade originada por uma intervenção solicitada dentro dos prazos exigidos pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS); segundo o submódulo 6.5 dos Procedimentos de Rede do ONS, a intervenção só é programada quando se inicia num prazo igual ou superior a 48 horas de sua solicitação;
- b) Indisponibilidade Forçada Urgente: toda solicitação inferior a 48 horas ao início da indisponibilidade, em que o ONS for comunicado sobre o desligamento/limitação com antecedência suficiente para poder preparar o sistema; a definição de urgência de uma indisponibilidade é dada pelo despachante do ONS;
- c) Indisponibilidade Forçada Intempestiva (emergência): toda indisponibilidade caracterizada por desligamentos ou limitações imediatas (automáticos ou manuais), ou sem emissão prévia de documentação, ou quando o ONS não possui tempo hábil para preparar o sistema; incluem-se nesta definição as falhas na partida e no processo normal de parada das unidades;
- d) Taxa Equivalente de Indisponibilidade Forçada (TEIF): porcentagem esperada de tempo que representa o período em que uma usina hidrelétrica se mantém fora de

operação, resultante de falha, interrupção ou restrição em condições não programadas;

- e) Indisponibilidade Programada (IP): porcentagem esperada de tempo que representa o período em que uma usina hidrelétrica se mantém fora de operação, resultante de intervenções ou restrições programadas.

Limites (MW)	TEIF (%)	IP (%)	Índice de Disponibilidade (ID) (%)
Potência Unitária ≤ 29	2,068	4,660	93,368
$29 < \text{Potência Unitária} \leq 59$	1,982	5,292	92,831
$59 < \text{Potência Unitária} \leq 199$	1,638	6,141	92,322
$199 < \text{Potência Unitária} \leq 699$	2,133	3,688	94,258
$699 < \text{Potência Unitária} \leq 1300$	3,115	8,263	88,879

Tabela 1: Limitação de disponibilidade

(Fonte: ENGIE, 2019)

3 METODOLOGIA

A análise explicitada neste estudo se baseou em pesquisas bibliográficas que fundamentaram e definiram a viabilidade da substituição do modo de içamento das grades da tomada d'água.

Consoante Gil (2008), a pesquisa bibliográfica é utilizada de acordo com materiais elaborados, a exemplo de livros e artigos científicos. Esta pesquisa deu ênfase aos benefícios da utilização de uma viga tipo pescadora que realiza o engate automático das grades, sem desmerecer o modo de içamento já existente, pois o mesmo atende às necessidades básicas do sistema.

Segundo Cervo, Bervian e Silva (2007) quando são manipuladas diretamente variáveis relacionadas ao objeto de estudo, a pesquisa denomina-se pesquisa experimental. A manipulação de variáveis proporciona, assim, o estudo da relação entre as causas e os efeitos de determinado fenômeno.

Para Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa experimental acontece efetivamente quando o pesquisador tenta refazer as condições de um objeto a ser estudado, visando à observação sob controle. Para isso, o pesquisador utiliza locais apropriados, aparelhos e instrumentos com muita precisão, para demonstrar o modo ou as causas pelas quais um determinado fato é apresentado.

Sob tais premissas, para avaliar a viabilidade da substituição do modo de içamento das grades, foram utilizados dados da usina.

Os dados de tempo de manutenção, tempo de içamento das grades, quantidade de pessoas e custo da mão de obra, para a realização do içamento do equipamento, foram coletados no manual do pórtico, considerando desenhos específicos da usina, relatórios de manutenção de içamento das grades e, principalmente, descrições de ordens de serviço através do Software MÁXIMO[®].

Para a verificação dos riscos da atividade, foram utilizados relatos das pessoas envolvidas, como técnicos executantes, supervisores e, de modo especial, técnico de segurança, verificando-se também as análises preliminares de risco do trabalho. Com isso, foi possível levantar os riscos aos quais todos os trabalhadores se submetem ao executarem as atividades.

A disponibilidade de geração foi calculada por meio de relatórios dos históricos da usina, coletados no Software MÁXIMO[®]. Igualmente, foram realizadas consultas nas Portarias do Ministério de Minas e Energia, com o intuito de tomada de conhecimento a respeito

das disponibilidades de geração. De posse dos dados, foi possível verificar a disponibilidade com os dois modos de içamento.

O payback também foi calculado, com o uso dos dados de aquisição de uma viga tipo pescadora nova a partir de uma viga já adquirida pela Usina Hidrelétrica Salto Osório, utilizada para içamento das comportas stop logs. Com base no valor de aquisição da viga da usina e adicionada a inflação até os anos atuais, pôde-se estimar um valor aproximado. Sendo assim, o payback foi calculado, utilizando o valor estimado de uma viga nova com o valor da contratação da equipe de mergulho.

A partir dos resultados, verificou-se a viabilidade da viga tipo pescadora que atualmente é utilizada em várias usinas. Constatou-se também que esta viga pode ser utilizada na Usina Hidrelétrica Salto Osório.

4 RESULTADOS

4.1 CUSTO DA EQUIPE DE MANUTENÇÃO

Para executar a manutenção da troca das grades da tomada d'água, é necessária uma equipe de manutenção, conforme representado na Tabela 2, pelos seguintes colaboradores: supervisor de manutenção; chefe de equipe; técnico 1; técnicos terceiros 1, 2 e 3; equipe de mergulhadores, com 07 colaboradores, contratada por empresa. Ademais, 01 enfermeira e 01 técnico de segurança para a saúde e segurança dos trabalhadores são envolvidos.

Mão de obra	Tempo	Valor
Supervisor de manutenção	10 horas	R\$ 840,00
Técnico 1	10 horas	R\$ 840,00
Chefe de equipe	10 horas	R\$ 840,00
Técnico terceiro 1	10 horas	R\$ 840,00
Técnico terceiro 2	10 horas	R\$ 840,00
Técnico terceiro 3	10 horas	R\$ 840,00
Equipe de mergulho	por chamada	R\$ 40.000,00
Técnico de Segurança	10 horas	R\$ 840,00
Enfermeira	10 horas	R\$ 840,00
Total por unidade geradora		R\$ 46.720,00
Total para as 6 unidades geradoras		R\$ 280.320,00

Tabela 2: Mão de obra

(Fonte: ENGIE, 2019)

Para os valores de homem/hora, foram utilizados os dados do Software MÁXIMO[®], software que gerencia o sistema de manutenção quanto à gestão das ordens de serviço, custo de homem/hora, planos de trabalho, entre outros.

O referido software utiliza uma média de custo de homem/hora. Desta média fazem parte diferentes colaboradores, desde o gerente de manutenção até os técnicos de execução.

A aquisição da viga pescadora resulta em economia, haja vista que não há necessidade de contratação da equipe de mergulhadores, nem mesmo da equipe de segurança, como enfermeira e técnico de segurança, já que nenhum colaborador corre algum risco eminente. O custo da mão de obra é explicitado na Tabela 3.

Mão de obra	Tempo	Valor
Supervisor de manutenção	10 horas	R\$ 840,00
Técnico 1	10 horas	R\$ 840,00
Chefe de equipe	10 horas	R\$ 840,00
Técnico terceiro 1	10 horas	R\$ 840,00
Técnico terceiro 2	10 horas	R\$ 840,00
Técnico terceiro 3	10 horas	R\$ 840,00
Total por unidade geradora		R\$ 5.040,00
Total para as 6 unidades geradoras		R\$25.200,00

Tabela 3: Custo da mão de obra

(Fonte: ENGIE, 2019)

Conforme se observa na Tabela 3, a economia em relação à mão de obra é considerável para o setor de manutenção, pois, sendo desnecessária a contratação dos mergulhadores, a manutenção passa a ter uma economia de, mais ou menos, 90% do valor para execução do trabalho.

O valor de R\$ 40.000,00 para a contratação da equipe de mergulho é por chamada, ou seja, na Usina Hidrelétrica Salto Osório, que tem 6 unidades geradoras, o valor é multiplicado por 6, o que gera um custo elevado, conforme ilustra a Tabela 4.

Unidade geradora 1	Unidade geradora 2	Unidade geradora 3	Unidade geradora 4	Unidade geradora 5	Unidade geradora 6	Total
R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$	R\$
40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	40.000,00	240.000,00

Tabela 4: Custo dos mergulhadores

(Fonte: ENGIE, 2019)

4.2 TEMPO DE MANUTENÇÃO

Atualmente, a manutenção de içamento das grades da tomada d'água da Usina Hidrelétrica Salto Osório leva cerca de 10 horas. Conforme dados de altitude coletados, representados na Figura 4, pode-se perceber que, para içar a primeira grade, é preciso descer da cota 402,2 m para a cota 389 m em relação ao nível do mar. Ou seja, 13,2 m para descer e mais 13,2 m para subir.

De acordo com a Figura 3, referente às grades da tomada d'água da Usina Hidrelétrica Salto Osório, verifica-se que cada grade tem 3 m de altura. Assim sendo, infere-se que a primeira grade é içada a partir de 13,2 m; a segunda, a partir de 16,2 m; a terceira, a 19,2 m; a

quarta a 22,2m; a última grade é içada a 25,2 m. O tempo de içamento é calculado, considerando-se a Equação 1, correspondente ao tempo de içamento:

$$t = \frac{2 \cdot h}{V} \quad (1)$$

onde:

t = tempo para içamento de uma grade;

2*h = altura para chegar ao ponto de engate da grade para descer e subir;

V = velocidade de elevação do guincho principal que é 1,5 m/min.

Para o içamento da primeira grade, a altura “h” é de 13,2 metros. Então, o tempo corresponde a:

$$t = \frac{2 \cdot 13,2}{1,5} \Rightarrow t = 17,6 \text{ minutos}$$

Para o içamento da segunda grade, a altura “h” é de 16,2 metros. Desse modo, o tempo é de:

$$t = \frac{2 \cdot 16,2}{1,5} \Rightarrow t = 21,6 \text{ minutos}$$

Para o içamento da terceira grade, a altura “h” é de 19,2 metros. Sendo assim, o tempo equivale a:

$$t = \frac{2 \cdot 19,2}{1,5} \Rightarrow t = 25,6 \text{ minutos}$$

Para o içamento da quarta grade, a altura “h” é de 22,2 metros. Dessa forma, o tempo é de:

$$t = \frac{2 \cdot 22,2}{1,5} \Rightarrow t = 29,6 \text{ minutos}$$

Para o içamento da quinta grade, a altura “h” é de 25,2 metros. Logo, o tempo corresponde a:

$$t = \frac{2 * 25,2}{1,5} \Rightarrow t = 33,6 \text{ minutos}$$

Com a soma dos tempos, tem-se o total de 128 minutos, ou então, 2,133 horas para retirada das grades da tomada d’água. Entretanto, esse tempo tem que ser multiplicado por 2, pois ao serem retiradas as grades instaladas, é necessária a colocação das grades reservas, para a unidade geradora continuar sua operação. Desse modo, para a retirada das grades da tomada d’água o tempo estimado é de 2,133 multiplicado por 2, que equivale a 4, 27 horas.

Conforme o histórico de manutenções das grades, verifica-se que o tempo de manutenção atual para içamento das grades é de cerca de 10 horas. Logo, subtraindo 4,27 horas de 10 horas, há uma sobra de 5,73 horas.

Esse tempo de 5,73 horas é utilizado pela equipe de mergulho. Convém destacar as atividades realizadas pela empresa para que esta equipe possa desempenhar suas funções, a saber:

- diálogo de segurança, elencando os principais riscos para execução das atividades;
- preparação da câmara hiperbárica;
- preparação dos EPIs e EPCs de mergulho, como vestimentas, cilindros de ar e cordas mangueiras;
- preparação das embarcações para iniciar o mergulho;
- engate dos cabos de aço nas grades feito manualmente.

Com a utilização da viga tipo pescadora, o tempo de içamento das grades passa a ser otimizado em 5,73 horas ou 57,3%, já que a mesma pode realizar o engate automaticamente e içar as grades apenas com a utilização do pórtico. Sendo assim, o tempo gasto para manutenção nas grades com a viga pescadora passa a ser o descrito na Tabela 5.

Tempo de troca das grades da tomada d’água da Usina Hidrelétrica Salto Osório						
UG 1	UG 2	UG 3	UG 4	UG 5	UG 6	TOTAL
4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	4,27	25,62 horas

Tabela 5: Tempo de içamento das grades das 6 UGs

(Fonte: ENGIE, 2019)

4.3 DISPONIBILIDADE

Conforme os cálculos demonstrados no item 4.2, depreende-se que o tempo de içamento das grades da tomada d'água pode reduzir em 57,3%. Por conseguinte, um aumento na disponibilidade da usina, pois o tempo para içamento passa a ser de 5,73 horas e também não será mais necessário indisponibilizar outras unidades geradoras.

A disponibilidade da usina, no caso de içamento das grades da tomada d'água com cabo de aço e mergulhadores em uma unidade geradora, tendo em vista os dados de um mês de geração, atinge os resultados apresentados na Tabela 6.

Horas do mês de janeiro	744 horas
Tempo de manutenção	60 horas
Disponibilidade	91,93%

Tabela 6: Disponibilidade com içamento por cabo de aço

(Fonte: ENGIE, 2019)

Distintamente desses valores, a disponibilidade da usina no mesmo mês com a utilização da viga tipo pescadora é registrada na Tabela 7.

Horas do mês de janeiro	744 horas
Tempo de manutenção	4,27 horas
Disponibilidade	99,426%

Tabela 7: Disponibilidade com içamento da viga tipo pescadora

(Fonte: ENGIE, 2019)

4.4 TEMPO DE RETORNO DO CAPITAL INVESTIDO

Para se chegar ao tempo de retorno do capital investido com a aquisição da viga tipo pescadora, os seguintes pontos devem ser considerados:

- valor da viga pescadora: para estimar o valor da aquisição da viga tipo pescadora, é necessário comprar um projeto específico para a Usina Hidrelétrica Salto Osório, respeitando suas particularidades; é fundamental uma estimativa de preço, pois, em 2015, foi adquirido um projeto, bem como uma viga tipo pescadora para içamento das comportas stop log dos vertedouros da Usina Hidrelétrica Salto Osório, com o valor de R\$ 150.000,00; considerando-se o valor de correção da inflação de 2015 até os dias atuais, o aumento é de 35%, ou seja, R\$ 202.500,00 de valor corrigido.

- b) custo da manutenção: conforme item 4.1, o valor de mão de obra da manutenção para a realização do trabalho é de R\$ 5.040,00 por manutenção de unidade geradora; como a Usina Hidrelétrica Salto Osório tem 6 unidades geradoras, multiplicando por 6, o valor é de R\$ 30.240,00, conforme Tabela 8.

Custo da viga pescadora	Custo da mão de obra	Total de custo
R\$ 202.500,00	R\$ 30.240,00	R\$ 232.740,00

Tabela 8: Custo da manutenção com a viga pescadora

(Fonte: ENGIE, 2019)

Ao se comparar os valores de custo de uma manutenção das grades da tomada de água, utilizando a contratação dos mergulhadores com a manutenção das grades com a aquisição da viga tipo pescadora, o resultado é significativo, conforme demonstra a Tabela 9.

Custo da manutenção com a equipe de mergulhadores	Custo da manutenção com a aquisição da viga tipo pescadora
R\$ 240.000,00	R\$ 232.740,00

Tabela 9: Custo modo atual com o proposto

(Fonte: ENGIE, 2019)

Pelos dados expostos, depreende-se que a aquisição da viga tipo pescadora para manutenção das grades da tomada de água da Usina Hidrelétrica Salto Osório pode trazer retorno em apenas uma manutenção nas 06 unidades geradoras.

4.5 SEGURANÇA

Quanto à questão de segurança, a principal melhoria é a eliminação dos riscos com a utilização da viga tipo pescadora, pois, com ela, não será mais necessária a utilização dos mergulhadores para realizar o engate, bem como pessoas nos barcos.

As melhorias no fator segurança decorrentes da substituição do modo de içamento das grades da tomada d'água são as descritas a seguir:

- não haverá necessidade de mergulhar cerca de 20 metros de profundidade para realizar o engate das grades;
- não haverá o risco de os mergulhadores ficarem presos nas grades ao acoplarem os cabos de aço;
- não haverá necessidade de barcos para movimentação dos mergulhadores;

- d) será utilizado um equipamento projetado e calculado por um engenheiro que emitirá Anotação de Responsabilidade Técnica (ART);
- e) apenas o operador do pórtico realizará a manobra de içamento das grades, sem exposição de outras pessoas ao risco.

Em conformidade com os dados explicitados, constata-se que são diversos os pontos de melhoria na questão de segurança dos trabalhadores envolvidos. Sob essa ótica, a utilização da mão de obra, para realizar o içamento, utilizando apenas um operador de pórtico é totalmente viável.

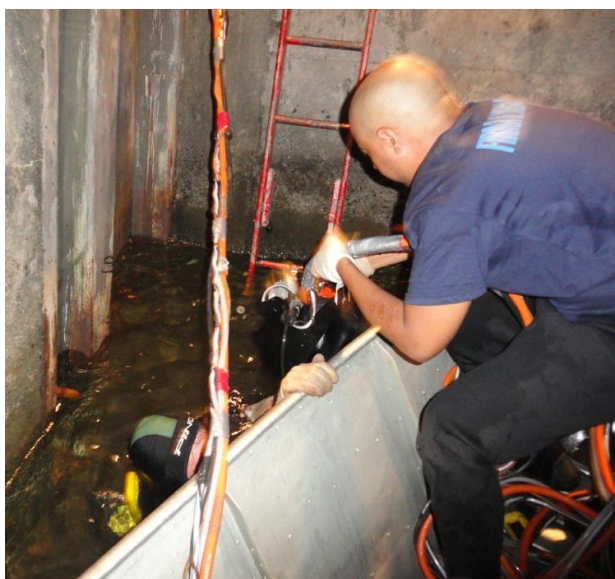


Figura 6: Mergulhadores.

(Fonte: ENGIE, 2013)

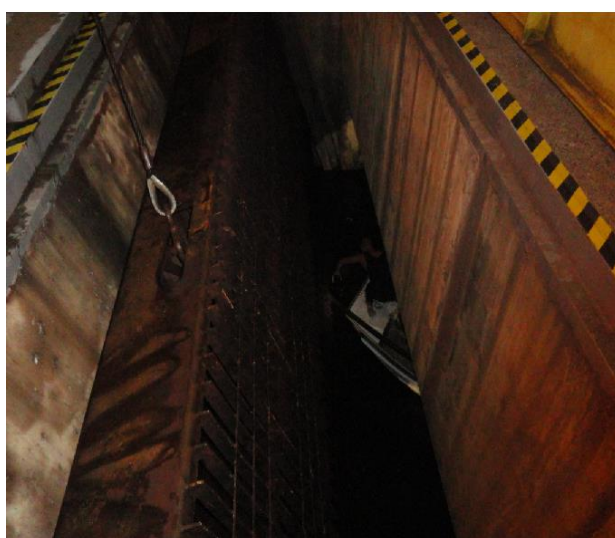


Figura 7: Içamento das grades.

(Fonte: ENGIE, 2013)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a execução das análises comparativas as quais obedeceram às metodologias de trabalho adotadas, verificou-se uma grande vantagem no modo de içamento com a utilização da viga tipo pescadora em relação ao modo de içamento por cabos de aço.

Cada análise comparativa definiu uma justificativa, para que a viga pescadora fosse viabilizada em relação aos cabos de aço.

Quanto ao tempo para execução do içamento das grades com a utilização da viga tipo pescadora, foi perceptível que o tempo gasto com a utilização da viga é muito menor. O tempo em que a manutenção deixará de dispensar horas pode ser utilizado em outros trabalhos, ou seja, será dispensado uma quantidade menor de homens/hora para içamento das grades, tendo maior tempo para manutenções corretivas, preventivas e preditivas.

Em consequência desse tempo de execução para a atividade de içamento das grades da tomada d'água, a disponibilidade de geração da usina será afetada positivamente, pois com menor tempo de manutenção a usina poderá disponibilizar as suas unidades geradoras antecipadamente, aumentando, assim, sua disponibilidade de geração.

Em relação aos gastos com a mão de obra para içamento, conclui-se que estes serão significativos para viabilizar a substituição do modo de içamento.

Já no que tange ao tempo de retorno do capital investido, este será determinado com a redução no custo da mão de obra utilizada com o modo de içamento por cabos de aço e com o custo do modo de içamento com a viga tipo pescadora mais a aquisição da viga. Logo, constata-se que, mesmo tendo que adquirir a viga tipo pescadora, a mesma se paga devido à redução na mão de obra.

À guisa de conclusão, pode-se afirmar que o suporte da pesquisa bibliográfica, associada à pesquisa de campo e à coleta de dados em campo, somando-se estes aos dados técnicos, foram fundamentais para o desenvolvimento do projeto de pesquisa.

Igualmente, depreende-se que os benefícios da substituição são visíveis, haja vista a comprovação pelas análises comparativas. Portanto, é significativamente viável a substituição do modo de içamento de cabos de aço por uma viga tipo pescadora no sistema da tomada d'água das unidades geradoras da Usina Hidrelétrica Salto Osório.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Muitas são as possibilidades para ampliação e aprofundamento do tema centralizador deste Trabalho de Conclusão de Curso, a exemplo de:

- a) realizar memorial de calculo para confecção de uma viga tipo pescadora;
- b) verificar qual a disponibilidade da usina, caso ocorra a necessidade de manutenção das grades das 06 unidades geradoras e o correspondente valor financeiro;
- c) verificar se há outro modo de içamento para as grades da tomada d'água além da viga tipo pescadora;

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 594**, de 17 de dezembro de 2013. Estabelece valores dos estudos que compõem leilões de geração e de transmissão e procedimentos para ressarcimento aos desenvolvedores destes estudos. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2013/081/resultado/resolucao_normativa_n%C2%BA_594,_de_17_de_dezembro_de_2013.pdf>. Acesso em: 12 maio 2019.
- _____. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil 2002**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/pdf/livro_atlas.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2019.
- _____. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil 2008**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 9 mar. 2019.
- _____. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil 2013**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/livro_atlas.pdf>. Acesso em: 9 mar. 2019.
- CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.
- ENGIE BRASIL ENERGIA, Instrução de trabalho: IT-OP-UHSO-0168. **Monitoramento de perda de carga nas grades da tomada d'água**. Revisão 01, p. 2-5, 2014. Disponível em: <<https://www.engie.com.br/>>. Acesso em: 12 mar. 2019.
- _____. Instrução de trabalho: IT-OP-UHET-0067. **Tomada d'água - comportas ensecadeiras e grades**. Revisão 01, p. 2-10, 2014. <<https://www.engie.com.br/>>. Acesso em: 12 mar. 2019.
- _____. 2019. <<https://www.engie.com.br/>>. Acesso em: 12 mar. 2019.
- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas, 2008.
- GRHD TUBOS E CONEXÕES. 2019. Disponível em: <<http://www.grhd.com.br/>>. Acesso em: 18 mar. 2019.
- PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo, RS, 2013.
- SANTOS, Sílvia Coelho dos. A geração hídrica de eletricidade no sul do Brasil e seus impactos sociais. **Etnográfica**, v. VII, n. 1, p. 87-103, 2003. Disponível em: <http://ceas.iscte.pt/etnografica/docs/vol_07/N1/Vol_vii_N1_087-104.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.