



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO**

**Trabalho Apresentado por:** WINSTON DANTAS MAIA FILHO

**Empresa:** ATEC SERVIÇOS ELÉTRICOS

**Período de Estágio:** Junho a Outubro de 2008

Campina Grande – PB  
Novembro de 2008

**Aluno:** WINSTON DANTAS MAIA FILHO

**Matricula:** 20621534

# Estágio Integrado

Aprovado em: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Orientador

---

Convidado

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA**



Biblioteca Setorial do CDSA. Março de 2021.

Sumé - PB

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a DEUS, por ter sempre iluminado o meu caminho durante toda a minha vida;

Aos meus pais, Winston Maia e Miriam Sales, pelo esforço que fizeram em custear boa parte dos meus estudos;

A minha noiva Sâmara, por estar sempre comigo durante toda essa caminhada, e sendo compreensiva durante os momentos mais difíceis;

A Petrônio Lopes do Carmo, por suas lições de postura e de profissionalismo e por ter fornecido oportunidade de me desenvolver profissionalmente, durante todo o período de estágio;

A todos que fizeram parte da PCH Porto das Pedras, e que de forma direta ou indireta contribuíram para a minha formação, em especial a: Emmanuel Moura, Álison Silva, Crelison Alves, Fabio Tavares e Edmilson Vieira.

## APRESENTAÇÃO

O estágio foi realizado na empresa Atec Serviços Elétricos, e teve a duração de 4 meses, durante a construção de uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH), chamada Porto das Pedras, pertencente ao grupo Atiaia Energia.

A PCH Porto das Pedras, possui uma potencia instalada de 28,03 MW, e se localiza no município de Chapadão do Sul, no estado do Mato Grosso do Sul. Durante o período de estagio foi realizada a supervisão e o acompanhamento da montagem de toda parte elétrica da casa de força e da subestação elevadora da PCH, ainda foram realizadas atividades de acompanhamento com a equipe de obras que faz parte da coordenação e de comissionamento responsável pelos testes dos equipamentos.

As atividades de coordenação consistiam na supervisão e gerenciamento da montagem elétrica.

## SUMÁRIO

LISTA DE SIGLAS.....	04
LISTA DE FIGURAS.....	05
1. AS EMPRESAS.....	06
1.1 ATEC SERVIÇOS ELÉTRICOS.....	06
1.2 AREVA KOBLITZ.....	07
1.3 ATIAIA ENERGIA.....	07
2. O QUE SÃO PCH's.....	08
3. PRINCIPAIS TIPOS DE TURBINAS.....	10
4.1 TURBINA PELTON.....	11
4.2 TURBINA FRANCIS.....	12
4.3 TURBINA KAPLAN.....	12
4. ATIVIDADES REALIZADAS NO ESTÁGIO.....	13
4.1 PAINEIS DE MÉDIA TENSÃO.....	13
4.2 CCM-GERADOR, CCM SERVIÇO AUXILIAR E TRANSFORMADORES A SECO.....	14
4.3 INVERSORES DE FREQUÊNCIA E RETIFICADOR/CARREGADOR BATERIA.....	17
4.4 GERADOR A DIESEL E PNGBT.....	18
4.5 TOMADA D'ÁGUA E VERTEDOURO.....	19
4.6 PONTE ROLANTE, PORTICO E MONOVIA.....	22
4.7 AUXILIARES MECÂNICOS.....	24
4.8 MONTAGEM E INSTRUMENTAÇÃO DOS GERADORES.....	28
4.9 SUBESTAÇÃO ELEVADORA.....	29
5. CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

## **Lista de Siglas**

PCH – Pequena Central Hidrelétrica.

PNMT – Painel de Média Tensão.

UHL – Unidade Hidráulica de Lubrificação.

UHR – Unidade Hidráulica de Regulação.

PNGBT – Painel do Gerador Diesel.

PNR-TA – Painel Remota da Tomada d'água.

PNCLP – Painel de controle do vertedouro.

SE – Subestação.

USCA – Unidade Síncrona de Corrente Alternada.

## **Lista de Figuras**

- Figura 1 – Composição de uma PCH.
- Figura 2 – Detalhe de uma turbina Pelton.
- Figura 3 – Partes de uma turbina Francis.
- Figura 4 – Turbina Kaplan.
- Figura 5 – Painéis de media tensão da PCH Porto das Pedras.
- Figura 6 – CCM Geradores e Transformadores a Seco.
- Figura 7 – Unidade Hidráulica de Lubrificação.
- Figura 8 – Unidade Hidráulica de Regulação.
- Figura 9 – CCM Serviço auxiliar.
- Figura 10 – Inversores de Frequência.
- Figura 11 – Retificadores, Carregadores e bancos de baterias.
- Figura 12 – Gerador Diesel Stamac.
- Figura 13 – Comporta Vagão da PCH Porto das Pedras.
- Figura 14 – Comporta Segmento PCH Garganta Jararaca.
- Figura 15 – Vista lateral da tomada d'água de uma PCH.
- Figura 16 - Ponte Rolante.
- Figura 17 – Monovia.
- Figura 18 – Pórtico Rolante PCH Porto das Pedras.
- Figura 19 – Níveis do poço de drenagem.
- Figura 20 – Sensores de nível do sistema de drenagem.
- Figura 21 – Pás do rotor da turbina.
- Figura 22 – Subestação elevadora da PCH Porto das Pedras.
- Figura 23 – Transformador da SE da PCH Porto das Pedras.
- Figura 24 – Disjuntor da SE da PCH Porto das Pedras.
- Figura 25 – Chave seccionadora da SE da PCH Porto das Pedras.
- Figura 26 – Para – raios da SE.
- Figura 27 – Transformador de Potencial.
- Figura 28 – Transformadores de Corrente da SE.

## **1. As Empresas**

### **1.1 Atec Servicos Eletricos**

A Atec é uma empresa prestadora de serviços elétricos criada em 1997, que foi fundada por um ex-funcionário da Areva Koblitz. Sua área de atuação é na montagem elétrica de usinas de cana de açúcar e de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs).

Desde a sua fundação a ATEC tem prestado serviços apenas a AREVA KOBLITZ, e as principais atividades da ATEC são:

- Serviços de Iluminação interna e externa;
- Execução de encaminhamento, lançamento e interligação de cabos entre equipamentos, painéis elétricos e demais componentes;
- Conexão de equipamentos e painéis elétricos à malha de aterramento;
- Interligação de cabos elétricos de média e baixa tensão
- Posicionamento e fixação de painéis elétricos;
- Montagem elétrica para instrumentação de máquinas (geradores, turbinas, etc).

Para execução e supervisão dos serviços, a ATEC possui uma equipe de profissionais qualificados e selecionados afim de obter um bom desempenho, de forma que as atividades sejam cumpridas de acordo com o contrato definido pelo cliente.

Para realização dos serviços de montagem a equipe é composta de eletricista e supervisores, e o gerenciamento da empresa é feito pela diretoria e técnicos administrativos.

Com o aumento das obras de construção de PCHs, a Atec vem dando preferência a este tipo de serviço que a faz presente em 6 PCHs.

Em algumas obras de PCH a ATEC faz contratações de engenheiros e técnicos eletricistas, a fim de ter uma interface com a equipe de obras da empresa

contratada, bem como para análise das plantas e demais assuntos de origem técnica facilitando o andamento da obra.

## **1.2 Areva Koblitz**

Fundada em 1975 pelo Engenheiro Luiz Otávio Koblitz, a empresa sempre adotou as mais avançadas tecnologias e processos nos sistemas elétricos e termodinâmicos. Suas atividades estão alinhadas com as preocupações ambientais, permitindo o desenvolvimento sustentável e a preservação, para beneficiar as gerações futuras.

A Koblitz é uma empresa que atua no segmento de geração e cogeração de energia, adotando conceitos cada vez mais avançados em engenharia de sistemas elétricos e termodinâmicos. Suas atividades são desenvolvidas a partir de uma busca de alternativas para integrar sistemas de energia em sintonia com as questões ambientais.

Na área industrial, a Koblitz tem experiência no desenvolvimento de projetos para usinas de açúcar e álcool, fábricas de alimentos, bebidas, cimento, madeira, óleos vegetais, empresas de beneficiamento de arroz, papel, cerâmica, frigoríficos, siderúrgicas, têxtil, entre outros. No segmento de serviços, o destaque vai para a atuação com centrais distritais, edifícios comerciais, hospitais, hotéis e shopping centers.

Em janeiro de 2008, AREVA anunciou a aquisição de 70% da KOBLOITZ em linha com a estratégia de desenvolvimento do negócio da AREVA no mercado de energia livre de CO<sub>2</sub> (Koblitz, 2008).

## **1.3 Atiaia Energia**

A Atiaia Energia, proprietária da PCH Porto das Pedras é uma empresa do Grupo Cornélio Brennand (90%) em sociedade com a KI Investimentos (10%) - e especializada em implantar e operar Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs).

Fundada em outubro de 2004, com sede na cidade do Recife (PE), escritório comercial e centro de operações em Cuiabá (MT), atua na prospecção de aproveitamentos hidroenergéticos, sendo responsável pela construção, operação e manutenção, além da comercialização da energia elétrica gerada pelas usinas.

Atualmente, a Atiaia Energia possui duas PCH's em construção e quatro em operação com capacidade total de 116 MW e uma geração anual de aproximadamente 761.000 MWh, potencial suficiente para abastecer uma cidade com 500 mil habitantes. Quando as PCHs Porto das Pedras (MS) e Pedra Furada (PE) entrarem em operação, a Atiaia produzirá um adicional de 230.000 MWh/ano, totalizando quase 1 milhão de MWh/ano.

A empresa tem se destacado pela rapidez com que constrói suas usinas, assim como a implantação espontânea de programas sócio-ambientais. Nos próximos 10 anos, serão investidos R\$ 2,2 bilhões na construção de mais 15 usinas, contribuindo assim para o aumento da oferta de energia elétrica e, conseqüentemente, o crescimento econômico do Brasil (Atiaia Energia, 2008).

## **2. O que são PCH's**

Pequenas Centrais Hidrelétricas são usinas de geração de energia elétrica a partir do aproveitamento do potencial hidráulico com capacidade instalada superior a 1 MW e inferior ou igual a 30 MW, além de reservatório em área menor que 3 km<sup>2</sup>. As PCHs são geralmente compostas pelas seguintes partes, que podem ser visto na figura 1:

1. Barragem – Geralmente é construída perpendicularmente ao leito do rio, podendo ser de rocha, terra ou concreto;
2. Vertedouro – Tem a função de desviar o excesso de água, aliviando assim a pressão de água sob a barragem;
3. Reservatório – Lago Criado a partir do fechamento da barragem, tem a função de acumular água e aumentar a queda d'água;

4. Canal de Adução – Direciona a água captada no reservatório até a tomada d'água, sua existência depende da geografia onde fica localizada a PCH;

5. Tomada d'água – Local de captação da água barrada para entrada no conduto forçado em direção a casa de força;

6. Conduto Forçado – Direciona a água captada para as turbinas;

7. Casa de Força – Abriga as turbinas e os restantes dos equipamentos da PCH.

8. Canal de fuga – Direciona a água após passar pelas turbinas para o leito natural do rio;

9. Subestação – Eleva o nível de tensão gerado pelos geradores, para evitar as perdas por efeito joule durante a transmissão.



Figura 1: Composição de uma PCH (Atiaia energia, 2008. editado pelo autor).

### 3. Principais Tipos de Turbinas

As turbinas hidráulicas dividem-se diversos tipos, sendo quatro tipos principais: Pelton, Francis, Kaplan, Bulbo. Cada um destes tipos é adaptado para funcionar em usinas com uma determinada faixa de altura de queda e vazão. As vazões volumétricas podem ser igualmente grandes em qualquer uma delas, mas a potência será proporcional ao produto da queda (H) e da vazão volumétrica (Q), na equação 1 podemos ver a potencia hidraulica maxima que pode ser obtida de um desnível.

$$P = \rho Q H g, \text{ (equação 1).}$$

Em que:

P é a potência máxima fornecida em: Watt(W).

H é a altura do desnível dado em: metro (m).

$\rho$  é a densidade dado em:  $kg / m^3$

Q é a vazão volumétrica dado em:  $m^3 / s$

g é a aceleração da gravidade em metros por segundo ao quadrado ( $m / s^2$ )

Além destes, existe o parâmetro rendimento da turbina, que geralmente gira em torno dos 90%, ou seja, para saber a potência elétrica gerada por uma determinada turbina multiplica-se a equação 1 pelo rendimento da turbina em questão.

Em todos os tipos de turbinas há alguns princípios de funcionamento comuns. A água entra pela tomada de água a montante da usina hidrelétrica que está num nível mais elevado, e é levada através de um conduto forçado até a entrada da turbina. A água passa por um sistema de palhetas guias móveis, que controlam a vazão volumétrica fornecida à turbina. Para se aumentar a potência

as palhetas se abrem, para diminuir a potência elas se fecham. Estas palhetas são conhecidos como distribuidor.

Após passar pelo rotor, um duto chamado tubo de sucção, conduz a água até a parte de jusante da casa de força, no nível mais baixo. As turbinas Pelton, têm um princípio um pouco diferente, pois a pressão primeiro é transformada em energia cinética, em um bocal, onde o fluxo de água é acelerado até uma alta velocidade, e em seguida choca-se com as pás da turbina imprimindo-lhe rotação e torque.

As turbinas hidráulicas podem ser montadas com o eixo no sentido vertical ou horizontal. Os esforços oriundos do peso próprio e da operação da máquina são suportado por mancais, sendo que o arranjo e quantidade de mancais podem variar em cada projeto.

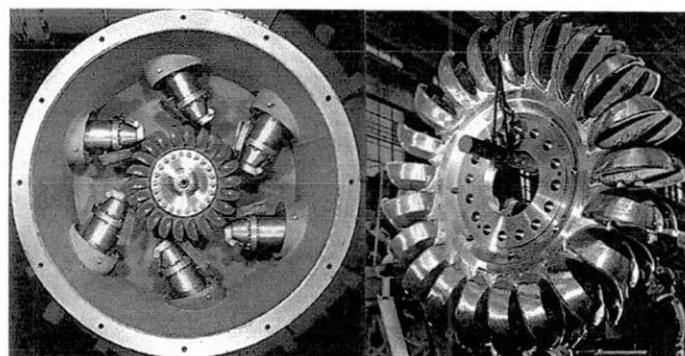
### **3.1 Turbinas Pelton**

São adequadas para operar entre quedas de 350 m até 1100 m, sendo por isto muito mais comuns em países montanhosos.

Este modelo de turbina opera com velocidades de rotação maiores que os outros, e tem o rotor de característica bastante distintas. Os jatos de água ao se chocarem com as "conchas" do rotor geram o impulso.

Dependendo da potência que se queira gerar podem ser acionados os 6 bocais simultaneamente, como pode-se ver na figura 3(a), ou apenas cinco, quatro, etc... O número normal de bocais varia de dois a seis, igualmente espaçados angularmente para garantir um balanceamento dinâmico do rotor.

Um dos maiores problemas destas turbinas, devido à alta velocidade com que a água se choca com o rotor, é a erosão provocada pelo efeito abrasivo da areia misturada com a água, comum em rios de montanhas. As turbinas Pelton, devido a possibilidade de acionamento independente nos diferentes bocais, tem uma curva geral de eficiência plana, que lhe garante boa performance em diversas condições de operação, na figura 3(b) pode-se ver o detalhe de uma turbina Pelton.



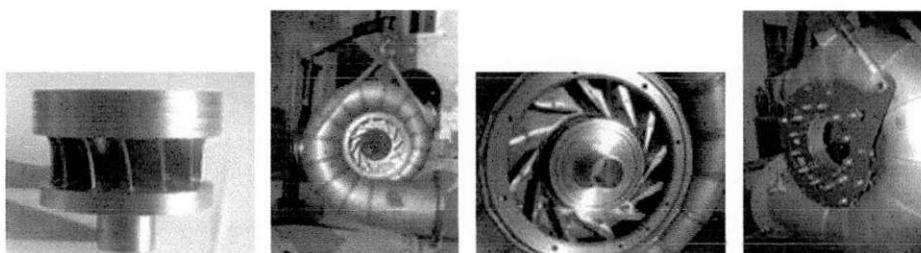
(a)

(b)

Figura 2: (a) Jatos de uma turbina Pelton, (b) Detalhe de uma turbina Pelton (Wikipédia, 2008).

### 3.2 Turbinas Francis

São adequadas para operar entre quedas de 40 m até 400 m. A Usina Hidrelétrica de Itaipu assim como a Usina Hidrelétrica de Tucuruí, e outras no Brasil funcionam com turbinas tipo Francis com cerca de 100 m de queda d' água, na figura 3, tem-se detalhes de uma turbina Francis, juntamente com a caixa espiral também popularmente chamada de Caracol.



(a)

(b)

(c)

(d)

Figura 3: (a) Detalhe turbina Francis, (b) Vista Lateral Caixa Espiral, (c) Turbina Francis acoplada a Caixa Espiral, (d) Caixa Espiral vista lateralmente.

### 3.3 Turbinas Kaplan

São adequadas para operar em quedas de até 60 m. A única diferença entre as turbinas Kaplan e a Francis é o rotor. Este assemelha-se a um propulsor de navio (similar a uma hélice). Um servomotor montado normalmente dentro do cubo do rotor, é responsável pela variação do ângulo de inclinação das pás. O

óleo responsável pela parte hidráulica da abertura e fechamento do distribuidor é injetado por um sistema de bombeamento localizado fora da turbina, e conduzido até o rotor por um conjunto de tubulações rotativas que passam por dentro do eixo.

O acionamento das pás é conjugado ao das palhetas do distribuidor, de modo que para uma determinada abertura do distribuidor, corresponde um determinado valor de inclinação das pás do rotor, na figura 4 realmente verifica-se que a turbina Kaplan assemelhasse a uma hélice de navio.



Figura 4: Turbina Kaplan

## 4. Atividades realizadas no Estágio

Basicamente as atividades desenvolvidas no estágio foi a de supervisão e coordenação da montagem eletromecânica da Casa de Força da PCH Porto das Pedras, e tiveram a duração de aproximadamente 4 meses, entre o período de 25 de junho de 2008 e 25 de outubro de 2008.

### 4.1 Painéis de Média tensão

Na PCH Porto das Pedras, existe basicamente dois painéis de média tensão, conhecidos também por painéis de proteção e disjunção do gerador e

ambos ficaram localizados no nível da sala de comando. Foram instalados dois painéis de proteção, onde cada um correspondia a uma unidade. Destes painéis saiam cabos de média tensão de 240 mm<sup>2</sup> para a subestação elevadora da PCH, na figura 5, tem-se uma visão dos painéis de média tensão da PCH.

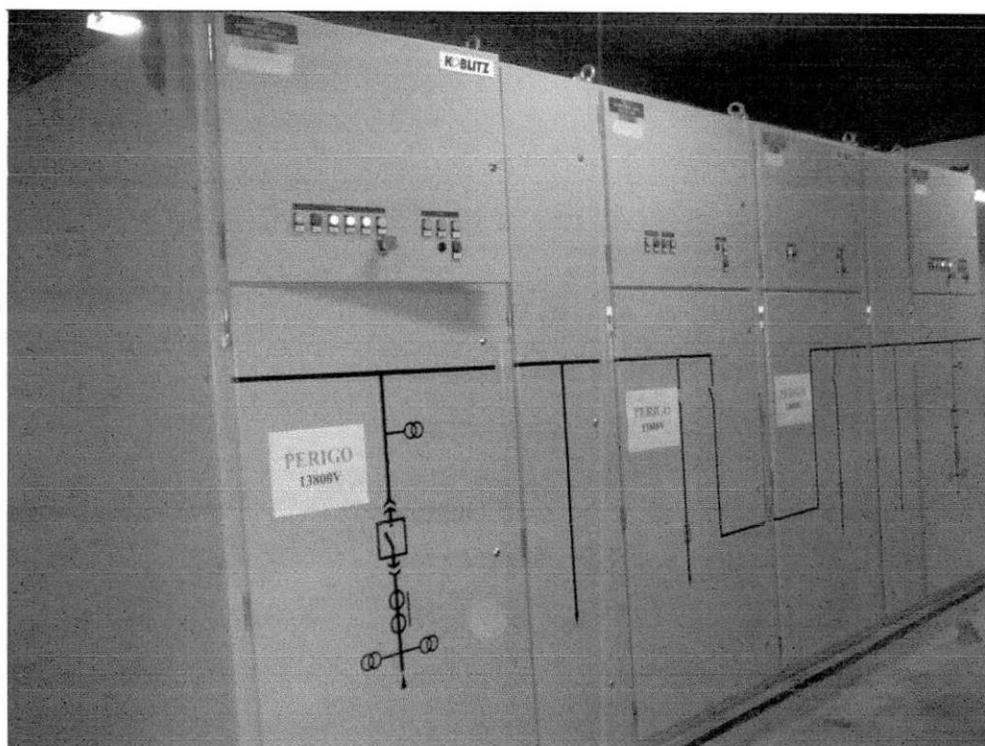


Figura 5: Painéis de Média Tensão da PCH Porto das Pedras.

#### **4.2 CCM-Geradores, CCM-Servicos auxiliares e Transformadores a Seco**

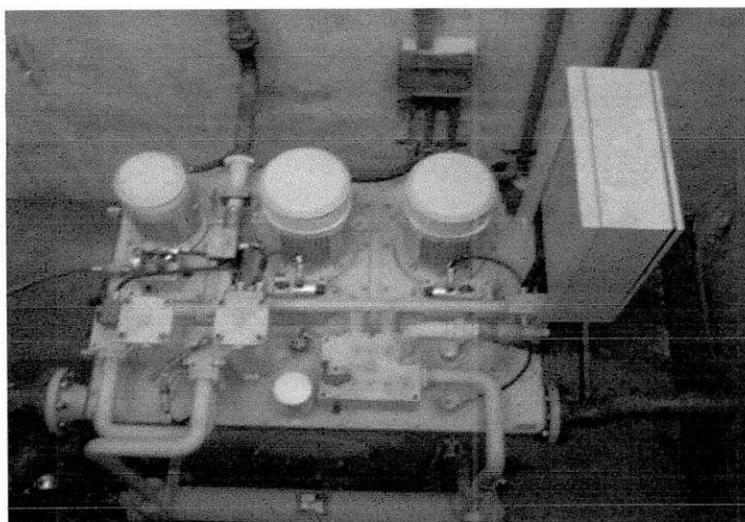
Os transformadores a seco têm como função alimentar em baixa tensão dois painéis de suma importancia na casa de força, o CCM-Geradores e o CCM-Servicos auxiliares.

O CCM-Geradores é responsável pela alimentação elétrica das bombas da Unidade Hidráulica de Lubrificação dos mancais (UHL) e da Unidade Hidráulica de Regulação (UHR), a unidade hidráulica de regulação é responsável pela abertura e fechamento das pás do distribuidor, o mecanismo era todo hidráulico, e o óleo utilizado precisava ser resfriado a medida que a pressão do óleo chega-se a 100 bar, a unidade hidráulica de lubrificação dos mancais, como o proprio nome já diz,

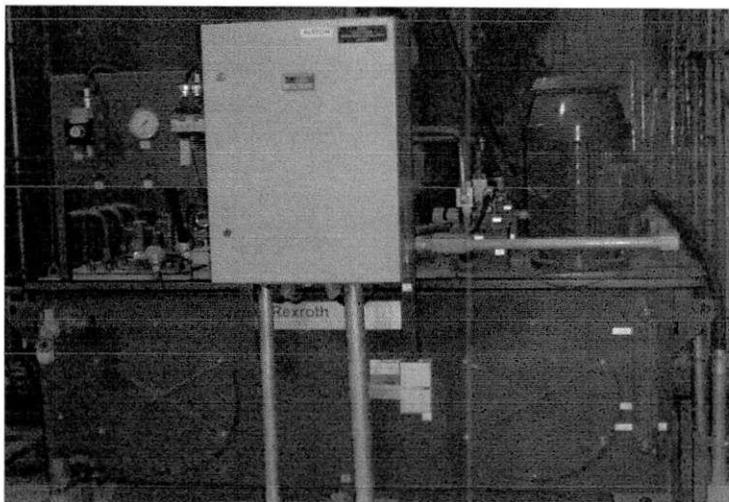
lubrifica os três mancais da turbina, o mancal gerador, mancal lado acoplado e o mancal turbina, a UHL, não apenas lubrifica os mancais, como também resfria o óleo utilizado nesta lubrificação, na figura 6 temos os dois transformadores a seco e o painel do CCM-Gerador.



*Figura 6: CCM Geradores e Transformadores a Seco.*

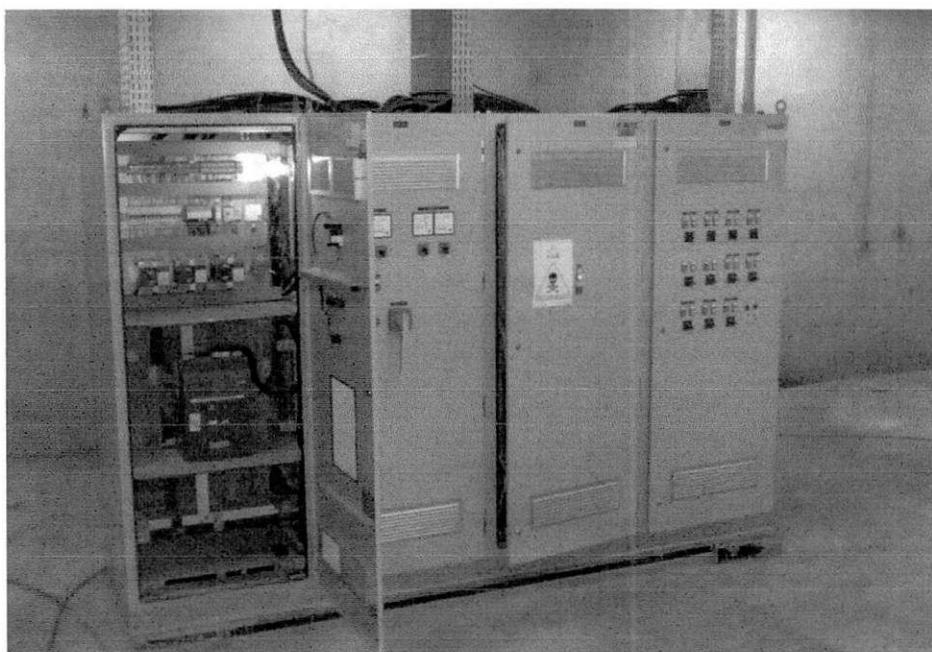


*Figura 7: Unidade Hidráulica de Lubrificação.*



*Figura 8: Unidade Hidráulica de Regulação.*

Na figura 7 e 8 pode ser visto a UHL e UHR respectivamente. O CCM-Serviços auxiliares por sua vez, alimenta todo o restante da casa de força, sistema de incêndio, sistema de drenagem, sistema de esvaziamento, resistencias de aquecimento, quadros de iluminação, tomadas e etc. Na figura 9 ver-se o painel CCM-Serviço auxiliar.



*Figura 9: CCM Serviço Auxiliar.*

### 4.3 Inversores de frequência e Retificadores/Carregadores de Bateria

Foram instalados três Carregadores/retificadores de baterias que retificam a tensão de 380 VCA em 125 VCC e também carregava o banco de baterias com a finalidade de ser utilizado na falta de tensão CA, sendo esta tensão fornecida inicialmente pelas unidades geradores, caso as unidades geradoras estivessem paradas, a tensão CA poderia ser fornecida ou através do gerador diesel ou através da linha rural.

Um dos carregadores é destinado para alimentação CC de todos os painéis da casa de força e os outros dois eram destinados à alimentação das bombas de lubrificação da UHL.

Antes de alimentar as bombas da Unidade Hidraulica de Lubrificacao, o sinal CC passa por dois inversores de frequência, sendo um inversor para cada unidade de lubrificação, na figura 10 pode-se ver os dois inversores de frequência da PCH Porto das Pedras.



Figura 10: Inversores de frequência.



*Figura 11: Retificadores/Carregadores e bancos de baterias*

#### **4.4 Gerador Diesel e Painel do Gerador Diesel**

O gerador diesel STEMAC foi instalado na área de montagem, e funciona automaticamente, caso haja uma falta de tensão na rede. O gerador diesel alimenta o Painel do Gerador Diesel (PNGBT), que por sua vez alimenta toda a casa de força.

Caso ocorra uma queda de energia, o gerador diesel é acionado e alimenta a casa de força. No entanto se este não entrar em operação os inversores são acionados para que a UHL continue a lubrificar os mancais da turbina. Na figura 12 tem-se uma foto do gerador diesel da PCH.

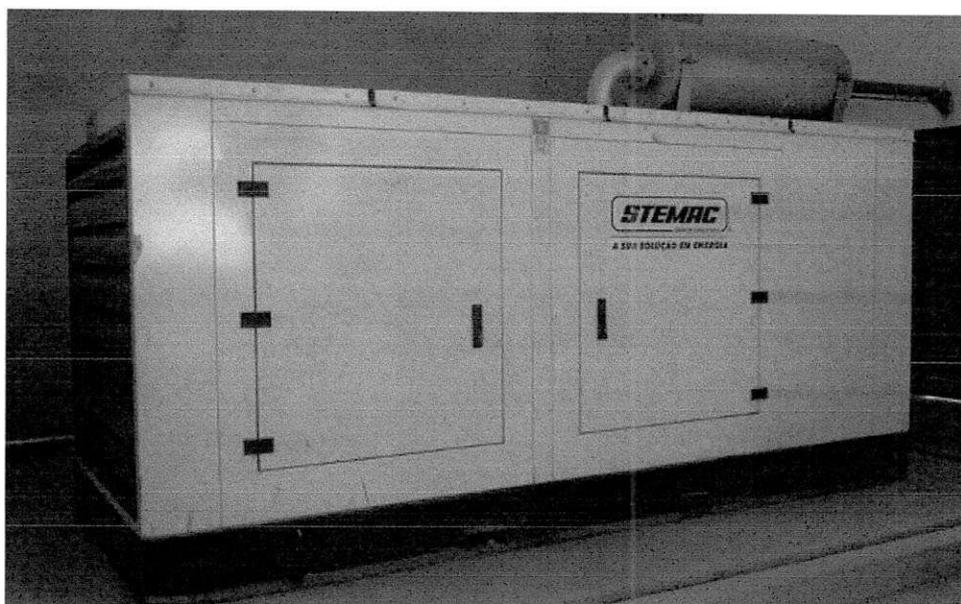


Figura 12: Gerador Diesel da Stamac.

#### 4.5 Tomada d'água e Vertedouro

Na tomada d'água e vertedouro foram instalados dois painéis responsáveis pela abertura e fechamento das comportas, o Painel de Remota da Tomada d'água (PNR-TA), e o Painel de controle do vertedouro (PNCLP). O PNR-TA tem a função de controlar a comporta vagão da PCH, já o PNCLP controlava a comporta segmento.

##### 4.5.1 Comporta Vagão

A comporta vagão é um equipamento utilizado como proteção, quando ocorre um defeito hidráulico a comporta vagão é acionada, não permitindo o fluxo de água para dentro do conduto forçado, a comporta atua por gravidade, os seus sinais de controle era feitos pelo PNR-TA, na figura 13 pode-se ver a comporta vagão da PCH Porto das Pedras.

Para se dar início a partida das unidades geradoras, a comporta vagão se comporta diferentemente a cada etapa, de acordo com os sinais descritos abaixo:

- Comporta em Cracking: Essa é a etapa inicial, onde a comporta era aberta em apenas 10 cm, para a entrada da água de forma menos abrupta, a comporta fica em estado de cracking até a equalização da água dentro do conduto forçado.

- Comporta abrindo: Logo após o cracking a comporta é levantada novamente até a sua totalidade.

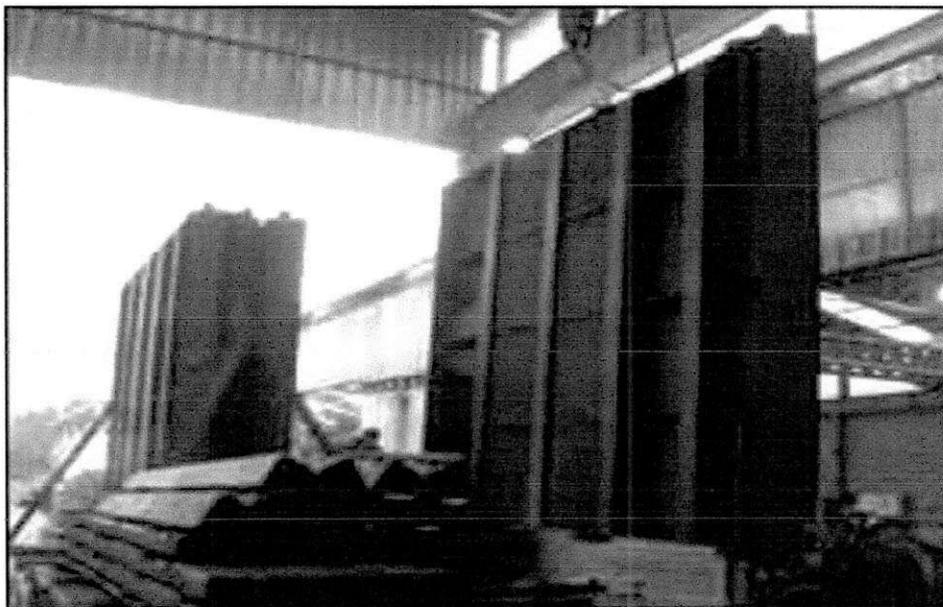
- Comporta aberta: Esse sinal indica que a comporta já está completamente aberta, e que o distribuidor já poderia ser aberto para movimentar a turbina.

- Comporta fechando: Indica que a comporta está sendo fechada naquele momento.

- Comporta fechada: Indica que a comporta vagão se encontra fechada

- Recuperação: Quando a comporta se encontrava no estado de aberta, existe um sensor, que detecta o escorregamento da comporta, esse sinal é enviado para o Controlador Lógico Programável (PLC), que por sua vez envia um comando para levantar a comporta.

- Falha na Recuperação: Utilizado quando houvesse uma falha na hora de recuperar a comporta até o nível mais alto.



*Figura 13: Comporta vagão da PCH Porto das Pedras.*

### 5.5.2 Comporta Segmento

Tem como função de retirar o excesso de água do lago, diminuindo a pressão na barragem, os seus sinais eram todos enviado para o PNCLP, os principais sinais da comporta segmento é o de comporta aberta, comporta fechada, comporta fechando e comporta abrindo, Na figura 14 tem-se uma imagem das comportas segmentos da PCH Garganta da Jararaca.



*Figura 14: Comporta Segmento Garganta da Jararaca*

### 5.5.3 Comporta Ensecadeira

A comporta ensecadeira pode ser instalada em duas localizações, seja à jusante, ou à montante próximo a comporta vagão. Uma de suas funções é a de fechar o conduto forçado impedindo a entrada de água no mesmo, quando se necessitar manutenção no conduto ou no vertedouro.

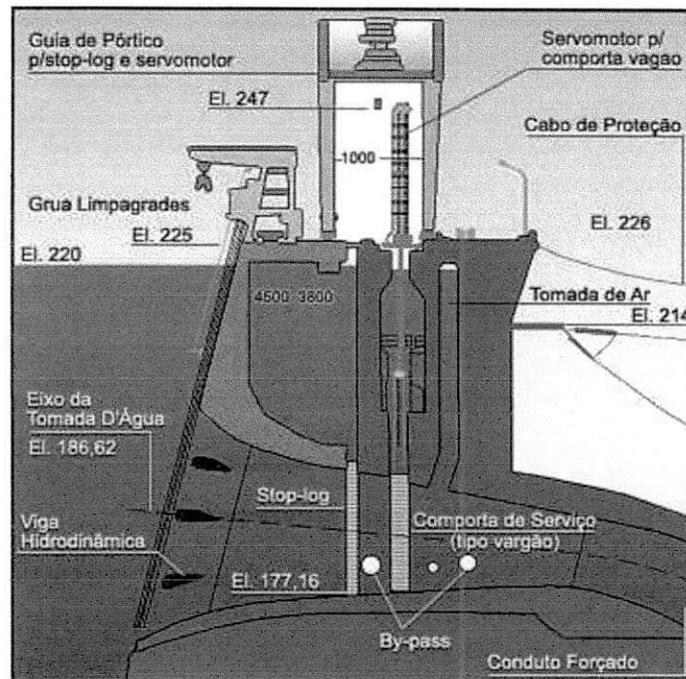


Figura 15: Vista Lateral da tomada d'água de uma PCH.

#### 4.6 Ponte Rolante, Monovia e Pórtico Rolante

A ponte rolante se localiza no interior da casa de força, e é utilizada quando se necessita fazer o transporte de equipamentos pesados. Ela tem a capacidade de levantar pesos de aproximadamente 75 ton, e o seu acionamento é feito através de controle remoto. Na figura 16, pode ser visto a Ponte Rolante da PCH Porto das Pedras.



*Figura 16: Ponte Rolante da PCH Porto das Pedras.*

A monovia se localiza à jusante da PCH, e também tem a função de levantar cargas de pesos elevados. Ela tem como função principal levantar comportas da Usina, e é utilizada em conjunto com uma peça denominada de viga pescadeira, que se fixa na comporta para o levantamento da mesma, como pode ser visto na figura 17, temos a Monovia sendo erguida com a viga pescadora através da Monovia.



*Figura 17: Monovia.*

O pórtico rolante também tem a função de levantar equipamento de pesos elevados como comportas, no entanto esta se localiza à montante da Usina ou seja na tomada d'água. Na figura 18 tem-se uma visão lateral do Pórtico rolante.



*Figura 18: Pórtico Rolante PCH Porto das Pedras*

## **4.7 Auxiliares Mecânicos**

### **4.7.1 Sistema de esgotamento**

O sistema de esgotamento tem a finalidade de esvaziar o conduto forçado à jusante da comporta vagão e o tubo de sucção, para manutenção ou reparos. O esvaziamento dos condutos forçados e do tubo de sucção é feito por moto-bomba de esvaziamento, após o fechamento da comporta ensecadeira de jusante.

Esse esgotamento é feito por duas moto-bombas centrífugas, que realizarão o recalque da água diretamente do tubo de sucção selecionado para o canal de fuga. Elas são ligadas por botoeiras instaladas em um quadro elétrico

local, ou de forma automática através de uma chave de nível instalada na sucção das bombas.

#### 4.7.2 Sistema de drenagem

O sistema de drenagem tem a função de coletar as águas provenientes de infiltrações, lavagens, purgas dos filtros auto-limpantes e vazamentos de equipamentos para o poço de drenagem e descarregar para a jusante da usina, através das duas bombas de drenagem. Elas são do tipo submersível, poderão operar uma de cada vez ou juntas, de acordo com o nível de água dentro do poço.

Os sensores de nível comandarão as bombas, a indicação de alarmes de nível alto/baixo e o bloqueio das bombas.

As bóias foram configuradas para os seguintes status:

Nível 1: desliga bombas

Nível 2: Liga bomba preferencial

Nível 3: Liga bomba não preferencial

Nível 4: Alarme

Nível 5: TRIP\*

Para testar as bóias, encheu-se o tanque até o nível 5 onde resultaria em TRIP (parada da máquina). Esses testes são feitos para verificar se os 5 sensores estão calibrados corretamente. Ao chegar ao nível 2, o CLP identifica qual bomba foi menos utilizada e em seguida, aciona esta bomba. Caso o nível continue a aumentar, é acionada a segunda bomba. A figura 20 pode-se ver as duas chaves de nível da PCH Porto das Pedras.

*\*TRIP = Defeito de naturezas diversas que causam a parada da máquina para evitar que equipamentos sejam danificados.*

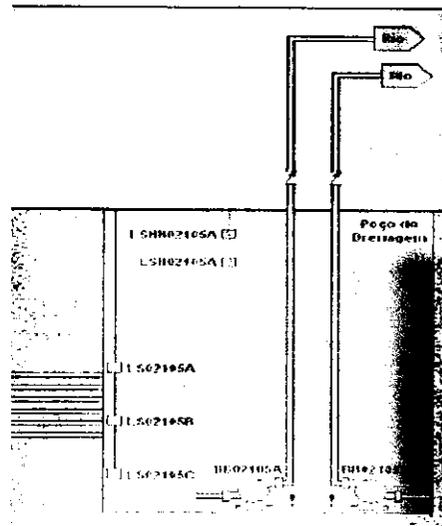


Figura 19: Níveis do poço de drenagem



Figura 20: Sensores de níveis do sistema de drenagem

#### 4.7.3 Sistema de água industrial

O sistema de água industrial tem a finalidade de suprir a casa de força, água de resfriamento e de serviço. A água de resfriamento será utilizada nos trocadores de calor das unidades hidráulicas de lubrificação e regulagem e a água de serviço para fins diversos. A captação é feita nos dois condutos forçados dentro da casa de força, sendo interligadas a um coletor de água bruta através de tubulação com uma válvula tipo gaveta e um tipo retenção para cada unidade.

#### 4.7.4 Sistema de ar comprimido

O sistema de ar comprimido tem a função de atender aos requisitos da PCH, no que se refere ao ar para frenagem de hidrogeradores, acionamento de válvulas pneumáticas e tomadas de serviços a serem distribuídas pela casa de força. Este Sistema é composto por dois compressores, sendo um *em espera*. Eles são do tipo estacionário, para serviços pesados. A partida dos compressores é comandada por sensores de pressão, seus painéis também permitirão a seleção do modo de operação "manualdesligado-automático".

No modo manual, a partida do compressor é através do acionamento manual do mesmo através do painel, mas seu desligamento ocorre automaticamente em função da pressão da linha.

No modo automático, a partida e parada do compressor ocorrem automaticamente através dos ajustes do respectivo pressostato. Quando a pressão no sistema cair para 6,0 bar, o compressor principal partirá e desligará quando a pressão retornar a 8,0 bar. Caso a pressão alcance 5,0 bar, o compressor reserva também partirá, desligando quando a pressão do ar retornar para 8,0 bar.

#### 4.7.5 Sistema de combate a incêndio

O sistema de água e proteção contra incêndio é operado por meio de hidrantes dispostos a atender a ocorrências de sinistros, obedecendo às recomendações das normas e prescrições da ABNT.

O abastecimento é feito por duas moto bombas que recalcarão a água captada no canal de fuga alimentando a rede de hidrantes, garantindo a pressão necessária para o sistema de incêndio. O acionamento das bombas se dará de forma manual, através de botoeiras instaladas ao lado dos hidrantes.

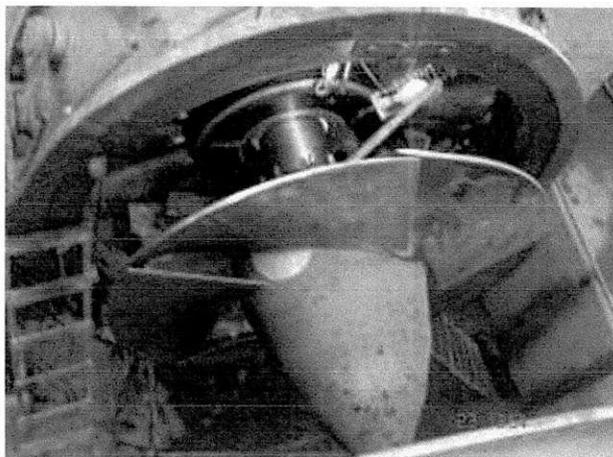
#### 5.7.6 Sistema de medição de nível

Através da medição de nível de montante e jusante da usina é feito o controle de carga e de obstrução da grade. Também é usado para o controle de nível do reservatório, controlando as comportas segmentos. As variações de nível

de água são monitoradas por indicadores ou controladores digitais utilizando sensores de nível.

#### **4.8 Montagem e Instrumentação dos geradores**

A montagem e instrumentação do gerador foram feitas pela ALSTOM, e a turbina utilizada na PCH foi a Kaplan S, na figura 21 pode-se ver as pás do rotor da turbina.



*Figura 21: Pás do rotor da turbina*

Outra atividade consistiu em acompanhar os testes de proteção da máquina onde foram simulados os defeitos hidráulicos. Há três tipos de defeitos: hidráulico, mecânico e elétrico.

Os defeitos hidráulicos resultam em fechamento da comporta vagão, enquanto que na ocorrência de um defeito mecânico fecha o distribuidor da turbina.

Também foi feito o teste de sobrevelocidade, colocando a turbina até 180% da velocidade nominal. No caso da PCH Porto das Pedras, a turbina tinha uma velocidade nominal de 200 rpm.

#### 4.9 Subestação Elevadora

Apesar da ATEC não prestar serviços na subestação, foram acompanhadas algumas atividades nessas instalações.

Na subestação foram instalados dois transformadores elevadores. Também é composta de uma sala de comando onde estão instalados os painéis de disjunção dos transformadores e os reles de proteção da linha e dos equipamentos da Subestação.



*Figura 22: Subestação elevadora da PCH Porto das Pedras.*

Na PCH Porto das Pedras a subestação era formada por diversos equipamentos elétricos, que podem ser classificados em: equipamentos principais, equipamentos de Manobra e equipamentos de proteção, medição e controle.

#### 4.9.1 Equipamentos Principais

Os equipamentos principais são aqueles que atuam diretamente no fluxo de potência, modificando-o, na subestação tem como equipamento principal dois transformadores de potência, estes transformadores têm a capacidade de 20 MW, funcionando em condições normais, no entanto ele era equipado com um sistema de resfriamento denominado de ventilação forçada, que poderia elevar a sua potência em até 25 MW. O procedimento de ventilação forçada é utilizado caso um dos transformadores se danifique, então apenas um transformador funcionando com ventilação forçada poderia operar para elevar a tensão gerada pelas duas unidades geradoras, na figura 23 tem-se um dos transformadores da subestação da PCH Porto das Pedras.

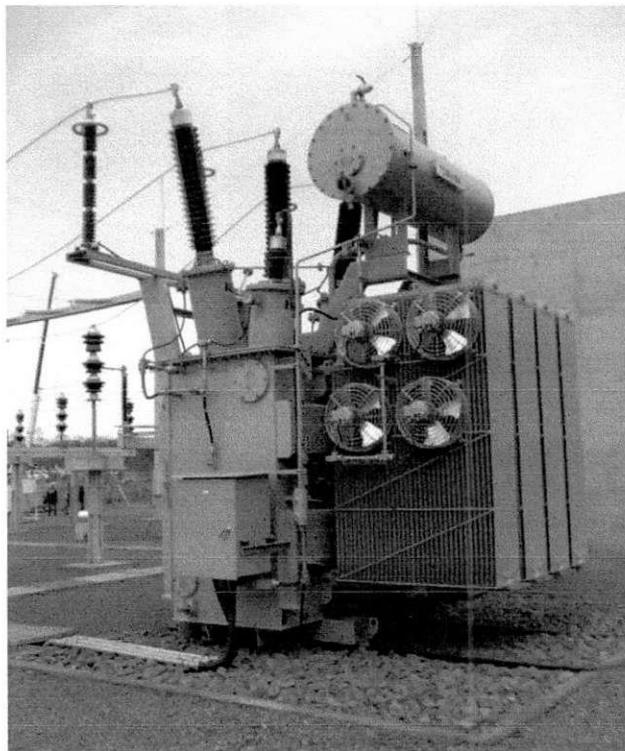
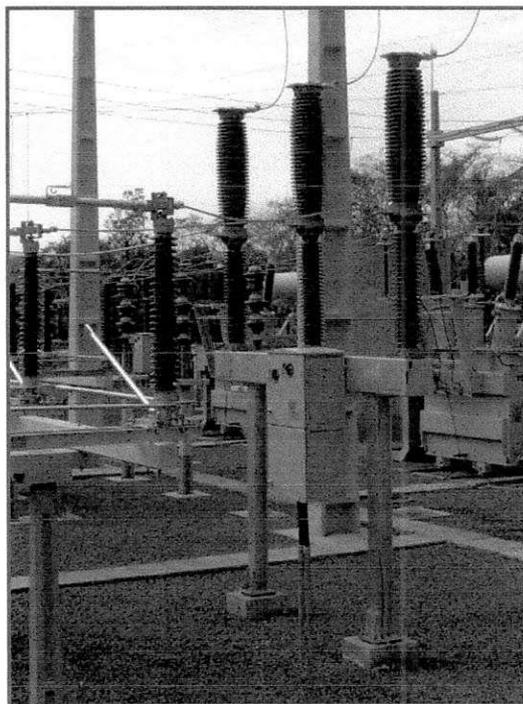


Figura 23: Transformador da SE da PCH Porto das Pedras.

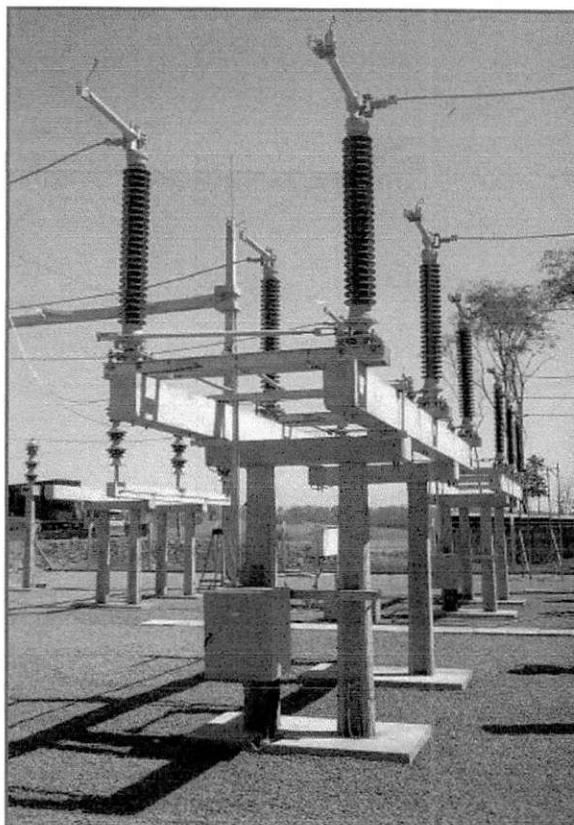
#### 4.9.2 Equipamentos de Manobras

Os equipamento responsáveis em abrir, fechar e isolar circuitos são denominados de equipamentos de manobra, na Subestacao da PCH Porto das Pedras existiam dois tipos desses equipamentos, os disjuntores e as seccionadoras, na figura 24 e 25, pode-se ver os disjuntores e as chaves seccionadoras respectivamente.

1. Disjuntor - Dispositivo capaz de estabelecer, conduzir e interromper correntes sob condições normais, bem como sob condições especificadas, tais como curto-circuito.
2. Chaves seccionadoras - Realiza o seccionamento de circuitos para manobra ou isolar componentes do sistema para manutenção.



*Figura 24: Disjuntor da SE Porto das Pedras.*

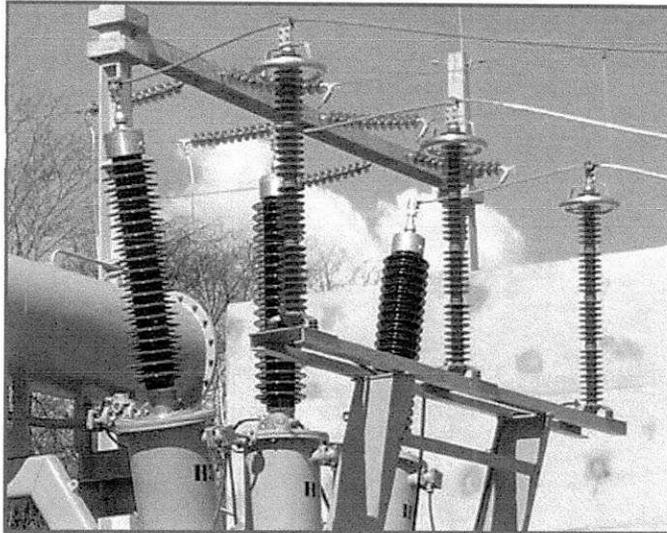


*Figura 25: Seccionadora da SE da PCH Porto das Pedras.*

#### **4.9.3 Equipamentos de proteção, medição e controle**

Na Subestação elevadora da PCH Porto das Pedras, existem três tipos de equipamentos enquadrados nessa classificação:

1. Para-Raios - São equipamentos responsáveis pela proteção dos equipamentos contra sobretensões originadas por descargas atmosféricas e por manobras, como pode ser visto na figura 26.



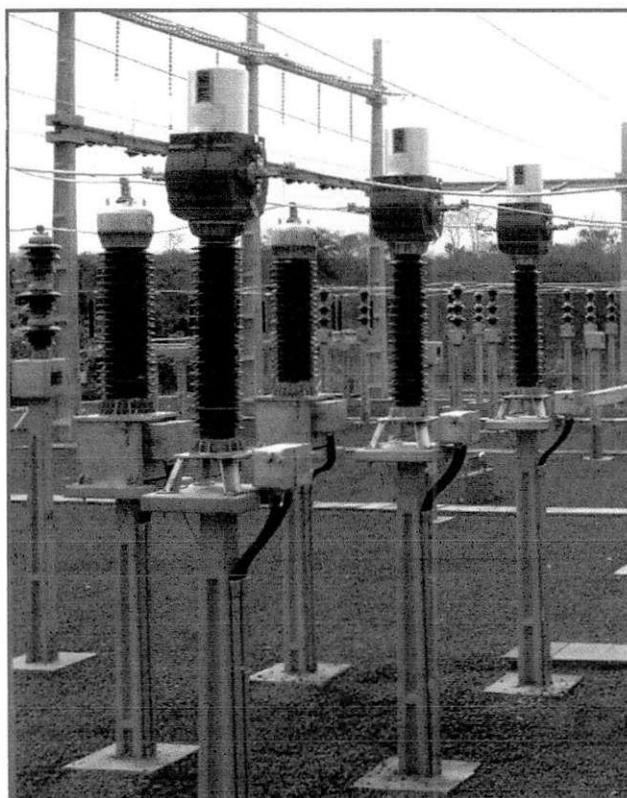
*Figura 26: Para Raio da SE.*

2. Transformador de Potencial - O transformador de potencial, pode ser indutivo ou capacitivo. Para tensões entre 600 V e 69 kV, os indutivos são dominantes. Para tensões acima de 138 kV os transformadores capacitivos são dominantes, podendo ser visualizado na figura 27.



*Figura 27: Transformador de Potencial*

3. Transformador de Corrente – Podem ser de dois tipos, proteção ou medição, na figura 28 pode-se ver os transformadores de corrente da subestação da PCH Porto das Pedras.



*Figura 28: Transformadores de Corrente da SE Elevadora.*

## **5. Conclusão**

A experiência de estágio foi fundamental para consolidação do conhecimento adquirido na universidade, tais como noções de geração de energia, parametrização de relés, instalação de rede industrial, gerenciamento, etc.

Além disso, o trabalho em equipe com profissionais de diferentes áreas e com ampla experiência, foi de grande importância para formação profissional do aluno. No período de estágio através das atividades de acompanhamento junto com a equipe de coordenação, houve a oportunidade de observar todos os setores, tais como, casa de força e subestação, e as etapas realizadas, verificando a cada dia a instalação e funcionamento dos equipamentos instalados, além da qualidade do serviço nas obras.

## Referencias Bibliograficas

KOBLITZ. **Homepage da AREVA KOBLITZ.** Disponível em:  [<www.arevakoblitz.com.br>](http://www.arevakoblitz.com.br)

ATIAIA. **Home page da ATIAIA ENERGIA.** Disponível em:  [<www.atiaiaenergia.com.br>](http://www.atiaiaenergia.com.br)

[WEG. **Gerador Síncrono Horizontal.** Manual de operação, instalação e manutenção, Julho de 2004.

PCH. **Artigo do Wikipédia.** Disponível em:  [<pt.wikipedia.org/wiki/PCH>](http://pt.wikipedia.org/wiki/PCH)

ALSTOM. **Especificação Técnica da Turbina Kaplan S Montante.** Julho de 2005

ALSTOM. **Especificação Técnica do regulador de Velocidade NEYRPIC 1000 STD.** Julho de 2005.

ALSTOM. **Treinamento tecnico e gestao de produtos.** Junho de 2008.

KOBLITZ. **Especificação Técnica dos auxiliares Mecânicos.** Fevereiro 2005.

ELETROBRAS: **Diretrizes para Estudos e projetos de pequenas centrais hidrelétricas.** Disponível em:  [< www.eletrobras.com.br>](http://www.eletrobras.com.br)