



Universidade Federal  
de Campina Grande

**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**  
**Curso de Graduação em Engenharia Elétrica**

HUGO MONTEIRO SILVA

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO**

Campina Grande, Paraíba  
Abril de 2015

HUGO MONTEIRO SILVA

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido  
à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica  
da Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Orientador:

Professor Dr. Leimar de Oliveira

Campina Grande, Paraíba  
Abril de 2015

HUGO MONTEIRO SILVA

## RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à  
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal de Campina Grande como parte  
dos requisitos necessários para a obtenção do grau de  
Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia  
Elétrica.*

Aprovado em        /        /

**Professor Avaliador**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Professor Leimar de Oliveira**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

*Dedico este trabalho aos meus amigos e familiares que sempre acreditaram nos meus propósitos.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que mesmo diante da minha pouca fé me deu determinação para seguir os caminhos por Ele indicados.

Agradeço a minha mãe, Luciete, e ao meu padrasto, Maurício, por suas batalhas diárias para que nada me faltasse.

Ao meu irmão, Hiago, e ao meu primo Jucelmo, pelo apoio que sempre me ofereceram mesmo que à distância.

Ao grupo de amigos, #Los4+qd+, e ao primeiro suplente ao grupo, Rodolfo Medeiros, pelos bons momentos e pela torcida de todas as horas.

Aos meus amigos de universidade, pelos aplausos oferecidos nas minhas conquistas.

A minha namorada, Isabel, por me fortalecer e trazer a calma que eu precisava na conclusão dos meus trabalhos.

Aos meus amigos e familiares em geral, pelas inúmeras palavras de apoio.

Ao professor Leimar, pela maneira como sempre esteve disposto a me ajudar nas minhas escolhas e pela orientação no presente trabalho.

À BM Engenharia, pela oportunidade oferecida na realização do meu estágio, que significou bastante para meu crescimento profissional e minhas decisões futuras.

Ao Engenheiro Manoel Ramos, por se oferecer a compartilhar seus conhecimentos de maneira generosa e amigável.

A toda equipe de campo da BM Engenharia, eletricitas, encarregados, técnicos de segurança e auxiliares. Com cada um deles pude aprender mais e crescer profissionalmente.

## RESUMO

O presente relatório de estágio tem como objetivo apresentar os trabalhos desenvolvidos pelo aluno Hugo Monteiro Silva durante o Estágio Supervisionado realizado na fábrica de papelão do grupo Klabin, localizada em Goiana – PE, enquanto estagiário da empresa BM Engenharia. As atividades foram desenvolvidas de Dezembro de 2014 a Fevereiro de 2015 e estiveram vinculadas temas como gestão de pessoas, instalações industriais e automação.

**Palavras-chave:** Gestão, instalações industriais, quadros elétricos, máquina de papel.

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização da BM Engenharia. ....	2
Figura 2: Parceiros comerciais da BM Engenharia. ....	3
Figura 3: Clientes da BM Engenharia. ....	4
Figura 4: Painéis Média Tensão da SE 69kV Cervejaria Petrópolis-BA.....	4
Figura 5: Instalação Industrial da PCH em Barra do Braúna – MG. ....	5
Figura 6: Instalação de Encaminhamento na Metalúrgica Musashi-PE. ....	5
Figura 7: Ampliação da Subestação 69 Kv na Klabin Goiana - PE.....	6
Figura 8: Principais obras da BM Engenharia no Brasil. ....	6
Figura 9: unidade Klabin em Goiana - PE.....	7
Figura 10: áreas de atuação da Klabin. ....	8
Figura 11: interferência de harmônicas de 5ª e 7ª ordem. ....	11
Figura 12: Controlador Lógico Programável. ....	12
Figura 13: processo de automação industrial genérico. ....	12
Figura 14: Filtro de Harmônicas.....	15
Figura 15: circuito do Filtro de Harmônicas.....	16
Figura 16: Filtro de Harmônicas: ....	17
Figura 17: bobina de papel. ....	18
Figura 18: vista superior do Transportador de Bobinas.....	19
Figura 19: carro e esteira 1 do Transportador de Bobinas. ....	19
Figura 20: painel de controle, balança e esteira.....	20
Figura 21: megômetro utilizado no comissionamento de motores. ....	23

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ABB – Asea Brown Boveri

UFMG – Universidade Federal de Campina Grande

RDO – Registro Diário de Obra

DDS – Diálogo Diário de Segurança

MP24 – Máquina de Papel 24

MP17 – Máquina de Papel 17

SE – Sala Elétrica

UHE – Usina Hidroelétrica

PCH – Pequena Central Hidroelétrica

SPDA – Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

ISE – Índice de Sustentabilidade Empresarial

CLP – Controlador Lógico Programável

CCM – Centro de Controle de Motores

# SUMÁRIO

1	Introdução.....	1
1.1	Objetivo .....	1
1.2	Empresas .....	2
1.2.1	BM Engenharia .....	2
1.2.2	Klabin .....	7
1.3	Estrutura do Trabalho .....	9
2	Embasamento Teórico .....	10
2.1	Filtro de Harmônicas.....	10
2.2	Sistemas de Automação Industrial .....	11
2.3	Gestão de Projetos.....	13
3	Atividades Realizadas .....	14
3.1	Instalação do Filtro de Harmônicas.....	14
3.2	Instalação do Transportador de Bobinas .....	18
3.3	Coordenação de Atividades e Gestão de Equipe.....	20
3.3.1	Diálogo Diário de Segurança.....	20
3.3.2	Divisão das equipes .....	21
3.3.3	Acompanhamento das atividades .....	21
3.3.4	Reuniões com o cliente .....	21
3.3.5	Registro Diário de Obras .....	22
3.3.6	Comissionamento de motores.....	22
4	Conclusão .....	24
	Referências .....	25

# 1 INTRODUÇÃO

O presente relatório faz parte da conclusão da disciplina Estágio Curricular necessária para obtenção do título de Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Campina Grande. A disciplina pode ser cursada em duas modalidades distintas, sendo as atividades aqui descritas realizadas na modalidade estágio supervisionado, com carga horária mínima de 180 horas.

O estágio foi válido de 15 de Dezembro de 2014 a 20 de Fevereiro de 2015 totalizando 336 horas de atividades.

O estágio na BM Engenharia possibilita o contato direto com atividades de campo no setor de instalações elétricas industriais e gestão de pessoas. Além do mais, o estagiário passa a ter mais intimidade com os contratos e orçamentos dos serviços prestados pela BM, complementando ainda mais a experiência prática.

## 1.1 OBJETIVO

O estágio tem como foco principal trazer o aluno o máximo possível para a vida prática, desafiando-o a aplicar os conhecimentos adquiridos durante a graduação em Engenharia Elétrica.

Esse documento retratará o acompanhamento das instalações industriais, gestão de equipe e automação na participação da BM Engenharia na construção da linha de produção MP24 da fábrica de papelão da Klabin localizada no município de Goiana – PE.





Figura 2: Parceiros comerciais da BM Engenharia.

Alguns empreendimentos recentes com a participação da BM Engenharia merecem destaque:

- Montagem eletromecânica da casa de força e subestação das PCHs (Pequena Central Hidrelétrica) de São Gonçalo, Paiol, São José do Mantimento e Santa – Fé, no estado de Minas Gerais.
- UHE – Usinas Hidrelétricas de Barra de Braúna, São José – MG.
- Termoelétrica de Laranjeiras – SE.
- Usina JB – PE, montagem de encaminhamentos e instalações do grupo gerador diesel e equipamentos de manobra.
- Construção civil e eletromecânica da subestação 69 kV da Cervejaria Itaipava (Grupo Petrópolis). Além da realização do sistema de iluminação, SPDA, aterramento, lançamento de cabos e instalação de equipamentos de pátio.
- Em parceria com ABB, fez a ampliação da subestação de 69 kV da fábrica de papelão da Klabin em Goiana –PE.

Na figura 3 são apresentados mais alguns clientes da BM Engenharia.



Figura 3: Clientes da BM Engenharia.

Abaixo algumas imagens de alguns serviços concluídos da BM Engenharia e sua atuação em obras por diversos estados do país.



Figura 4: Painéis Média Tensão da SE 69kV Cervejaria Petrópolis-BA



Figura 5: Instalação Industrial da PCH em Barra do Braúna – MG.



Figura 6: Instalação de Encaminhamento na Metalúrgica Musashi-PE.



Figura 7: Ampliação da Subestação 69 Kv na Klabin Goiana - PE.



Figura 8: Principais obras da BM Engenharia no Brasil.

Assim, a BM Engenharia se mostra consolidada no mercado de obras em engenharia, atuando principalmente:

- Em montagens industriais: atua em vários segmentos na área de instalações industriais, destacando-se os setores sucroalcooleiro, de petróleo, gás e naval, indústria alimentícia, geração de energia e têxtil.
- Em montagens de quadros elétricos: experiência comprovada em montagem de quadros elétricos de baixa e média tensão, inclusive de CCMS de gavetas extraíveis (padrão TTA e PTTA), quadros de distribuição, quadros de proteção e controle, quadros de CLP, painéis de medição, quadros de distribuição CA e CC, quadros de iluminação, etc.
- Montagem de Subestações: Montagem Civil e Eletromecânica de Subestações de Alta Tensão é uma forte característica da BM Engenharia, garantindo a qualidade e o prazo de entrega dentro do que foi planejado, buscando sempre o sucesso do empreendimento.

### 1.2.2 KLABIN

A Klabin, maior produtora e exportadora de papéis do Brasil, é líder na produção de papéis e cartões para embalagens, embalagens de papelão ondulado, sacos industriais e madeira em toras. Fundada em 1899, possui atualmente 14 unidades industriais no Brasil e uma na Argentina. A imagem abaixo mostra a visão aérea da unidade localizada em Goiana – PE.



Figura 9: unidade Klabin em Goiana - PE.

Está organizada em três unidades de negócios: Florestal, Papéis (papelcartão, papel kraft e reciclados) e Conversão (papelão ondulado e sacos industriais).



Figura 10: áreas de atuação da Klabin.

Toda a gestão da empresa está orientada para o Desenvolvimento Sustentável, buscando crescimento integrado e responsável, que une rentabilidade, desenvolvimento social e compromisso ambiental. A Klabin integra, desde 2014, o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE), da BM&Fbovespa. Também é signatária do Pacto Global da ONU e do Pacto Nacional para Erradicação do Trabalho Escravo, buscando fornecedores e parceiros de negócio que sigam os mesmos valores de ética, transparência e respeito aos princípios de sustentabilidade.

Em 2015, conquistou a certificação Top Employers Brasil, que lista anualmente um grupo de empresas que atingem altos padrões de excelência em gestão de pessoas. Para receber o selo, a organização Top Employers Institute avalia, por meio de pesquisa auditada, as melhores práticas de recursos humanos de cada companhia. Os critérios analisados são estratégia, implementação de políticas, monitoramento e comunicação das condições de carreira e desenvolvimento.

Em Goiana, a Klabin possui uma unidade em funcionamento desde 20 de Março de 1973. É a maior unidade de embalagens da Klabin e conta com plantas para produção de papéis reciclados, embalagens de papelão ondulado e sacos industriais. A linha de papelão ondulado produz atualmente 146 mil toneladas/ano. A estrutura de sacos industriais tem capacidade de produção de 14 milhões de saco/mês. Já a produção total de reciclados é de 50 mil toneladas ao ano.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse relatório de estágio está estruturado em quatro capítulos. Sendo o presente capítulo responsável pela introdução do trabalho e mais três capítulos descritos a seguir.

O Capítulo 2 trará um breve embasamento teórico acerca das atividades que foram desenvolvidas onde serão abordados temas sobre filtros de harmônicas, sistemas de automação industrial e gestão de equipes.

Responsável pela descrição do que foi realizado pelo estagiário, o Capítulo 3 abordará de fato o que aconteceu na execução das atividades.

Finalmente, o Capítulo 4 trará a Conclusão, especificando os conhecimentos adquiridos durante a realização do estágio bem como sua importância para a vida profissional do estudante de engenharia.

## 2 EMBASAMENTO TEÓRICO

### 2.1 FILTRO DE HARMÔNICAS

A forma de consumo de energia elétrica vem mudando com o passar das décadas. Até o final da década de 70 as cargas residenciais conectadas à rede elétrica tinham características majoritariamente resistivas. Ou seja, a quantidade de aparelhos eletrônicos nas residências era bastante resumida, um aparelho de TV, por exemplo.

Com a evolução tecnológica o perfil das cargas conectadas à rede mudou consideravelmente e a presença de aparelhos comandados eletronicamente tornou-se massiva. Esse tipo de carga possui uma peculiaridade na forma como são alimentadas: a não linearidade. Assim, não necessitam corrente elétrica constantemente, senão picos de corrente em momentos determinados que são disparados em frequências e ângulos caracterizados pelos conversores eletrônicos que são empregados na carga, de tal sorte que causam distorções na forma de onda de tensão e corrente que lhe é entregue, ‘poluindo’ a rede elétrica.

No âmbito industrial, a utilização de elementos semicondutores como os conversores CA/CC, bastante utilizados em sistemas de automação e instrumentação, contribui significativamente para o surgimento de um tipo específico de distúrbio na rede elétrica: as harmônicas.

Uma distorção é classificada como harmônica quando é percebida de forma similar e periódica em cada ciclo da frequência fundamental de tal maneira que seu espectro contém apenas valores inteiros múltiplos da frequência fundamental. Como dito anteriormente, esse comportamento é resultado da relação não linear tensão/corrente que alguns dispositivos conectados à rede têm.

Através da análise de Fourier, uma função arbitrária periódica pode ser dividida em uma série de ondas senoidais. O exemplo abaixo mostra que a curva distorcida consiste tanto da frequência fundamental (por exemplo, 50 Hz) e da 5ª superimpostas (250 Hz) e 7ª (350 Hz) frequências harmônicas.

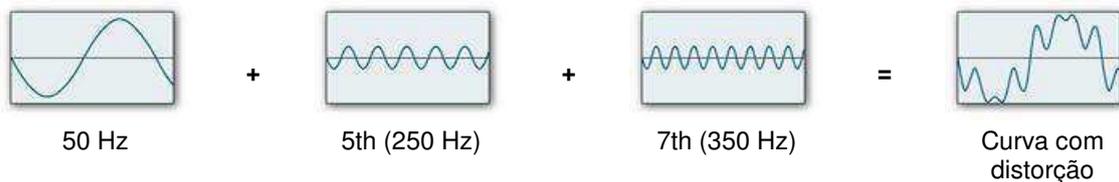


Figura 11: interferência de harmônicas de 5ª e 7ª ordem.

Um filtro de harmônicas geralmente consiste de um capacitor que está ligado em série com um reator. Os componentes são dimensionados para criar uma série de circuito de ressonância para uma frequência necessária. A tensão produzida pelo filtro é de alguns por cento da tensão nominal da rede e a corrente que o percorre é a mesma corrente que percorre a carga. Assim, filtro de harmônicas funciona como um curto-circuito em uma ou mais frequências especificadas.

## 2.2 SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

Com a finalidade obter maiores produtividades com custos menores, as indústrias têm realizado grandes automatizações nas suas linhas de produção. Um sistema é dito automatizado quando o trabalho antes realizado pelo esforço humano passa a ser realizado por microprocessadores de forma inteligente.

Em sistemas de automação industrial existe uma participação massiva de computadores ou outros equipamentos capazes de realizar operações lógicas com destaque para os Controladores Lógicos Programáveis, os CLPs. A figura 12 mostra um tipo de CLP utilizado no controle de processos industriais.



Figura 12: Controlador Lógico Programável.

Com a utilização de tais equipamentos o controle e a medição dos processos industriais tornaram-se mais fiel e indispensável para a indústria como forma de aperfeiçoar à produção, ou seja, produzir mais e com mais qualidade, em menos tempo e com menos esforço humano.

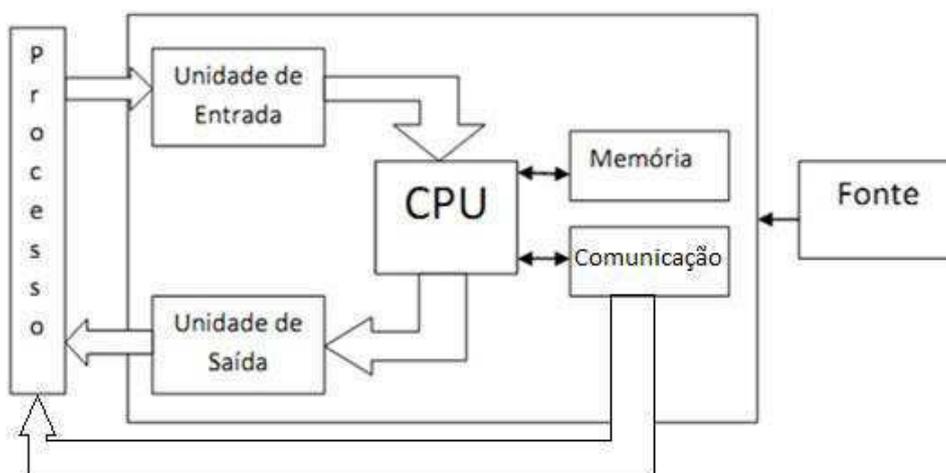


Figura 13: processo de automação industrial genérico.

## 2.3 GESTÃO DE PROJETOS

Segundo a *American Management Association*, Gestão de Projetos é o processo de reunir e liderar uma equipe de pessoas e outros recursos, para estimar, planejar, acompanhar e controlar um número de tarefas relacionadas entre si, que resultam num produto final específico, o qual deve ser criado em um prazo, dentro de um orçamento e de acordo com as especificações.

Durante a execução de um empreendimento de engenharia, a eficiência com que o projeto é conduzido passa a ter bastante peso na entrega do produto final. A figura de um bom gestor à frente da equipe de execução passa a confiança necessária para que o cliente acredite que o prazo final será respeitado. Além do mais, uma boa gestão e liderança contemplam baixos custos, fator de suma importância na realização de grandes empreendimentos.

Adquirir conhecimentos voltados à gerência de projetos e liderança de equipes potencializa a vida profissional de um engenheiro e o coloca em um patamar diferenciado no mercado de trabalho.

### 3 ATIVIDADES REALIZADAS

A BM Engenharia esteve presente durante a construção e instalação do complexo da Máquina de Papel 24 (MP-24) na fábrica de papelão da Klabin, localizada em Goiana, através de dois contratos principalmente: o MP-24 e o BOP.

O primeiro contrato colocou a BM Engenharia como responsável por toda a instalação de iluminação e tomadas, ares condicionados, SPDA e rede.

Já no segundo contrato, o BOP, a BM Engenharia atuou na instalação de diversos instrumentos e motores responsáveis por medições e pré-processamento da matéria prima que entraria na máquina, no caso da unidade Klabin de Goiana, o papelão fabricado provinha de material reciclável. Além disso, o contrato também contemplava a participação na instalação dos motores responsáveis pelo acionamento de um transportador de bobinas de papel desde o final da linha de produção até o depósito da fábrica.

Finalmente, em um terceiro contrato, a BM Engenharia atuou como consorciada da ABB (Asea Brown Boveri) Ltda. para a instalação de um filtro de harmônicas na subestação da fábrica.

Foi de responsabilidade de o estagiário fazer a coordenação das equipes que iriam executar tais atividades, tendo em vista que ditas atividades aconteciam em paralelo e o prazo deveria ser cumprido.

#### 3.1 INSTALAÇÃO DO FILTRO DE HARMÔNICAS

A unidade da Klabin em Goiana – PE já produzia papelão para o mercado através da linha de produção Máquina de Papel 17 (MP17). Com a construção da nova linha de produção, a Máquina de Papel 24 (MP24), a Klabin triplicou a sua capacidade de produção de papel reciclado. Tal máquina é dotada de alta tecnologia e é totalmente automatizada, necessitando da comunicação de diversos instrumentos de medida com a finalidade de garantir a qualidade do papelão produzido. Sendo assim, diversos inversores foram instalados por toda a linha de produção e houve a necessidade de um

filtro de 5ª harmônica a fim de snar distúrbios na rede causados pelos novos equipamentos.

O projeto do filtro foi de responsabilidade da empresa Suíça ABB e a BM Engenharia foi responsável pela sua montagem na subestação da Klabin. A figura 14 mostra o escopo do projeto do filtro.

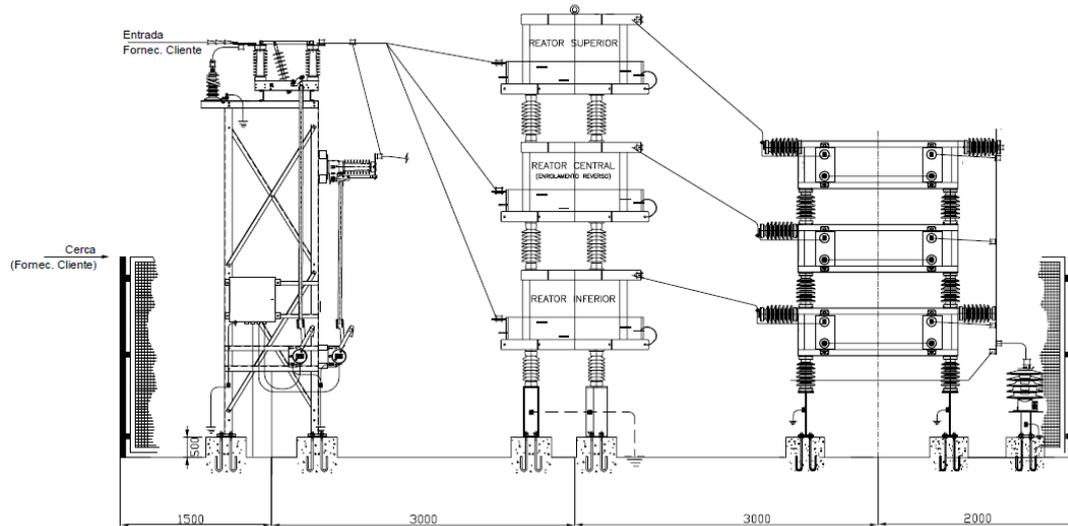


Figura 14: Filtro de Harmônicas.

O filtro foi projetado para a eliminação de distúrbios na 5ª harmônica, sendo os dados nominais 12,1 MVar x 14,52 kV. Os equipamentos que contemplam a instalação do filtro são:

- Banco de capacitores
- Unidades capacitivas
- Reator de sintonia
- Chave de aterramento tetrapolar
- Chave seccionadora tripolar
- Transformador de corrente
- Para-raios

Em Anexo encontram-se os dados técnicos de cada um dos equipamentos mencionados. A figura 15 ilustra a interligação do filtro.

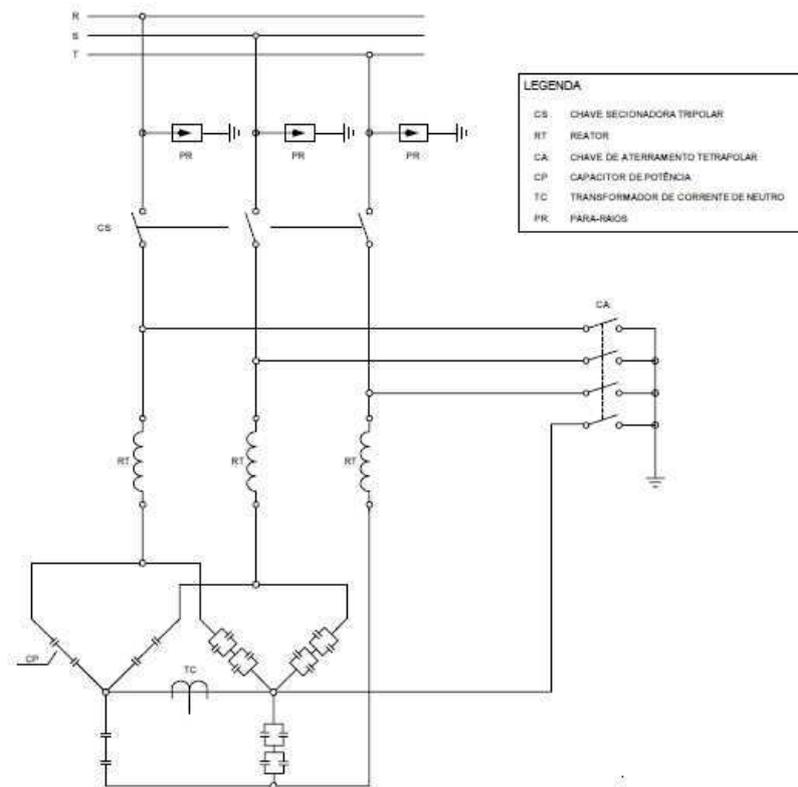


Figura 15: circuito do Filtro de Harmônicas.

A sequência de figuras a seguir mostra o acompanhamento da instalação do filtro desde a fundação das bases até a instalação completa do equipamento.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Figura 16: Filtro de Harmônicas:

- (a) Escavação.
- (b) Banco de capacitores.
- (c) Estrutura das chaves.
- (d) Reatores.
- (e) Caixa de Interligação.

### 3.2 INSTALAÇÃO DO TRANSPORTADOR DE BOBINAS

Como dito anteriormente, a nova linha de produção da Klabin, a MP24, possui um alto grau de automação. Todos os pontos da fábrica estão conectados remotamente através de fibra óptica e a produção ocorre basicamente de maneira automática. Nesse sentido, durante o mês de Janeiro de 2015, foi realizada a implantação de um transportador de bobinas de papel.

Depois de todo processamento e fabricação do papel, o mesmo é enrolado em um tubete e forma uma bobina de aproximadamente 6 metros de comprimento, semelhante à ilustrada na figura 17.



Figura 17: bobina de papel.

Essa bobina, ao sair da máquina, necessita ser levada para o depósito que fica do outro lado da fábrica. Antes esse transporte era feito através de empilhadeiras, gastando um tempo considerável. Na nova linha de produção, ao sair da máquina, a bobina cai diretamente em uma balança e através de uma esteira é posta em um carro sobre trilhos que leva a bobina para o depósito. Todas essas operações são realizadas desde um painel de controle. Abaixo é apresentado o layout do projeto onde se pode ter uma ideia da instalação do transportador.

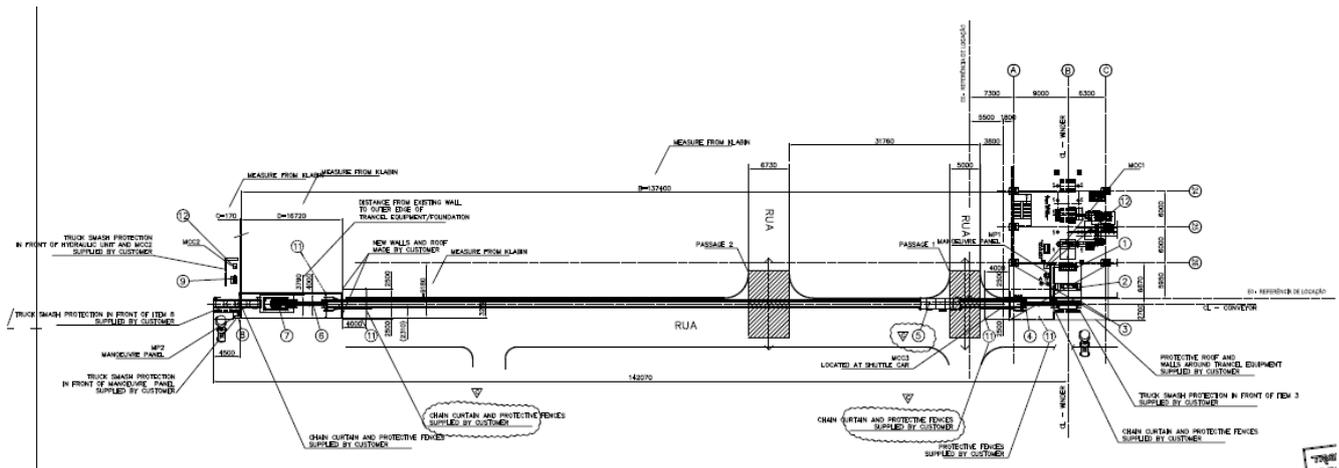


Figura 18: vista superior do Transportador de Bobinas.

A BM Engenharia atuou na instalação do transportador de bobinas realizando a alimentação elétrica e pneumática dos painéis de controle e a conexão desses painéis com o CLPs localizados nos seus CCMs (Casa de Controle de Máquinas) correspondentes. Além do mais, a BM Engenharia fez a interligação dos motores responsáveis por comandar as esteiras que colocam a bobina no carro sobre trilhos e a retiram do carro ao chegar no depósito para que sejam organizadas através de máquinas empilhadeiras. A figura 19 mostra parte do projeto instalado, onde aparecem o carro sobre trilhos e a esteira que recebe a bobina de papel.



Figura 19: carro e esteira 1 do Transportador de Bobinas.

Na figura 20, pode-se observar a mesa de controle e a balança, onde inicialmente a bobina chega antes de ser encaminhada para a esteira.



Figura 20: painel de controle, balança e esteira.

### 3.3 COORDENAÇÃO DE ATIVIDADES E GESTÃO DE EQUIPE

#### 3.3.1 DIÁLOGO DIÁRIO DE SEGURANÇA

Todos os dias existe um procedimento inicial chamado de DDS (diálogo diário de segurança). Nessa reunião, sob a ata do técnico de segurança, é discutido algum tema relacionado à segurança de trabalho e conselhos e avisos são dados aos trabalhadores objetivando a segurança no desenvolvimento do trabalho diário. Além do mais, pendências ou problemas que necessitem de alguma atenção são também esclarecidos DDS, agora sob a palavra do estagiário de engenharia responsável pela obra ou do encarregado da empresa. Imediatamente após o DDS os trabalhadores que necessitam desempenhar algum trabalho aéreo aferem a pressão e são liberados para o trabalho.

### 3.3.2 DIVISÃO DAS EQUIPES

Hierarquicamente o engenheiro eletricitista é quem comanda a obra. Na ausência do engenheiro, como de fato ocorreu no mês de Janeiro de 2015, essa função passou a ser desempenhada pelo estagiário. Na BM Engenharia é muito comum que funcionários acumulem tarefas. No caso do engenheiro (ou estagiário), ele é responsável por toda a gestão do pessoal que é designado para realizar as tarefas diárias. Ou seja, em comum acordo com o encarregado da empresa, o planejamento da obra é feito e as frentes de trabalho (grupos de funcionários) são definidas. O engenheiro acompanha a execução do planejamento e oferece condições para que o trabalho seja realizado dentro do prazo estabelecido, bem como garante a qualidade na execução das tarefas e na entrega do produto final ao cliente desempenhando um forte papel de supervisor.

### 3.3.3 ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES

Oferecer condições significa disponibilizar material necessário, discutir táticas de avanço das frentes de trabalho, requisição de mais pessoal junto à BM, etc. O estagiário também participa das discussões técnicas do trabalho, agora em conjunto com o encarregado da empresa que tem um contato diário maior com os trabalhadores. Dessa maneira, foi responsabilidade do estagiário fazer o controle do material e das ferramentas que eram usadas para a realização das atividades atualizando diariamente o departamento de compras da BM Engenharia e contribuindo para que o gasto com compras de emergência fosse o mínimo possível.

### 3.3.4 REUNIÕES COM O CLIENTE

Grandes empreendimentos de engenharia, como o que ocorreu na construção da nova linha de produção da fábrica da Klabin em Goiana, necessitam de um acompanhamento diário tanto por parte da contratante como por parte da contratada, de tal sorte que reuniões semanais para discussões de prazos vencidos ou de mudanças nas prioridades dos serviços a serem executados eram realizadas. Investimentos desse porte só são possíveis porque existem muitas empresas trabalhando em conjunto, então, muitas vezes, devido a atrasos no fornecimento de material ou a não execução de

serviços que deveriam anteceder as atividades da BM Engenharia, as metas eram mudadas e essas decisões estratégicas ficavam a cargo do estagiário, quando responsável pela obra, e dos representantes da contratante, a Klabin, nas figuras de um supervisor de automação e de um supervisor de elétrica.

### 3.3.5 REGISTRO DIÁRIO DE OBRAS

Como forma de garantir o acompanhamento das atividades tanto por parte da BM Engenharia como por parte da Klabin, um Registro Diário de Obra – RDO - era feito todos os dias ao final do expediente.

O RDO contempla os dias de obras do contrato, bem como os prazos iniciais e finais. Além do mais, mostra o efetivo disponibilizado pela BM Engenharia para a execução das atividades.

Todas as atividades que eram realizadas eram descritas e uma via do RDO era enviada para o supervisor de elétrica da Klabin, que verificava o documento e, estando de acordo com o que estava posto, o assinava e o devolvia à BM Engenharia. O documento por fim era arquivado pela BM Engenharia como comprovante de que as atividades foram executadas de acordo com o previsto no contrato. O preenchimento do RDO, seu envio para a Klabin e seu arquivamento eram de responsabilidade do estagiário. Em anexo segue um dos RDOs desenvolvidos a título de exemplo.

### 3.3.6 COMISSIONAMENTO DE MOTORES

Apesar de já fabricar papel há anos, a nova linha de produção da Klabin funciona de maneira independente da linha de produção que já existia. Na prática foi como se uma nova fábrica tivesse sido construída. Sendo assim, todo o pré-processamento da matéria prima da MP24 era necessário. Com isso, diversos motores foram instalados pela BM Engenharia. Como forma de garantir a isolação dos cabos que alimentavam tais motores, a BM Engenharia foi incumbida de realizar comissionamentos tanto nos cabos quanto nos enrolamentos dos motores a fim de verificar se não havia nenhum cabo ou enrolamento em curto circuito, o que seria absolutamente danoso para os motores, que normalmente custam alguns milhares de reais.

Com o auxílio de um megômetro semelhante ao apresentado na figura 21, uma tensão de 500 V era aplicada entre cada cabo de alimentação do motor e o terra durante 60 segundos e sua resistência era medida. Os valores preenchiam uma ficha de comissionamento como a que é apresentada em anexo. O mesmo procedimento era realizado para os enrolamentos do motor. Além desses valores, eram anotados características dos cabos utilizados e dados da placa do motor, além da forma de infraestrutura – leito ou eletrocalha – utilizada no encaminhamento dos cabos de alimentação. No final da medição, a ficha era entregue ao supervisor de elétrica, representante da Klabin. Tal atividade era de responsabilidade do estagiário.



Figura 21: megômetro utilizado no comissionamento de motores.

## 4 CONCLUSÃO

Do exposto nesse trabalho, constata-se a importância das experiências adquiridas durante o contato do estudante de engenharia elétrica com atividades relacionadas ao mercado de trabalho ao qual será inserido em breve.

O convívio com profissionais já formados é capaz de trazer a confiança necessária para que os aprendizados oferecidos pela universidade sejam colocados em prática. Ao gerir equipes e tomar decisões estratégicas, o estudante tem a capacidade formar sua personalidade profissional com mais maturidade.

As etapas seguidas durante o comissionamento de motores permitiu ao estudante desenvolver uma maior habilidade no manejo de equipamentos de medidas e testou o discernimento necessário a resolução de problemas que ele pode encontrar em sua vida profissional. Além do mais, em empreendimentos de grande porte como o descrito, a familiarização com novos equipamentos e ferramentas também contribuem de maneira fundamental para que os conhecimentos sejam expandidos.

Em virtude dos fatos mencionados, as metas previstas para o trabalho foram atingidas satisfatoriamente tendo em vista que os resultados exigidos por parte das empresas participantes do projeto foram atingidos e a preparação do estudante para o mercado de trabalho tornou-se mais sólida.

## REFERÊNCIAS

DECKMANN, S.M.; POMILIO, J.A. Curso de Avaliação da Qualidade da Energia: Distorção Harmônica: causas, efeitos e soluções, DSCE - FEEC - UNICAMP, Campinas, p. 1 - 37.

L. M. MEHL, EWALDO. Qualidade da energia elétrica. Disponível em: <<http://www.eletrica.ufpr.br/mehl/downloads/qualidade-energia.pdf>>. Acesso em: 20 de Março de 2015.

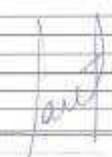
DA SILVA, M.M.D. Análise de Filtros Passivos de Harmônicos de Conversor CA/CC de Seis Pulsos. Dissertação submetida ao corpo docente da coordenação dos programas de pós-graduação de engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Setembro de 2007.

KLABIN. Disponível em: < <http://www.klabin.com.br/pt/imprensa/releases/>>. Acesso em: 19 de Março de 2015.

ABB no Brasil. Disponível em: < <http://www.abb.com.br/product/db0003db002618/7f9046d0ac3ffc12832577520050270a.aspx?productLanguage=pt&country=BR>>. Acesso em: 19 de Março de 2015.

BM ENGENHARIA. Disponível em: < <http://bmeng.com.br/index.php>>. Acesso em: 16 de Março de 2015.

# ANEXOS

		Nº 119					
							
<b>DIÁRIO DE OBRA</b>							
OBRA	OP. 01	CONTRATO	000.000				
Prós	10	Des. nº	01				
PROPOSTA		Nº	01/00011				
		TERMO	001/011				
		DATA	08/01/01				
		Nº	01/00011				
		TERMO	001/011				
		DATA	08/01/01				
<b>CONDICIONES METEOROLÓGICAS</b>							
TEMPERATURA	NEBLADO	CHUVUVA	CHUVUVA FORTE				
0-10	0-10	0-10	0-10				
11-20	11-20	11-20	11-20				
21-30	21-30	21-30	21-30				
<b>TOTAL DE VÃO DE OBRA</b>							
ALUMINIO	ACRILICO	ALUMINIO	ACRILICO	ALUMINIO	ACRILICO	ALUMINIO	ACRILICO
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ALUMINIO	ACRILICO	ALUMINIO	ACRILICO	ALUMINIO	ACRILICO	ALUMINIO	ACRILICO
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ALUMINIO	ACRILICO	ALUMINIO	ACRILICO	ALUMINIO	ACRILICO	ALUMINIO	ACRILICO
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ALUMINIO	ACRILICO	ALUMINIO	ACRILICO	ALUMINIO	ACRILICO	ALUMINIO	ACRILICO
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>DESENVOLVIMENTO DOS SERVIÇOS</b>							
<b>OBSERVAÇÕES EM ENGENHARIA</b>							
Assinado de Trabalho? <input type="checkbox"/> não <input checked="" type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/>							
<b>OBSERVAÇÕES DA KLABIN</b>							
Avaliação dos serviços <input type="checkbox"/> Solicitar <input type="checkbox"/> Registrar <input type="checkbox"/> Incluir OS <input type="checkbox"/>							
KLABIN		Engenheiro	Sevillino e Almeida LTDA				
NOUE		NOUE	Wagner Ramos de Souza Neto				

<b>VOITH</b>	<b>RELATÓRIO DE VERIFICAÇÃO E TESTE DE MOTOR</b>	RTM Nº _____ DATA: _____ FOLHA: _____																																						
CLIENTE: <u>ILAROV</u> OBRA: <u>MAQUINA DE PAPO, 24</u> LOCAL: <u>Geleis - PE</u>																																								
<b>ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO MOTOR</b>																																								
EQUIPAMENTO USADO: _____ TAG: _____      ITEM LISTA MOTORES VOITH NR: <u>1003-0000335193</u> FABRICANTE: _____      MARCAÇÃO: _____      Nº SÉRIE: _____ POTÊNCIA: _____      TENSÃO NOMINAL: _____      CORRENTE NOMINAL: _____ QTD DE FASES: _____      TENSÃO DE SERVIÇO: _____ DOSEÇÃO: _____      CLASSE DE ISOLAÇÃO: _____      INSTALAÇÃO: <input type="checkbox"/> AO TEMPO <input type="checkbox"/> ABRIGADO RPM: _____      REOLAMENTO: _____																																								
<b>ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO CABO</b>																																								
TAG DO CIRCUITO: _____      BITOLA: _____      FABRICANTE: _____ CLASSE DE TENSÃO: _____      ISOLAMENTO: _____      CAPA: _____																																								
<b>CANALIZAÇÕES/LANÇAMENTO</b>																																								
TIPO: _____      COMPR. DO CABO (m): _____ CIRCUITO: _____																																								
<b>INSPEÇÕES VISUAIS ANTES DOS TESTES</b>																																								
01 INSP. PARALELOS CONFORMIDADE COM O PROJETO ALINHAMENTO/LANÇAMENTO TERMINAÇÃO	02 INSP. PARALELOS CONDIÇÕES CATERMANTO	03 INSP. PARALELOS CORTILIBASE AUTOSOLDA	04 INSP. PARALELOS SUPORTES TENSÃO/OMATE																																					
LEGENDA: <input checked="" type="checkbox"/> COM PROJETO <input checked="" type="checkbox"/> SEM DEVIATIVO <input type="checkbox"/> INSTALAÇÃO CORRETA <input type="checkbox"/> FAZER ESPECIAL TESTAR																																								
<b>RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO DOS CABOS</b>		<b>RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO DO MOTOR</b>																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PONTOS</th> <th>RESULTADOS (MΩ)</th> <th>AValiaÇÃO</th> </tr> <tr> <th>FASES</th> <th>LEITURA</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>R x S</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>R x T</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>S x T</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>R x TERRA</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>S x TERRA</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T x TERRA</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	PONTOS	RESULTADOS (MΩ)	AValiaÇÃO	FASES	LEITURA		R x S			R x T			S x T			R x TERRA			S x TERRA			T x TERRA			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>PONTOS</th> <th>RESULTADOS (MΩ)</th> <th>AValiaÇÃO</th> </tr> <tr> <th>FASES</th> <th>LEITURA</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>R x TERRA</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>S x TERRA</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>T x TERRA</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	PONTOS	RESULTADOS (MΩ)	AValiaÇÃO	FASES	LEITURA		R x TERRA			S x TERRA			T x TERRA		
PONTOS	RESULTADOS (MΩ)	AValiaÇÃO																																						
FASES	LEITURA																																							
R x S																																								
R x T																																								
S x T																																								
R x TERRA																																								
S x TERRA																																								
T x TERRA																																								
PONTOS	RESULTADOS (MΩ)	AValiaÇÃO																																						
FASES	LEITURA																																							
R x TERRA																																								
S x TERRA																																								
T x TERRA																																								
LEGENDA: <input type="checkbox"/> APROVADO <input type="checkbox"/> REPROVADO <input type="checkbox"/> QUESTIONAR CABOS <input type="checkbox"/> REFAZER LEITURA		LEGENDA: <input type="checkbox"/> APROVADO <input type="checkbox"/> REPROVADO <input type="checkbox"/> QUESTIONAR CABOS <input type="checkbox"/> REFAZER LEITURA																																						
FASEAMENTO: _____      TEMPERATURA (°C): _____ INSTRUM. UTILIZADO: <u>MICROMETRO</u> UMID. RELAT. DO AR (%): _____ MODELO: _____      N. SÉRIE: _____ ESCALA: _____      TENSÃO APLICADA: _____      TEMPO: 60 s FUNCIONÁRIO (E FUNÇÃO): _____		FASEAMENTO: _____      TEMPERATURA (°C): _____ INSTRUM. UTILIZADO: <u>MICROMETRO</u> UMID. RELAT. DO AR (%): _____ MODELO: _____      N. SÉRIE: _____ ESCALA: _____      TENSÃO APLICADA: _____      TEMPO: 60 s FUNCIONÁRIO (E FUNÇÃO): _____																																						
<b>MEDIÇÕES PRE-OPERACIONAIS</b>																																								
<b>MEDIDAS DE TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO DO MOTOR:</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>R x S</th> <th>R x T</th> <th>S x T</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>	R x S	R x T	S x T				<b>CORRENTE DE PARTIDA</b> EM CARGA      EM VAZIO FASE A: _____      FASE A: _____ FASE B: _____      FASE B: _____ FASE C: _____      FASE C: _____ TEMPO: _____	<b>CORRENTE NOMINAL DE OPERAÇÃO</b> EM CARGA      EM VAZIO FASE A: _____      FASE A: _____ FASE B: _____      FASE B: _____ FASE C: _____      FASE C: _____ TEMPO: _____																																
R x S	R x T	S x T																																						
ROTAÇÃO DO EIXO DO MOTOR (SENTIDO): <input type="checkbox"/> HORÁRIO <input type="checkbox"/> ANTI-HORÁRIO																																								
ALIMENTAÇÃO DO MOTOR: <input type="checkbox"/> DIRETO VIA ODH <input type="checkbox"/> VIA DINÔMOS																																								
COMENTÁRIOS: _____																																								
EM engenharia <input type="checkbox"/> APROVADO      _____ <input type="checkbox"/> REPROVADO      DATA	AOB <input type="checkbox"/> APROVADO      _____ <input type="checkbox"/> REPROVADO      DATA	VOITH <input type="checkbox"/> APROVADO      _____ <input type="checkbox"/> REPROVADO      DATA	CLIENTE <input type="checkbox"/> APROVADO      _____ <input type="checkbox"/> REPROVADO      DATA																																					

## DADOS TÉCNICOS GARANTIDOS

Nº: FDE-1451043

**Cliente:** KLABIN S.A. / Unidade Goiana - PE

**Projeto:** E-1451043.001

**Equipamento:** Filtro de harmônicas sintonizado de 5° H de dados nominais: 12,1 MVar x 14,52 kV

### 1 – BANCO DE CAPACITORES

a) Tensão Nominal:	14,53 kV
b) Tensão Efetiva:	13,2 kV
c) Potência Nominal:	12,2 MVar
d) Potência Efetiva:	10 MVar
e) Frequência:	60 Hz
f) Corrente Nominal:	482 A
g) Configuração:	Dupla estrela Isolada
h) Grupos em série:	2
i) Capacitores em paralelo por grupo série:	1 + 2
j) Quantidade de capacitores por fase:	6
k) Quantidade de capacitores total:	18
l) Nível básico de isolamento:	34/110 kV

### 2 – UNIDADES CAPACITIVAS

a) Tipo de fusível:	Interno
b) Norma aplicável:	NBR 5282/98
c) Potência Nominal:	673,15 kVAr
d) Tensão Nominal:	4,19 V

e) Nivel básico de isolamento:	44 / 110 kV
f) Tensão do elemento interno:	2.095 V
g) Capacitância nominal:	101,71 $\mu$ F
h) Variação de capacitância	-3 % a 3 %
i) Frequência	60 Hz
j) Elementos em série:	2
k) Elementos em paralelo por grupo série:	19
l) Tempo de descarga	50 V / 5 min
m) Classe de temperatura:	-5 /C
n) Massa Aproximada	77 kg
o) Stress máx.	69,8 V/um
p) Dielétrico	All film
q) Perdas máx.	0,2 w/kVAr

### **3 – REATOR DE SINTONIA**

a) Indutância Nominal:	1,9328 mH
b) Impedância nominal:	0,729 $\Omega$
c) Tap's	-2%, 0, 2%,
d) Tensão do sistema:	13,2 kV
e) Frequência	60 Hz
f) Corrente nominal:	458,14 A
g) Corrente de projeto (incluindo harmonicos):	481,28 A
h) Tipo de Núcleo	AR
i) Tipo de montagem	Empilhado
j) Material do enrolamento:	Aluminio
k) Nivel básico de isolamento:	34/110 kV
l) Corrente de curto-circuito térmica do sistema	12,5 kA/1s
m) Corrente de curto-circuito térmica:	5,69 kA/1s
n) Corrente de curto-circuito dinâmica	14,5 kAapico

o) Potencia Nominal	168 kVAr
p) Fator de qualidade mínimo a 75 °C / Frequência:	49±30% / 293 Hz
q) Norma aplicável:	NBR 5356-6

#### **4 – CHAVE DE ATERRAMENTO TETRAPOLAR**

a) Tensão Nominal	15 kV
b) Frequência:	60 Hz
c) Quantidade de polos	4
d) Nivel básico de isolamento:	34/110 kV
e) Corrente de curto circuito térmica de curta duração	12,5 kA/1s
f) Corrente de curto-circuito dinâmica:	31,25 kApico
g) Tipo de isoladores	Epoxi ou Porcelana
h) Contatos auxiliares	2NA + 2NF + 2 Passantes
i) Resistor de aquecimento do CCA	220Vca
j) Distância de escoamento	25 mm/kV
k) Cadeado kirk	Sim
l) Bloqueio magnético:	Sim (125 Vcc)
m) Norma aplicável:	NBR IEC-62271
n) Acionamento	Manual

#### **5 – CHAVE SECCIONADORA TRIPOLAR**

a) Tensão Nominal	15 kV
b) Frequência:	60 Hz
c) Quantidade de polos	3
d) Nivel básico de isolamento:	34/110 kV
e) Corrente nominal:	630 A
f) Corrente de curto circuito térmica de curta duração	12,5 kA/1s
g) Corrente de curto-circuito dinâmica:	31,25 kApico

h) Tipo de isoladores	Epoxi ou Porcelana
i) Contatos auxiliares	2NA + 2NF + 2 Passantes
j) Resistor de aquecimento do CCA	220Vca
k) Distância de escoamento	25 mm/kV
l) Cadeado kirk	Sim
m) Bloqueio magnético:	Sim (125 Vcc)
n) Norma aplicável:	NBR IEC-62271
o) Acionamento	Manual

## **6 – TRANSFORMADOR DE CORRENTE**

a) Aplicação:	Desequilíbrio de neutro
b) Meio Isolante	Resina Epoxi (seco)
c) Tensão de Operação:	15 kV
d) Nível básico de isolamento:	34/110 kV
e) Frequência:	60 Hz
f) Corrente primária:	10 A
g) Corrente secundária:	5 A
h) Relação de transformação	10:5A
i) Classe de exatidão:	10B100
j) Fator térmico:	1,2
k) Corrente térmica de curta duração:	80 x In
l) Corrente dinamica:	200 x In
m) Norma aplicável:	NBR 6856/92

## **7 – PARA-RAIOS**

a) Para-raios tipo distribuição	
b) Uso:	Externo
c) Tipo:	Zno

d) Frequência:	60 Hz
e) Tensão nominal:	21,3 kV
f) Tensão máxima de operação contínua:	17 kV
g) Corrente de descarga (onda 8/20µs):	20 kA
h) Impulso de alta corrente (4/10 µs):	100 kA pico
i) Impulso de corrente de longa duração:	1350 A / 2000 µs
j) Classe de descarga:	4
k) Capacidade de absorção de energia:	13,3 kJ/kV de Uc
l) Modelo:	POLIM-H17N
m) Fabricante:	ABB