



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

GUILHERME PENHA DA SILVA JÚNIOR

**ESTÁGIO REALIZADO NA COMPOR ENGENHARIA E
AUTOMAÇÃO LTDA**

Campina Grande, Paraíba
Maio de 2013

GUILHERME PENHA DA SILVA JÚNIOR

ESTÁGIO REALIZADO NA COMPOR ENGENHARIA E
AUTOMAÇÃO LTDA

*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:

Prof. Francisco das Chagas Fernandes Guerra.

Campina Grande, Paraíba
Maio de 2013

GUILHERME PENHA DA SILVA JÚNIOR

ESTÁGIO REALIZADO NA COMPOR ENGENHARIA E
AUTOMAÇÃO LTDA

*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

Avaliador

Prof. Francisco das Chagas Fernandes Guerra.

Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial e em primeiro lugar a Deus, por ter me proporcionado uma força de vontade, determinação e muita fé nos momentos de dificuldades, onde tudo parecia impossível de superar.

Aos meus pais, Guilherme e Vanderlúcia, que não mediram esforços para que eu chegasse até essa etapa da minha vida. Por me depositarem muito amor, compreensão, apoio e por acreditar em mim sempre, bem como, pelas orações que sempre fizeram e que foram de fundamental importância passar por todas as adversidades.

Aos meus irmãos Carlos Eduardo e Verônica pelo apoio, carinho atenção e por relevar todos os momentos de estresse e pela confiança na minha capacidade.

A minha namorada Maria por ter me aturado nos momentos de estresse, por ter me dado todo o apoio que necessitava nos momentos difíceis, todo carinho, respeito, e por tonar minha vida cada dia mais feliz.

Aos amigos que foram surgindo ao longo dessa trajetória e que foram cúmplices uns dos outros nos momentos de estresse, correria, discussão de casos e grupos de estudos e que no final sempre encontrava um tempinho para relaxar.

Ao professor orientador Chagas Fernandes Guerra que me proporcionou atenção e dedicação para concretizar essa etapa final na carreira acadêmica.

A todos os meus colegas da Compor Engenharia, pela boa vontade e aprendizados, contribuindo para o meu crescimento profissional.

RESUMO

Este relatório de estágio supervisionado tem como objetivo relatar as atividades desenvolvidas na Compor Engenharia e Automação LTDA, localizada na cidade de Campina Grande – PB. Estágio realizado no período de fevereiro a abril do corrente ano, totalizando 210 horas, tendo uma ampla abordagem em áreas ligada as disciplinas de Instalações Elétricas, Proteção de Sistemas e Equipamentos Elétricos.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ponto de atuação do relé de sobrecorrente instantâneo característica ideal.

Figura 2: Características de relés de sobrecorrente temporizados.

Figura 3: Curvas características normalmente inversa (NI), muito inversa (MI) e extremamente inversa (EI).

Figura 4: Esquema de uma proteção básica de sobrecorrente para uma subestação.

Figura 5: Coordenação da proteção da Subestação Projetada.

Figura 6: Dados gerados pelo programa.

Figura 7: Ligação do equipamento às hastes de medida de resistividade do solo. Fonte: Mamede, J. F. 2007.

Figura 8: Passagem da corrente pelos eletrodos de potencial. Fonte: Mamede, J. F. 2007.

Figura 9: Posição dos eletrodos no terreno para a medição da resistividade do solo. Fonte: Mamede, J. F. 2007.

Figura 10: Dados Obtidos Pelo Programa.

Figura 11: Triângulo de Potências.

Figura 12: Fluxograma Horo-sazonalidade Verde.

Figura 13: Fluxograma Horo-sazonalidade Azul.

Figura 14: Triângulo de Potências com Compensação do Banco de Capacitor.

Figura 15: Planilha P. Original.

Figura 16: Consumo de Ativos.

Figura 17: Demanda.

Figura 18: Consumo Demanda Ponta.

Figura 19: Consumo de Demanda Fora de Ponta.

Figura 20: Demanda Ultrapassada.

Figura 21: Valor a Pago Por Mês.

Figura 22: Dados do Banco de Capacitor.

Figura 23: Horário para o Controle do Consumo de Reativos.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados enviados pela Energisa.

Tabela 2: Dados do relé da concessionária.

Tabela 3: Planilha Reativo.

SUMÁRIO

Agradecimentos	iv
Resumo	vi
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	viii
Sumário	ix
1 Introdução.....	11
1.1 A Empresa.....	11
1.2 Atividades Realizadas	11
1.3 Ferramentas Utilizadas.....	12
2 Proteção e Coordenação da Proteção de um Sistema.	12
2.1 Relés de Sobrecorrentes (50/51)	13
2.1.1 Relé de Sobrecorrente Instantânea (50)	13
2.1.2 Relé de Sobrecorrente temporizado (51)	14
2.2 Relé de Tensão Instantânea (27/59).....	16
2.2.1 Relé de Subtensão (27)	16
2.2.2 Relé de Sobretensão (59)	16
2.3 Coordenação da Proteção.....	16
2.4 Executando o Projeto	17
2.4.1 Dimensionamento do Transformador	19
2.4.2 Cálculo Da Demanda.....	20
2.4.3 Unidade Temporizada de Fase (51) e de Neutro (51N)	20
2.4.4 Corrente Transitória de Magnetização.....	21
2.4.5 Ponto ANSI dos Transformadores.....	21
2.4.6 Unidade Instantânea de Fase (50) e de Neutro (50N).....	21
2.4.7 Dimensionamento do TC.....	22
3 Estratificação do solo	24
3.1 Método de Medição	24
3.2 Execução do Projeto	27
4 Tarificação e Banco de Capacitores	28
4.1 Definições e Conceitos	29
4.1.1 Potência Instalada	29
4.1.2 Energia Elétrica Ativa	29
4.1.3 Energia Elétrica Reativa	29
4.1.4 Demanda.....	30
4.1.5 Horário de Ponta e Fora de Ponta	30
4.1.6 Período Seco e Úmido	30
4.1.7 Fator de Potência	30
4.2 Classificação dos Consumidores.....	31

4.3	Modalidades Tarifárias e tarifação.....	32
4.3.1	A Tarifação Convencional.....	33
4.3.2	A Tarifação Horo-sazonal Verde.....	33
4.3.3	A Tarifação Horo-sazonalidade Azul	34
4.4	Banco de Capacitores.....	35
4.5	Executando o Projeto	36
4.5.1	Tarifação.....	36
4.5.2	Banco de Capacitor.....	41
5	Conclusão	45
	Bibliografia.....	46

1 INTRODUÇÃO

1.1 A EMPRESA

A Compor Engenharia e Automação teve sua fundação em 12 de junho de 2009 por um ex-aluno do curso de engenharia elétrica da UFCG, Fábio Alcântara, com a experiência adquirida na área de projetos de instalações da baixa tensão durante a sua permanência na empresa-júnior do mesmo curso. Localiza-se na Av. Aprígio Veloso, 785, Bairro Universitário (em frente à UFCG).

A empresa atualmente conta com um número de 23 funcionários sendo estes de nível técnico e superior. Dentre os profissionais destacam-se engenheiro eletricista, mecânico e civil, bem como profissionais da área de arquitetura e administração. Na área da Engenharia Elétrica a empresa tem como foco principal a elaboração de projetos de baixa e média tensão. Porém, com o aumento da demanda de projetos, a empresa tem como metas para o futuro desenvolver projetos relacionados a alta tensão. Dentre os projetos elaborados pela empresa, pode-se citar:

- Subestações de média tensão aéreas e abrigadas;
- Instalações elétricas industriais e prediais;
- Sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA);
- Projetos de luminotécnica;
- Sistemas de aterramento;
- Projetos utilizando *nobreaks*;
- Instalação de grupos geradores.

1.2 ATIVIDADES REALIZADAS

Foram desenvolvidos programas para facilitar na elaboração dos projetos, de modo a otimizar o tempo do projetista. As atividades desenvolvidas são citadas a seguir.

- Coordenação da proteção de subestação com potência acima de 300 kVA.

- Estratificação do solo para implementação de malha de aterramento.
- Estudo tarifário para um melhor enquadramento e instalação de bancos de capacitores com intuito de regulamentação do fator de potencia.

1.3 FERRAMENTAS UTILIZADAS

Algumas ferramentas foram utilizadas para auxiliar no desenvolvimento e resolução das equações matemáticas, tais como Matlab e Excel, onde estes tornaram mais simples o processo de visualização e entendimento dos gráficos, gerando tabelas que possibilitam um melhor resultado.

2 PROTEÇÃO E COORDENAÇÃO DA PROTEÇÃO DE UM SISTEMA.

Todo sistema elétrico deve ser equipado com diversos dispositivos para sua proteção. Estes equipamentos devem estar situados estrategicamente, os mesmo são destinados a proteger o sistema contra todos os defeitos e funcionamentos anormais. Os dispositivos de proteção devem trabalhar sincronizados com os outros, nunca atuando independentemente. Caso aconteça alguma anormalidade no sistema, o trecho defeituoso deve ser isolado e removido, sem que os outros sejam afetados. Isto é, os dispositivos protetores devem ser coordenados para que se possa obter uma operação seletiva.

Seletividade – É a capacidade que possui o sistema de proteção de selecionar a parte danificada da rede e retirá-la de serviço sem afetar os circuitos sãos.[2]

Com isso podemos afirma que a finalidade da coordenação seria isolar a parte defeituosa do sistema, que seja tão próximo quanto possível de sua origem e com isso evitando a propagação das consequências. Este isolamento deve se ser feito no mais curto tempo possível, visando à redução dos problemas gerados.

Os equipamentos mais utilizados para a proteção dos circuitos são os fusíveis e os relés, como também dispositivos interruptores que desligam os circuitos quando necessário.

Para se obter um bom projeto de coordenação da proteção deve-se estudar o sistema e como será as condições de operação (normais, máxima e mínima, de sobrecarga), de defeito (diversas correntes de curto-circuito). Necessita-se de um conjunto de informação iniciais, obtidas nas placas dos equipamentos, catálogos, medições diretas no campo ou dadas pelos fabricantes.

2.1 RELÉS DE SOBRECORRENTES (50/51)

A proteção mínima que deve ser garantido em qualquer sistema elétrico é a de sobrecorrente. Em relação aos demais tipos, esse relé apresenta simplicidade na implementação e baixo custo. São muito utilizados na proteção de subestações industriais de médio e grande porte e em sistemas de subtransmissão e distribuição das concessionárias. Quanto ao tempo de operação, são classificados como instantâneos (50) e temporizados (51), estando disponíveis para fase e neutro.

2.1.1 RELÉ DE SOBRECORRENTE INSTANTÂNEA (50)

O princípio de funcionamento desse tipo relé é bastante simples, acima de certo valor de corrente, o relé envia um sinal (CC) para o equipamento responsável para abertura do sistema, este equipamento em geral é o disjuntor. Onde o disjuntor vai abrir o circuito e mantendo a integridade dos equipamentos a jusante do mesmo, com isso fazendo a segurança e a seletividade do sistema.

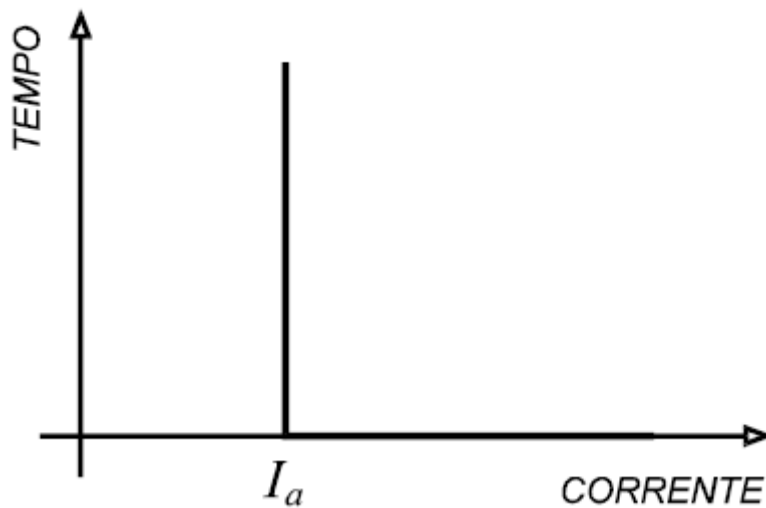


Figura 1: Ponto de atuação do relé de sobrecorrente instantâneo característica ideal.

2.1.2 RELÉ DE SOBRECORRENTE TEMPORIZADO (51)

Para este tipo de relé o tempo de atuação é inversamente proporcional ao valor da corrente. Isto é, o relé irá atuar em tempos decrescentes para valores de correntes igual ou maior do que a corrente mínima de atuação, também conhecida como corrente de *Pickup* do relé.

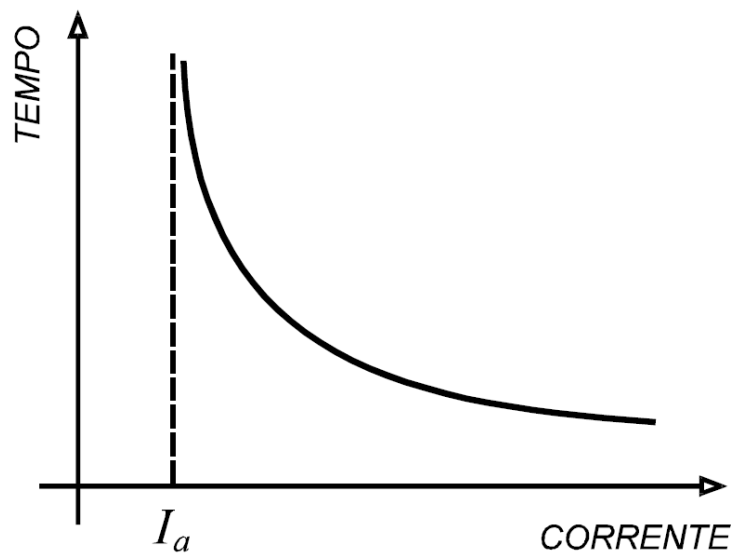


Figura 2: Características de relés de sobrecorrente temporizados.

Como se trata de relés digitais tem que simular estes tipos de curvas que os relés eletromecânicos realizavam. Para cada tipo de curva temos uma expressão correspondente.

$$T = \frac{k}{\left(\frac{I_{inst}}{I_{pick\ up}}\right)^\alpha - 1} * T_{ms}$$

- $k = 0,14$ e $\alpha = 0,02$ Curva de tempo normalmente inversa.
- $k = 13,5$ e $\alpha = 1$ Curva de tempo muito inversa.
- $k = 80$ e $\alpha = 2$ Curva de tempo extremamente inversa.

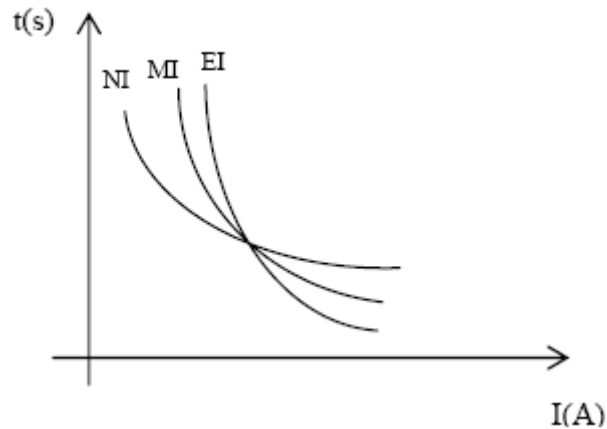


Figura 3: Curvas características normalmente inversa (NI), muito inversa (MI) e extremamente inversa (EI).

No esquema tradicional de proteção de uma subestação, são utilizados três relés de fase e um de neutro, ligados a três TCs, comandando um disjuntor.

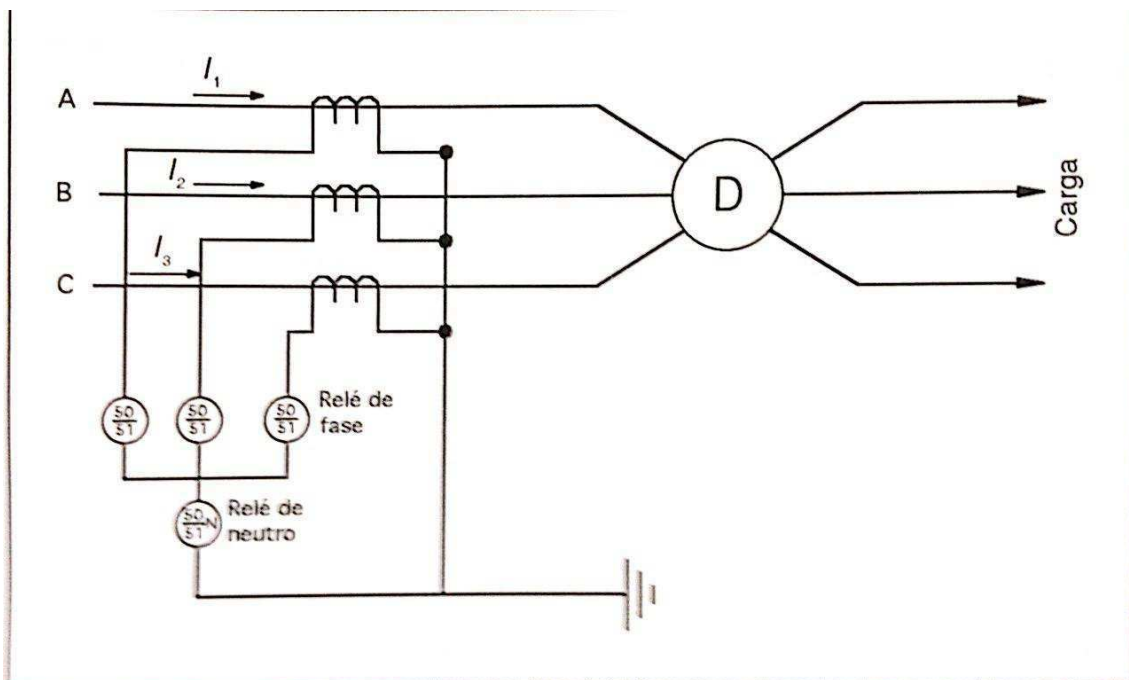


Figura 4: Esquema de uma proteção básica de sobrecorrente para uma subestação.

2.2 RELÉ DE TENSÃO INSTANTÂNEA (27/59)

2.2.1 RELÉ DE SUBTENSÃO (27)

Seu campo de aplicação compreende, entre outros a atuação em casos de subtensão por afundamento da tensão de serviço, transferências de cargas, etc. Quando utilizado em circuitos industriais providos de motores de grande porte, devem-se tomar precauções durante o seu arranque devido à queda de tensão correspondente, que poderá fazer o relé atuar.

2.2.2 RELÉ DE SOBRETENSÃO (59)

Esse relé atua quando a tensão aumenta de um valor preestabelecido na sua regulação. Sua aplicação se faz sentir principalmente na produção de linhas de transmissão com defeito à terra em sistemas não aterrados ou aterrados com alta impedância.

2.3 COORDENAÇÃO DA PROTEÇÃO

Quando se tem dois dispositivos em série ou cascata, os mesmo estarão coordenados se seus ajustes são tais que o dispositivo mais próximo da fonte elimine a falta, caso o primeiro, mais próximo do defeito, falhe na atuação.

Para se obter uma perfeita coordenação, deve-se respeitar certas diretrizes para ajuste dos dispositivos, como as limitações de coordenação fixadas pelo relé, o desempenho térmico e dinâmico dos equipamentos envolvidos, dentre outros. Isso conduz o projetista a analisar fatores aparentemente contraditórios e polêmicos, tendo em vista aspectos de segurança, economia, simplicidade, previsão de expansão, flexibilidade, facilidade de manutenção e custo.

2.4 EXECUTANDO O PROJETO

Durante o transcorrer do estágio foi solicitado que fosse desenvolvido uma maneira de otimizar o projeto referente a proteção e coordenação da proteção para subestação acima de 300 kVA. Após ler as normas internas das concessionárias, foi visto que a melhor maneira para resolução desse problema foi utilizado o Matlab.

Na construção de uma subestação acima de 300 kVA é preciso ser realizado o projeto de coordenação de atuação da proteção. Cada concessionária tem suas recomendações e diretrizes para a efetivação dessa tarefa. Esse trabalho será realizado com foco nas concessionárias Energisa e Celpe, onde a empresa Compor Engenharia e Automação LTDA vem executando projeto de subestação com potência acima de 300 kVA.

No caso da Energisa a norma que faz referência a proteção de subestação acima de 300 kVA é a NDU 02. As exigências da concessionária referente à proteção é que deve ser realizada exclusivamente por meio de um disjuntor acionado através de relés secundários com função 50 e 51 fase e neutro. Já a CELPE além dessas exigências também requer as proteções 27 e 59 que faz referencia a tensão.

Para elaborar este tipo de proteção foram utilizados relés digitais instalados nos secundários dos transformadores de correntes (TCs), os quais ficam situados entre o ponto de entrega e o transformado. Caso haja alguma anormalidade no sistema, o relé envia o sinal para os disjuntores abrir, sendo isso feito obedecendo aos critérios de seletividade da proteção. Para se elaborar o projeto, foram solicitados à concessionária os valores de correntes de curto-circuito e o fator de assimetria no último ponto de entrega. Com esses dados em mãos, o projeto pode ser realizado.

Quando se solicita o fornecimento de energia elétrica à concessionária, o consumidor recebe os valores das correntes de curto-circuito e o fator de assimetria no último ponto de entrega da concessionária, em relação ao consumidor, e também as características e ajuste da proteção de retaguarda do alimentador que suprirá o consumidor.

SE MGB
 AL 01L7
 COMP 97266
 ICC TRIFASICO 4.875 A
 ICC BIFASICO 4.224 A
 ICC FASE TERRA 4.402 A
 ICC F TERRA MIN 195 A

EQUIPAMENTO	RELÉ	RTC	AJUSTE	PICKUP	CURVA	DIAL TIME	INSTANTÂNEO
21L7 MGB 1° RELG=2,0 SEG 2° RELIG=10,0 SEG	URP	600/5	FASE	3,5	MI	0,09	20
			NEUTRO	0,65	MI	0,28	17
			GS	0,65			

Tabela 1: Dados enviados pela Energisa.

Para elaboração da coordenação a Energisa solicita que, preferencialmente, os valores das correntes devem ser referidos a tensão primária. É necessário também que se faça um gráfico tempo x corrente, em papel formato de *bilog*, onde se pode verificar a coordenação e seletividade para qualquer valor de corrente. Neste gráfico deverão ser marcados os seguintes pontos:

- Valores de curto-circuito no ponto de derivação (fornecidos pela concessionária).
- Curva (mínimo e máximo) de atuação dos fusíveis de proteção do ramal de ligação (fornecida pela concessionária).
- Corrente nominal (I_n).
- Corrente de partida do relé, ou corrente de *pickup* (I_p).
- Curva extremamente inversa do relé com os ajustes definidos no projeto para fase e neutro.
- Ajuste de atuação instantânea para fase e neutro (reta perpendicular ao eixo das correntes).
- Ponto ANSI do(s) transformador(es).
- Corrente transitória de magnetização do(s) transformador(es).

Foram executados vários projetos de coordenação utilizando o programa que foi desenvolvido. Para demonstração vamos mostrar o projeto da coordenação da proteção de uma subestação localizada na cidade de Arcoverde – PE, para alimentar um hospital, onde a potência instalada do hospital é de 404,37 kW.

De acordo com os dados que nos foram enviados pela CELPE, mediante solicitação dos dados referentes ao contrato 4004933104 com RS 608/2012 e OS600/2012.

Valores de curto-circuito, referente ao ponto onde será feito o ramal de ligação:

Corrente de curto circuito trifásico - 1.490,77 A

Corrente de curto circuito fase-fase - 1.291,05 A

Corrente de curto circuito fase-terra -1.426,75 A

Corrente de curto circuito fase-terra mínimo- 184,04 A

	AJUSTES DE FASE	AJUSTES DE NEUTRO
TIPO (FABRICANTE)	URP2000	URP2000
RTC	300/5	300/5
TAP INST.	10	5
TEMPO INST	50ms	50ms
TAP TEMP.	5	0,7
CURVA	K=0,1; ALFA=0,02	K=13,5; ALFA=1
ÍNDICE	0,1	0,3

Tabela 2: Dados do relé da concessionária.

2.4.1 DIMENSIONAMENTO DO TRANSFORMADOR

Com o valor da potência instalada foi visto que o transformador que mais se adequa ao projeto é o transformador com potência nominal de **750 kVA**, pois o mesmo não trabalhará sobrecarregado e, conseqüentemente, não terá sua vida útil abreviada. Adicionalmente, há margem para possíveis aumentos da potência instalada (caso essa potência exceda o valor de projeto, deve-se avisar à concessionária).

A corrente é calculada por:

$$In = \frac{P}{\sqrt{3} \times V}$$

Onde: In – Corrente Nominal do Transformador;

P – Potência Nominal do Transformador, em kVA;

V–Tensão entre os terminais de linha do transformador, em kV.

$$I_n = \frac{750}{\sqrt{3} \times 13.8} = 31,38 \text{ A}$$

Caso exista mais de um transformador no sistema, a corrente nominal do sistema será a soma das correntes nominais de cada transformador.

2.4.2 CÁLCULO DA DEMANDA

Demanda é a potência realmente absorvida em um determinado instante de tempo.

$$D = FD \times P_{Inst} = 0,60 \times 404,37 = 242,62 \text{ kW}$$

Onde: D – Demanda;

FD – Fator de Demanda (Valor tabelado, NDU 02 Tab 14 Energisa);

P_{Inst} – Potência Instalada.

Com o valor da demanda, pode-se calcular o valor da corrente nominal do sistema (I_{ns}).

$$I_{ns} = \frac{D}{\sqrt{3} \times V \times FP} = \frac{242,62}{\sqrt{3} \times 13.8 \times 0.92} = 11,03 \text{ A}$$

FP - Fator de potência, definido pela concessionária.

2.4.3 UNIDADE TEMPORIZADA DE FASE (51) E DE NEUTRO (51N)

Deve ser ajustada de forma que o relé não opere para a carga máxima.

$$I_{Pf} = k \times I_{ns} = 1,3 \times 11,03 = 14,34 \text{ A}$$

$$I_{Pn} = k \times I_{Pf} = 0,1 \times 14,34 = 1,43 \text{ A}$$

Onde: I_{Pf} – Corrente de *Pickup* Fase.

I_{Pn} – Corrente de *Pickup* Neutro.

K – Fator de sobrecarga do sistema. Para os relés de fase, o valor de k pode variar de 1,3 a 1,5.

Obs: Ao fazer os cálculos das correntes de *pickup* do relé, e verificar que a corrente calculada for maior que a corrente nominal do transformador, deve se considerar para a corrente de *pickup* do relé um valor um pouco abaixo da nominal do transformador. Isso acontece quando o valor da demanda está próximo da potência nominal do transformador.

2.4.4 CORRENTE TRANSITÓRIA DE MAGNETIZAÇÃO

A corrente transitória de magnetização para transformadores até 2000 kVA pode ser considerada igual a $8 \times I_n$, já para os transformadores com potência superior o valor da corrente transitória de magnetização deve ser informados pelo fabricante.

$$I_m = 8 \times I_n = 8 \times 31,38 = 251,04A$$

Caso haja mais de um transformador, deverá ser considerada a corrente transitória de magnetização do maior transformador, acrescida das correntes nominais dos demais.

2.4.5 PONTO ANSI DOS TRANSFORMADORES

O ponto ANSI é o máximo valor de corrente que um transformador pode suporta durante um período definido de tempo sem se danificar.

$$P_{ANSI} = 16,6 \times I_n = 520,91A$$

No programa desenvolvido foram considerados todos os valores das impedâncias percentuais dos transformadores, padronizados pelo fabricante (WEG).

2.4.6 UNIDADE INSTANTÂNEA DE FASE (50) E DE NEUTRO (50N)

O ajuste dessa unidade deve ser feita de forma que o relé de fase não atue para a corrente de magnetização do transformador e opere para as correntes de curto-circuitobifásico. Para está de acordo com os critérios o ajuste de proteção instantânea de fase tem valor de atuação de 301A.

Já o valor da corrente de *pickup* da proteção de neutro deve ser ajustado em um valor igual a 10% da corrente nominal de fase.

2.4.7 DIMENSIONAMENTO DO TC

Para se ajustar a corrente de atuação de um relé de sobrecorrente, é necessária, em primeiro lugar, definir a relação do TC que irá alimentá-lo. A relação do TC (RTC) deve atender aos seguintes requisitos:

A corrente nominal primária do TC deve ser maior do que a razão entre o curto-circuito máximo (no ponto da instalação) e o fator de sobrecorrente do TC (FS). Geralmente, FS=20.

$$I_{N,TC} \geq \frac{I_{CC,MAX}}{FS} = \frac{1490,77}{20} = 74,54A$$

Visto que o TC com corrente nominal mais próximo seria o com corrente nominal de 75 A. Por motivo de segurança foi optado para o próximo da sequência de padronização que foi o 100 A. Logo, sua relação de transformação de corrente será de 20 (RTC=20).

Todos os cálculos que foram realizados foram feitos de acordo com as normas internas das concessionárias e em relação ao primário do TC, caso queira em relação ao secundário divide se pela relação de transformação do TC.

Após realizar todos esses cálculos percebeu-se que o melhor relé que se enquadra nesses parâmetros foi URP 1439, da Pextron. O programa dará os dados dos ajustes do relé e curva de corrente versus tempo da coordenação da proteção do sistema, e a mesma vai em anexo ao projeto junto com todas as cotações de preço de cada equipamento citado.

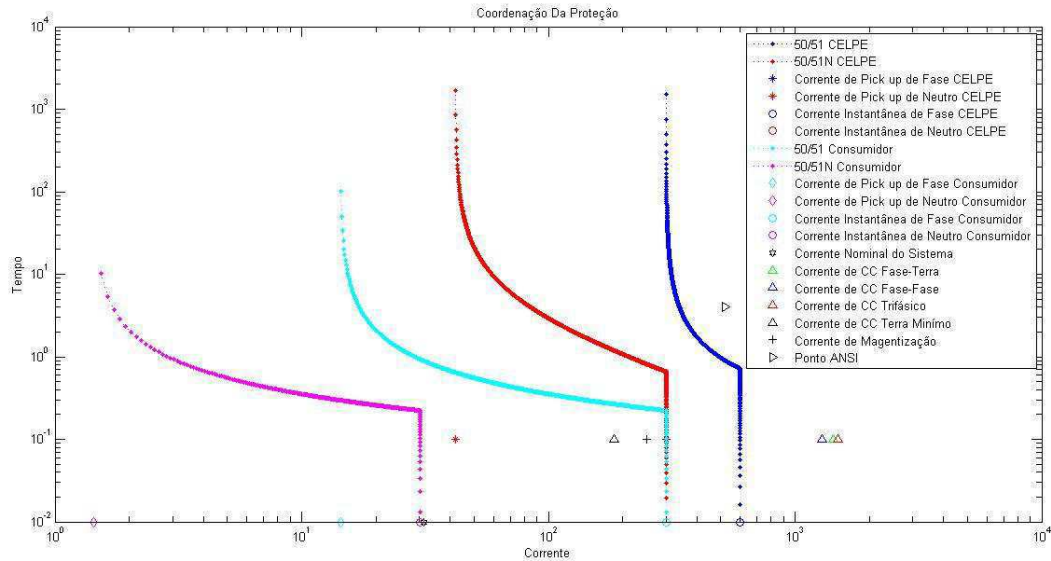


Figura 5: Coordenação da proteção da Subestação Projetada.

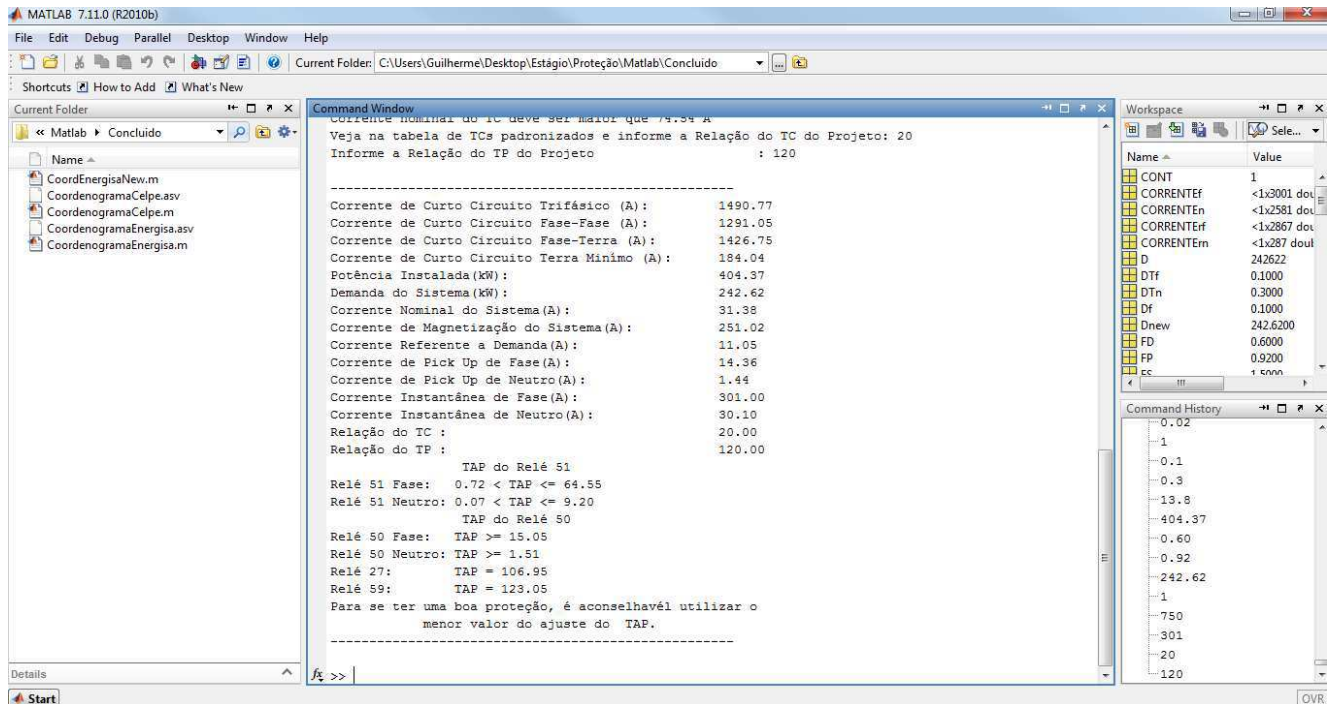


Figura 6: Dados gerados pelo programa.

3 ESTRATIFICAÇÃO DO SOLO

Para que uma instalação elétrica opere corretamente e com segurança contra risco acidental, a mesma deve possuir um sistema de aterramento dimensionado adequadamente para as condições operacionais. As principais funções de um sistema de aterramento são:

- Equalização do potencial na área da instalação;
- Escoamento das cargas estáticas;
- Segurança na atuação dos sistemas de proteção;
- Proteção da instalação contra descargas atmosféricas;

Mas para obter-se uma boa malha de aterramento devemos fazer um bom estudo do solo, onde essa malha vai ser implantada. Este tipo de estudo é dito como estratificação do solo, onde no mesmo conhecemos os valores das resistividades para todos os níveis de camadas.

O valor de resistividade do solo é obtido através de medições, onde os resultados recebem um tratamento matemático, de modo a se obter a estratificação do solo em camadas paralelas, de diferentes resistividades e de espessuras.

3.1 MÉTODO DE MEDIÇÃO

Frank Wenner desenvolveu um método simples de medição, no qual ele mostra que a resistividade do solo tem uma relação proporcional com o valor da resistência medida no solo através de uma constante geométrica determinada a partir da configuração de eletrodos de medição utilizada na implementação do método (VISACRO FILHO, S. 2007).

O método utiliza um terrômetro que é um instrumento de medição de resistência, que possui quatro terminais sendo dois de corrente e dois de potencial, os quais devem ser conectados a quatro eletrodos, os quatro eletrodos são inseridos no solo em linha, separadas por uma distância A e enterradas no solo com uma profundidade de aproximadamente 20cm. O aparelho faz circular uma corrente elétrica nos dois eletrodos externos $C1$ e $C2$ e, as duas do meio estão ligadas aos terminais de potencial

onde o aparelho calcula a diferença de potencial entre os pontos P1 e P2. Com o valor da corrente e da tensão o terrômetro processa o valor da resistência.

De posse dos valores de resistência coletados em várias direções, aplica-se a fórmula de Palmer. Em relação à penetração dos eletrodos no solo, para um afastamento relativamente grande entre os eletrodos, tem-se:

$$\rho = 2\pi AR$$

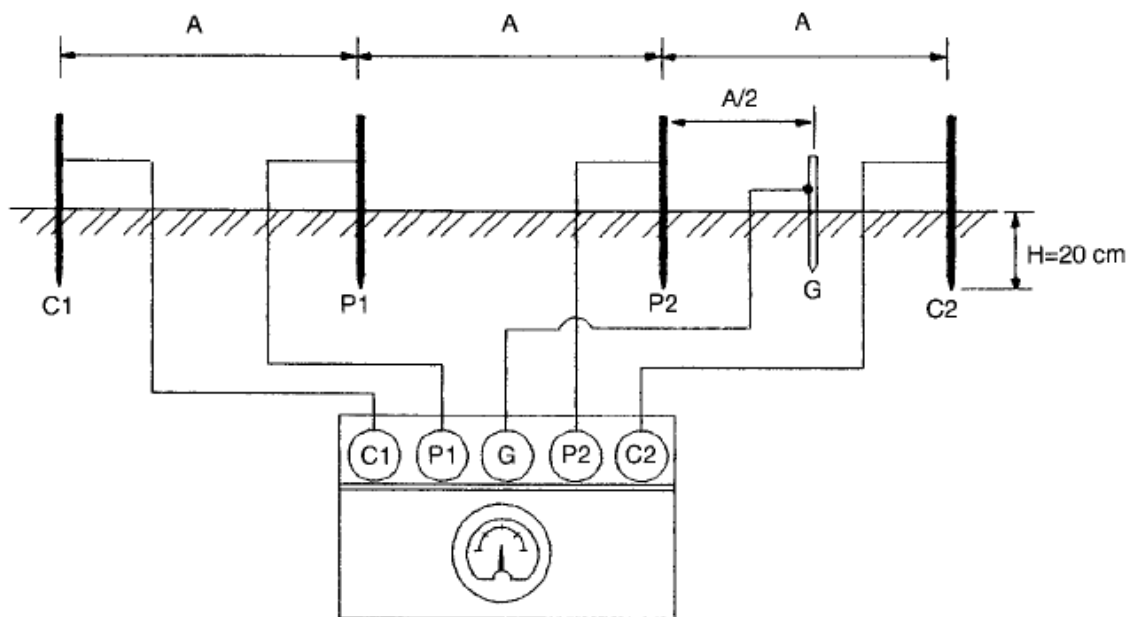


Figura 7: Ligação do equipamento às hastes de medida de resistividade do solo
Fonte: Mamede, J. F. 2007

Para efetuar uma medição de resistividade de solo e obter resultados satisfatórios devem ser seguidos alguns requisitos básicos:

- As hastes devem ser cravadas a 20 cm do solo, aproximadamente.
- Os eletrodos devem estar sempre alinhados.
- A distância entre os eletrodos deve ser sempre igual.
- Para cada espaçamento definido entre os eletrodos, ajusta-se o potenciômetro e o multiplicador do terrômetro até que o galvanômetro do aparelho indique zero com o equipamento ligado.
- O espaçamento entre as hastes deve variar de acordo como a norma solicita, equivalendo a uma medida por ponto para cada distância considerada.

- A distância entre as hastes corresponde à profundidade do solo cuja resistividade se quer medir.
- Se o ponteiro do galvanômetro oscilar muito, isso significa que existe alguma interferência que deve ser eliminada, afastando-se os pontos de medição.
- Devem ser anotadas as condições de solo, temperatura, umidade.

Com base nos valores resultantes da medição, deve-se calcular a resistividade média, isto é:

- Calcular a média aritmética dos valores de resistividade do solo para cada espaçamento considerado.
- Calcular o desvio de cada medida em relação à média aritmética anteriormente para cada espaçamento considerado.
- Desprezar todos os valores de resistividade que tenham um desvio superior a 50% em relação à média.
- Para um grande número de valores desviados da média, é conveniente repetir as medições em campo.

Persistindo os resultados anteriores, a região pode ser considerada como não aderente ao processo de modelagem do método de Wenner. Para contornar o caso, seria necessário realizar medições utilizando outros métodos.

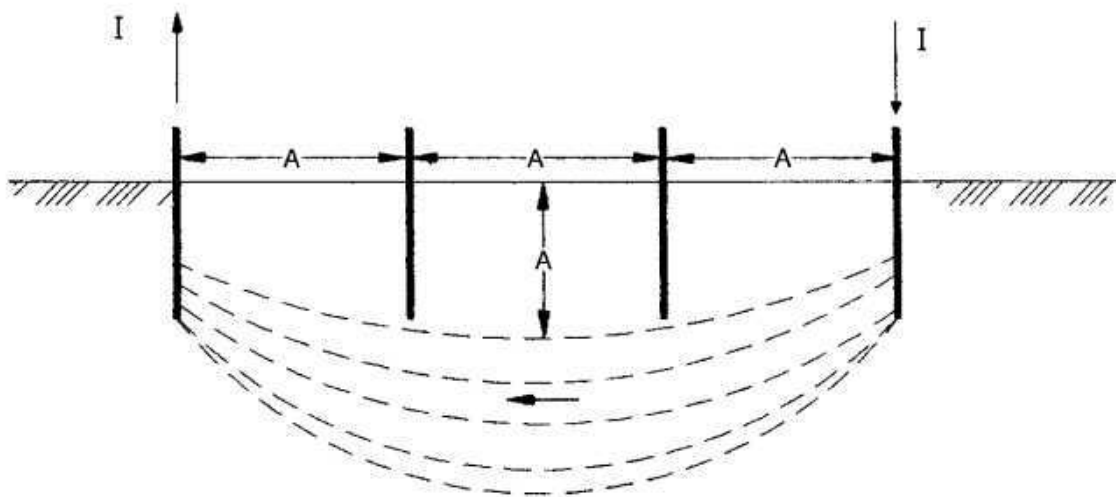


Figura 8: Passagem da corrente pelos eletrodos de potencial
Fonte: Mamede, J. F. 2007

A Figura 9 ilustra a disposição dos eletrodos no plano do terreno o qual se deseja realizar as medições de resistividade.

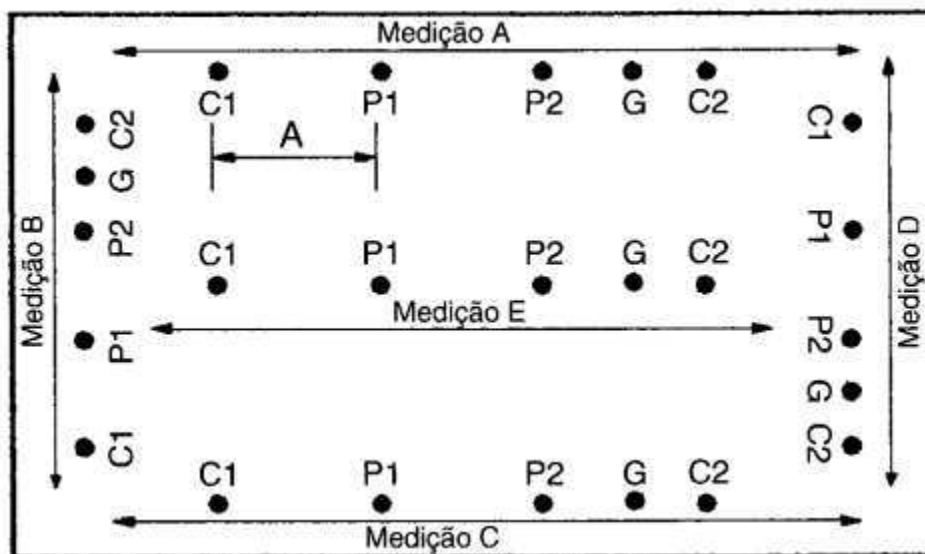


Figura 9: Posição dos eletrodos no terreno para a medição da resistividade do solo
 Fonte: Mamede, J. F. 2007.

3.2 EXECUÇÃO DO PROJETO

Ao concluir a parte referente à coordenação foi solicitado também que fosse desenvolvida uma maneira de otimização do projeto referente à estratificação do solo, já que a empresa tem interesse em adquirir um terrômetro digital. Para essa finalidade, existem *softwares* comerciais, como o TecAt Plus, o qual é capaz de realizar a estratificação da resistividade do solo em 2, 3 e 4 camadas, a partir de dados medidos com um terrômetro, e com isso projetar a malha de aterramento. Por ser um programa com de elevado custo, foi solicitado o desenvolvimento de um programa em Matlab que tenha a mesma função do TecAt Plus.

Para o citado desenvolvimento, foi analisada e seguida a norma ABNT NBR 7117. Percebeu-se que, ao se fazer a estratificação do solo, deve-se ter bastante cuidado com os valores obtidos, pois os erros obtidos com os valores são relativamente altos, pois o próprio terrômetro não é preciso. O programa desenvolvido está submetido a erros devido às interpolações realizadas. Foram utilizadas todas as interpolações que o *Matlab* dispõem, sendo obtida boa aproximação em apenas uma.

Foram resolvidos todos os problemas do livro e da norma utilizando os programas desenvolvidos todos chegaram a valores muito próximos. E por fim foi feito o relatório que a Compor Engenharia solicitou a Atecel, onde o estudo da

estratificação do solo foi realizado via TecAt Plus 5.2, onde a área desejada está localizada no bairro do Recife Antigo, na cidade de Recife – PE. Com finalidade de comparação dos resultados.

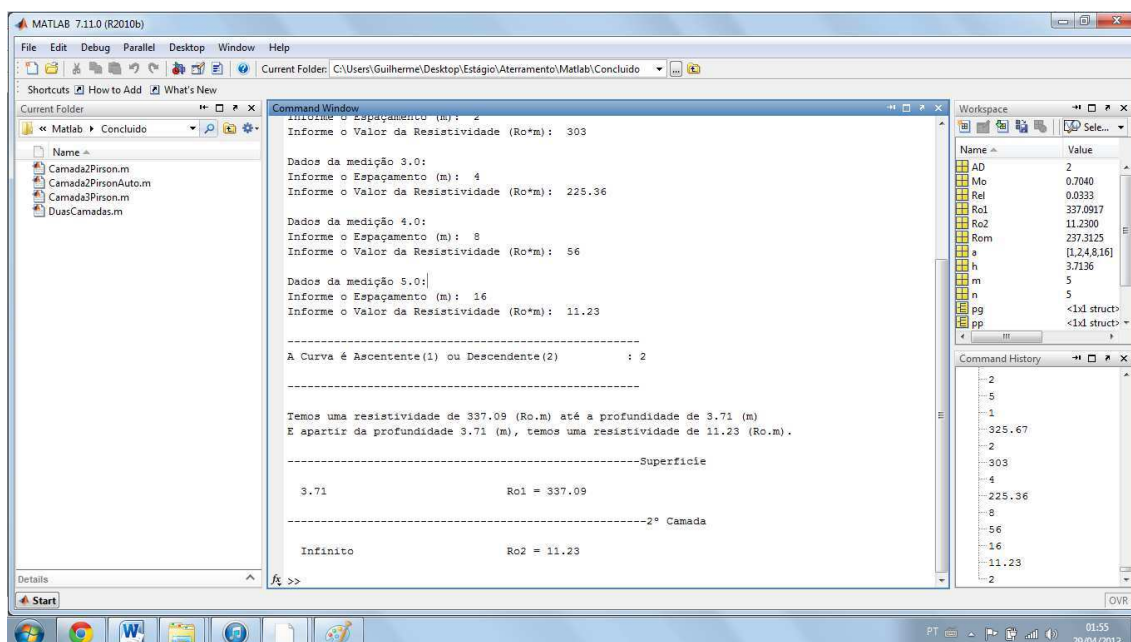


Figura 10: Dados Obtidos Pelo Programa.

Utilizando o programa desenvolvido obtivemos uma resistividade de $337 \Omega.m$ até a profundidade de 3,71 m. A partir dessa profundidade, temos uma resistividade de $11,23 \Omega.m$. Já a empresa Atecel concluiu no seu relatório entrega a empresa que a partir de uma profundidade de 3,33 m, tem se uma resistividade de $9,81 \Omega.m$. Com isso pode-se concluir que o programa desenvolvido e o TecAt Plus 5.2 proporcionam valores bem próximos.

De modo análogo ao método de duas camadas, o método de Pirson foi também utilizado para três camadas. Porém, a maioria das estratificações de solo se enquadram no caso de duas camadas.

4 TARIFAÇÃO E BANCO DE CAPACITORES

A energia elétrica é um item essencial nos dias atuais, sendo consumida em escala cada vez maior pelas são as residências, comércio e indústria. Mas, nem sempre o consumo dessa energia ocorre de maneira correta. Surge então, o conceito de

conservação de energia, que se trata da busca pelo aumento da eficiência do seu uso, sem que haja perda de qualidade de vida, conforto e segurança. Com o entendimento de como é cobrado o consumo de energia elétrica e como são calculados os valores apresentados nas contas de energia, pode-se tomar alguma decisão em relação a projetos de eficiência energética.

A fatura de energia mostra como a energia elétrica esta sendo utilizada em um determinado período de tempo, dadas as alternativas de enquadramento tarifário disponíveis para alguns consumidores, o conhecimento da formação da conta e dos hábitos de consumo permite escolher a forma de tarifação mais adequada e que resulta em menor despesa com a energia elétrica.

4.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS

4.1.1 POTÊNCIA INSTALADA

É a soma das potências nominais de todos os aparelhos elétricos pertencentes a uma instalação ou sistema. Entende-se por potência nominal aquela registrada na placa do equipamento, sendo expressa em watts(W) ou quilowatts(kW).

4.1.2 ENERGIA ELÉTRICA ATIVA

É a quantidade de potência ativa utilizada por uma instalação ou sistema por um intervalo de tempo, esse intervalo de tempo em geral se dar em uma hora. Tem como unidades mais usuais o quilowatt-hora(kWh) e megawatt-hora(MWh).

4.1.3 ENERGIA ELÉTRICA REATIVA

Esse tipo de energia elétrica não produz trabalho efetivo, mas é indispensável, pois produz os campos elétrico e magnético necessários para o funcionamento de equipamentos como transformadores e motores. Esse tipo de energia circula entre a carga e a fonte ocupando um “espaço” no sistema elétrico que poderia ser utilizado para o fornecimento de mais energia ativa. É expressa em quilovolt-ampère-reactivo-hora (kvarh).

4.1.4 DEMANDA

É a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado. Esse intervalo de tempo em geral utilizado é 15 minutos. Calcula-se a demanda fazendo a razão entre a energia elétrica absorvida pela carga por o intervalo de tempo, é expressa em quilowatts (kW).

4.1.5 HORÁRIO DE PONTA E FORA DE PONTA

Horário de ponta é o horário composto por três horas consecutivas, excetos sábados, domingos e feriados nacionais, definido pela concessionária em função das características de seu sistema elétrico. Para algumas modalidades tarifárias, nesse horário a demanda e o consumo de energia elétrica têm preços mais elevados.

Horário fora de ponta é o período que se tem às demais 21 horas do dia. Em algumas modalidades tarifárias, nesse horário a demanda e o consumo de energia elétrica têm preços mais reduzidos.

4.1.6 PERÍODO SECO E ÚMIDO

Período seco é compreendido entre os meses de maio a novembro (7 meses), já o período úmido é compreendido entre os meses de dezembro a abril (5 meses). Em algumas modalidades tarifárias, no período seco o consumo tem preços mais elevados.

4.1.7 FATOR DE POTÊNCIA

Fator de potência é um fator que indica percentualmente da potência aparente de um sistema que é transformada em potência ativa. Podendo ser classificado como indutivo e capacitivo

Caso seja indutivo, significa que a instalação elétrica está absorvendo a energia reativa. Sabemos que a maioria dos equipamentos elétricos possui características indutivas em função das suas bobinas, que consomem o fluxo magnético necessário ao seu funcionamento.

Já para fator de potência capacitivo, significa dizer que a instalação está fornecendo reativo, características dos capacitores que normalmente são instalados para fornecer a energia reativa que os equipamentos indutivos absorvem.

Uma maneira de facilitar o entendimento de como obter o valor do fator de potência é se construindo o triângulo das potências. Como é mostrado na figura 11.

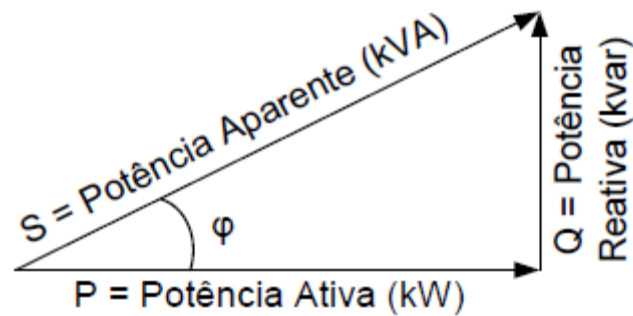


Figura 11: Triângulo de Potências.

$$fp = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \cos\phi = \cos\left(\tan^{-1}\left(\frac{Q}{P}\right)\right)$$

O valor ideal para o fator de potência é o unitário, o que indica que toda a potência absorvida pela carga é convertida em trabalho útil, a forma mais eficiente da utilização da energia elétrica.

Na Resolução da ANEEL nº 456 foi estabelecido que o nível máximo de utilização de reativos indutivos ou capacitivos em função da energia ativa consumida, fixando um valor de referência para o fator de potência em 0,92. Os valores inferiores ao limite mínimo permitido indicam excesso de reativo consumido, e é passível de faturamento.

4.2 CLASSIFICAÇÃO DOS CONSUMIDORES

Os consumidores são classificados pelo nível de tensão em que são atendidos, onde cada um apresenta valores de tarifas definidos, como é dito na resolução de nº 414 da ANEEL. Estes níveis de tensão fazem referência a carga instalada na unidade consumidora, onde cabe à concessionária definir qual nível de tensão o seu consumidor se adequa. Consumidores com potência instalada até 75 kW são supridos com tensão secundária de distribuição, já para consumidores com potência instalada acima de 75

kW e menor que 2,5 MW são supridos com tensão primária de distribuição de até 69 kV. Para consumidores com potencia instalada acima de 2,5 MW o nível de tensão deve ser superior ou igual a 69 kV.

De acordo com os níveis de tensão do consumidor podemos classifica-los em diferentes grupos tarifários, para fins de faturamento.

Os consumidores supridos em baixa tensão, em geral em 127 ou 220 volts, como residências, lojas, agências bancárias, pequenas oficinas, edifícios residenciais e boa parte dos edifícios comerciais, são classificados no Grupo B.

Os consumidores atendidos em alta tensão, acima de 230 kV, como indústrias, *shopping centers* e alguns edifícios comerciais, são classificados no Grupo A.

- Subgrupo A1 – tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- Subgrupo A2 – tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- Subgrupo A3 – tensão de fornecimento de 69 kV;
- Subgrupo A3a – tensão de fornecimento de 30 kV a 44kV;
- Subgrupo AS – tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV, a partir de sistema subterrâneo de distribuição.

4.3 MODALIDADES TARIFÁRIAS E TARIFAÇÃO

Os consumidores de Grupo B (baixa tensão) tem tarifa monômnia, onde são cobrados apenas pela energia que consomem.

Já os consumidores do Grupo A tem tarifa binômnia, são cobrados tanto pela energia que consomem quanto pela demanda. Estes consumidores podem ser enquadrados em uma de três alternativas tarifárias:

- Tarifação convencional;
- Tarifação horo-sazonal verde
- Tarifação horo-sazonal azul (compulsória para aqueles atendidos em tensão igual ou superior a 69 kV).

4.3.1 A TARIFICAÇÃO CONVENCIONAL

O modelo tarifário Convencional, onde é faturado o consumo de energia e a demanda faturável, através de suas respectivas tarifas, independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta) ou período do ano (seco ou úmido).

Os consumidores do Grupo A, subgrupos A3a, A4 ou AS, podem ser enquadrados na tarifa convencional quando a demanda contratada for inferior a 300 kW desde que não tenha ocorrido nos 11 meses anteriores, 3 registros consecutivos ou 6 registro alternados de demanda superior a 300 kW.

4.3.2 A TARIFICAÇÃO HORO-SAZONAL VERDE

O modelo tarifário horo-sazonal verde é aquela em que o faturamento se dar pelo consumo de energia elétrica em horário de ponta no período seco e no úmido, o mesmo ocorre para o consumo fora do horário de ponta no período seco e úmido, e ainda uma única tarifa de demanda de potência. Com suas respectivas tarifas para os diferentes horários e períodos.

O enquadramento na tarifa verde dos consumidores do Grupo A, subgrupos A3a, A4 e AS, é opcional. Essa modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária no qual, o consumidor define um valor de demanda (demanda contratada), independentemente da hora do dia (ponta ou fora de ponta) e período do ano. A conta de energia elétrica desses consumidores é composta da soma de parcelas referentes ao consumo (na ponta e fora dela), demanda e ultrapassagem.

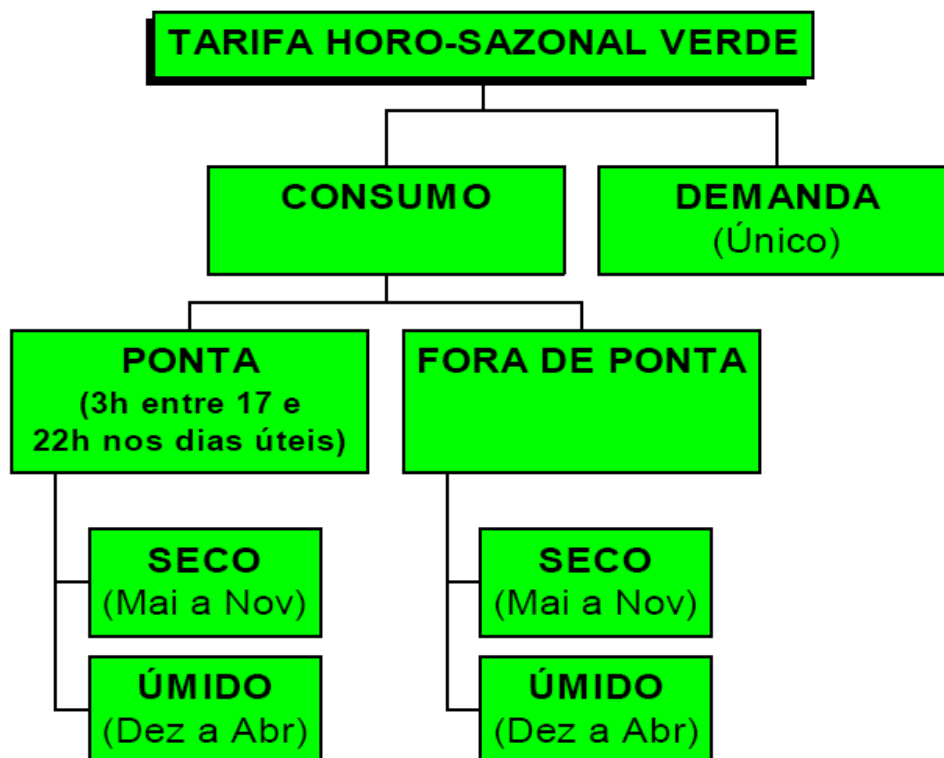


Figura 12: Fluxograma Horo-sazonalidade Verde.

4.3.3 A TARIFICAÇÃO HORO-SAZONALIDADE AZUL

Para os consumidores que adequarem a este tipo de tarifação é aplicado diferente tipos de tarifas, tanto para o consumo de energia elétrica quanto para a demanda, para os horários de ponta e fora de ponta e para os períodos úmidos e secos. O enquadramento dos consumidores do Grupo A na tarifação horo-sazonal azul é obrigatório para os consumidores dos sub-grupos A1, A2 e A3.

Essa modalidade tarifária exige um contrato específico com a concessionária no qual o consumidor define um valor para a demanda pretendida pelo consumidor no horário de ponta (demanda contratada na ponta) bem como o valor pretendido nas horas fora de ponta (demanda contratada fora de ponta).

A conta de energia elétrica desses consumidores é composta da soma das parcelas referentes ao consumo, demanda e ultrapassagem. Em todas as parcelas observa-se a diferenciação entre horas de ponta e horas fora de ponta.

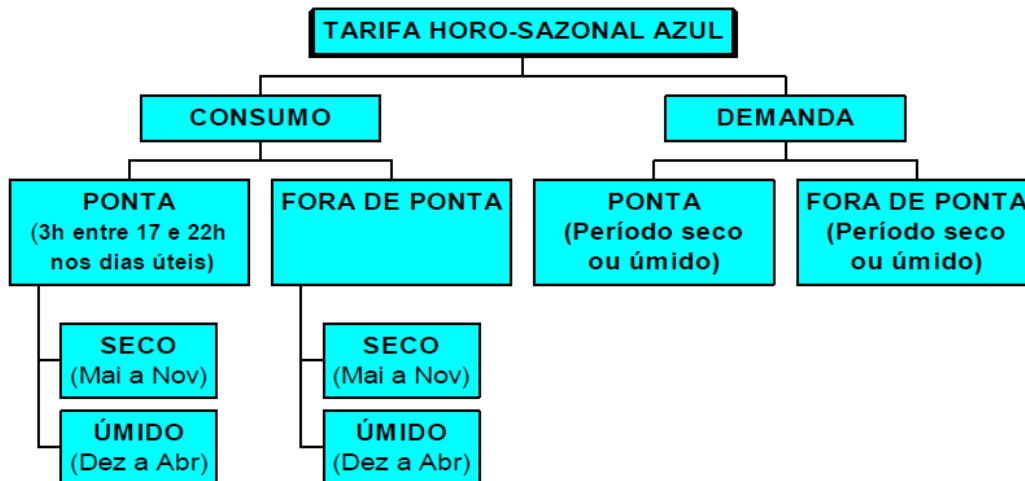


Figura 13: Fluxograma Horo-sazonalidade Azul.

4.4 BANCO DE CAPACITORES

Os bancos de capacitores são equipamentos capazes de armazenar a energia reativa e fornecer aos equipamentos apenas a energia necessária ao seu funcionamento. Uma forma econômica e racional de obter a energia reativa necessária para a operação dos equipamentos é a instalação de capacitores.

A energia reativa, embora não se possa classificá-la de inútil por não realizar trabalho útil, esta energia fica circulando no sistema provocando perdas e sobreaquecimento nos condutores. Até certo limite, as concessionárias não são autorizadas a cobrar essa energia e, até recentemente não a cobrava dos consumidores do Grupo B mesmo quando o limite era excedido. Esse panorama pode mudar em breve, mas o fato é que a cobrança, em geral, é encontrada apenas nos consumidores do Grupo A.

Para se chegar a um bom dimensionamento para regulação do fator de potência, devemos determinar a potência do banco de capacitores capaz de elevar o fator de potência $\cos\phi_1$ para $\cos\phi_2$ (valor de referência 0,92), como mostra a equação abaixo, proveniente da resolução do triângulo de potências mostrado na Figura 14.

$$Q_c = Px(\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

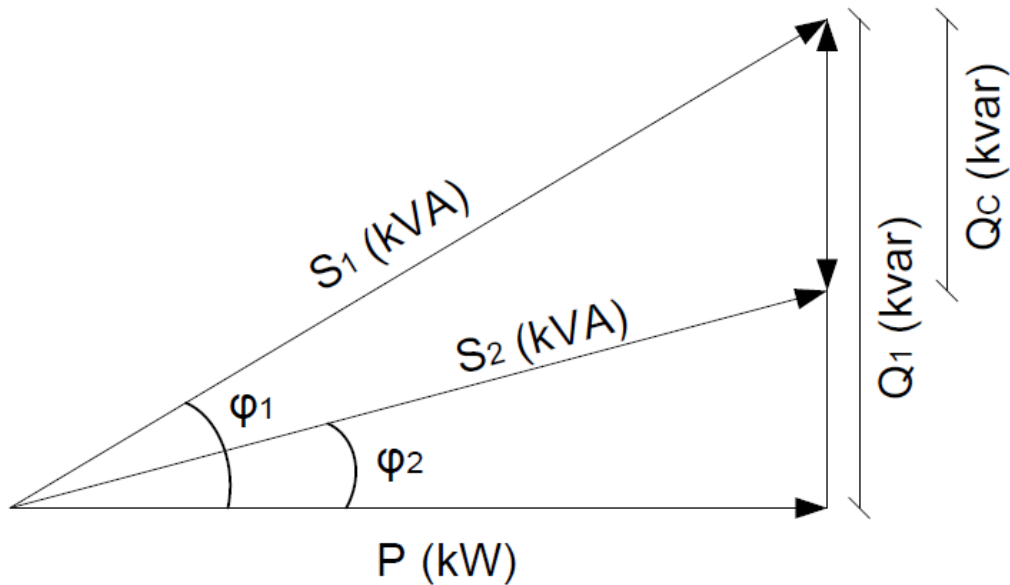


Figura 14: Triângulo de Potências com Compensação do Banco de Capacitor.

4.5 EXECUTANDO O PROJETO

Durante o transcorrer do estágio foi solicitado que desenvolvesse uma maneira rápida e de fácil entendimento, para dimensionamento de bancos de capacitores e, qual tipo de tarifação melhor se adequa aos clientes que solicita esse tipo de projeto a empresa. Após ler as resoluções de número 456 e 414 da ANEEL, foi verificado que a maneira mais simples de resolver o problema é utilizar a ferramenta computacional Excel, pois com a mesma nos fornece planilhas e diferentes formas de gráficos.

Para se realizar este tipo estudo solicita-se ao cliente o repasse das 12 últimas faturas de energia e os valores de demandas contratuais. Foi desenvolvido dois tipos de arquivo no Excel, um para quando o cliente estiver inserido na tarifação azul e outro quando o cliente estiver inserido na tarifação verde. Esta demonstração do que foi feito a seguir faz referência quando o cliente estiver inserido na tarifação azul.

4.5.1 TARIFICAÇÃO

Ao abrir o arquivo no Excel, devem-se inserir alguns dados na planilha *P*.
Original referentes a:

- Consumo de energia elétrica e demanda medida em seus respectivos meses.

- Os valores das tarifas para cada estrutura tarifária, onde cada concessionária tem seus valores determinados.
- Dados do cliente: nome, telefone para contato, valores das demandas contratadas e sua classificação.

Ao se fazer isto, serão gerados automaticamente os respectivos valores e também será atualizado as demais planilha e gráficos que foram implementados. Todas as demais planilhas serão derivadas da planilha abaixo.

Consumo Ativo Relativo a Cada Mês								
Histórico Mensal	Consumo de Energia (kWh)		Demanda Medida (kW)		Demanda Contratada (kW)		Demanda Ultrapassada (kW)	
	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta
Janeiro	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!	#VALOR!
Fevereiro	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!	#VALOR!
Março	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!	#VALOR!
Abril	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!	#VALOR!
Maió	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!	#VALOR!
Junho	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!	#VALOR!
Julho	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!	#VALOR!
Agosto	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!	#VALOR!
Setembro	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!	#VALOR!
Outubro	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!	#VALOR!
Novembro	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!	#VALOR!
Dezembro	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!	#VALOR!
Máximo	0	0	0	0				
Média	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!				
Mínimo	0	0	0	0				

Valor Pago Pelo Consumo de Ativo a Cada Mês							
Histórico Mensal	Valor do Consumo de Energia		Valor da Demanda		Valor da Demanda Ultrapassada		Valor TOTAL sem
	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta	Imposto
Janeiro	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
Fevereiro	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
Março	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
Abril	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
Maió	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
Junho	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
Julho	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
Agosto	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
Setembro	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
Outubro	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
Novembro	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!
Dezembro	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!	#VALOR!

Tarifação							
Período	Tarifa Horó - Sazonal Azul A4 ENERGISA		Tarifa Horó - Sazonal Verde A4 ENERGISA		Tarifa Convencional A4 ENERGISA	Fator de Potência Que a Concessionária Utiliza	0,92
	Consumo (R\$/kWh)		Consumo (R\$/kWh)				
	Ponta	Fora de Ponta	Período	Consumo (R\$/kWh)	Fora de Ponta		
Período Seco	Informe o valor	Informe o valor	Período Seco	Informe o valor	Informe o valor	Demanda (R\$/kW)	Informe o valor
Período Úmido	Informe o valor	Informe o valor	Período Úmido	Informe o valor	Informe o valor		Informe o valor
	Demanda (R\$/kW)		Demanda (R\$/kW)				
Normal	Informe o valor	Informe o valor	Normal	Informe o valor			
Ultrapassagem	Informe o valor	Informe o valor	Ultrapassagem	Informe o valor			

* Os Dados Das Tarifações Encontra-se. ENERGISA --> <http://www.energisa.com.br/paraiba/paginas%20internas/tarifas.aspx>
CELPE --> http://www.celpe.com.br/menu_secundario/Folder_tarifa_ext.asp?c=29

Dados Do Cliente	
Nome Do Cliente	Informe o Nome
Telefone	Informe o Número
Tensão Fornecida (kV)	Informe o valor
Demanda Contratada Ponta (kW)	Informe o valor
Demanda Contratada Fora de Ponta (kW)	Informe o valor
Classificação	Informe o valor

Figura 15: Planilha P.Original.

Feito isso, gerará automaticamente os gráficos referente ao consumo (ponta e fora de ponta), demanda (ponta, fora de ponta e a demanda contratada) e os respectivos custo referente a cada mês.

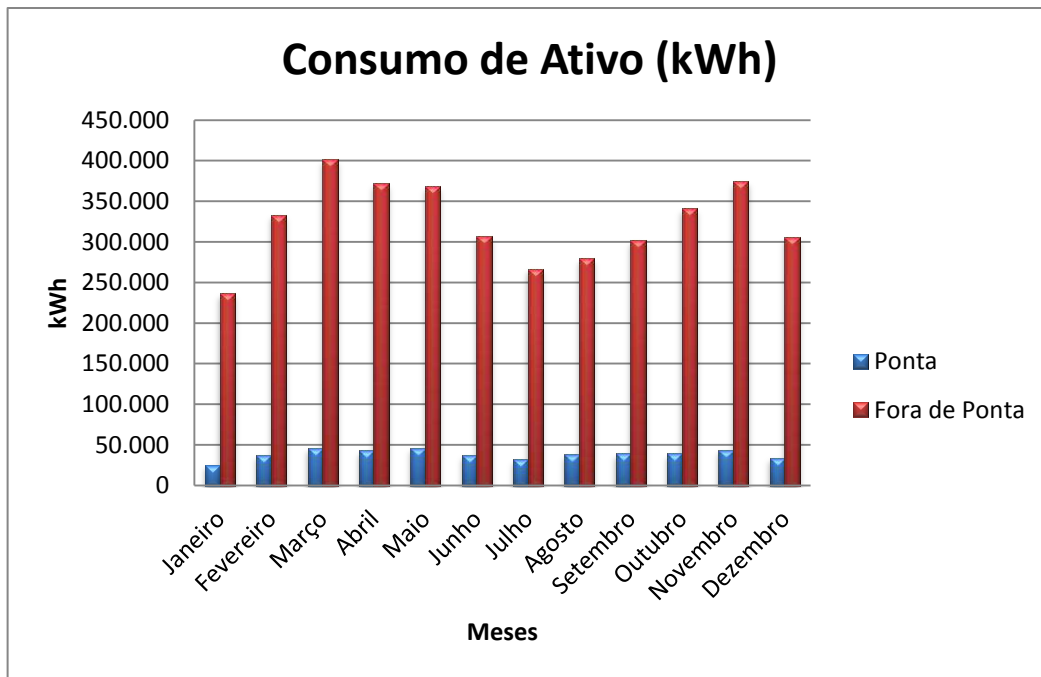


Figura 16: Consumo de Ativos.

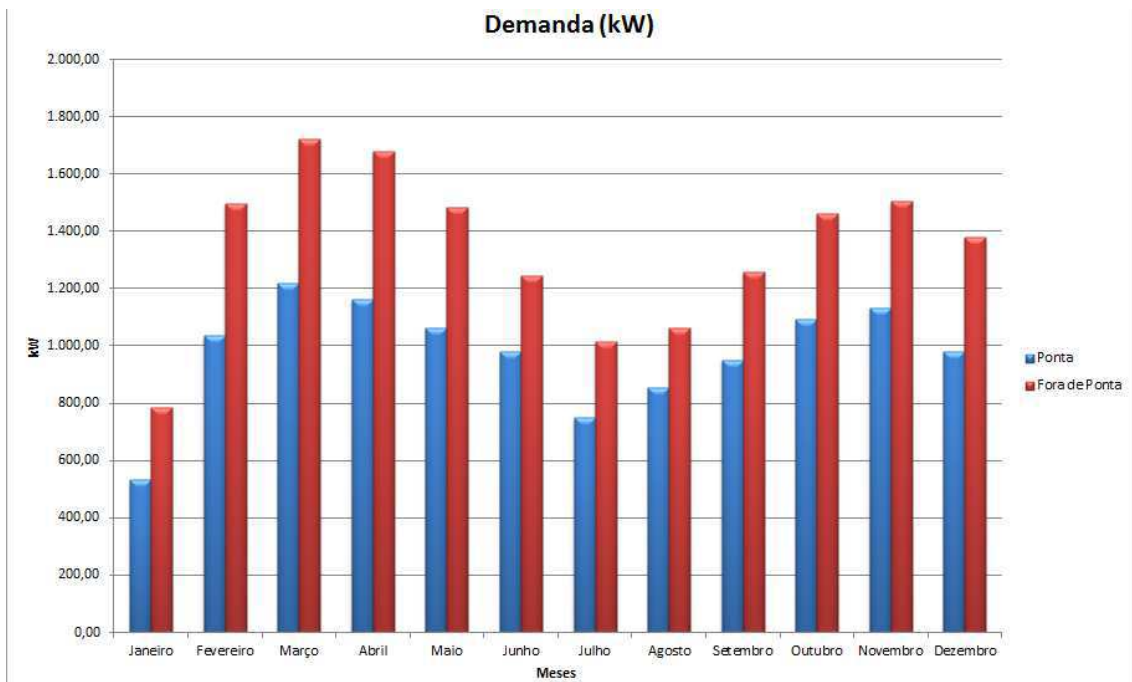


Figura 17: Demanda.

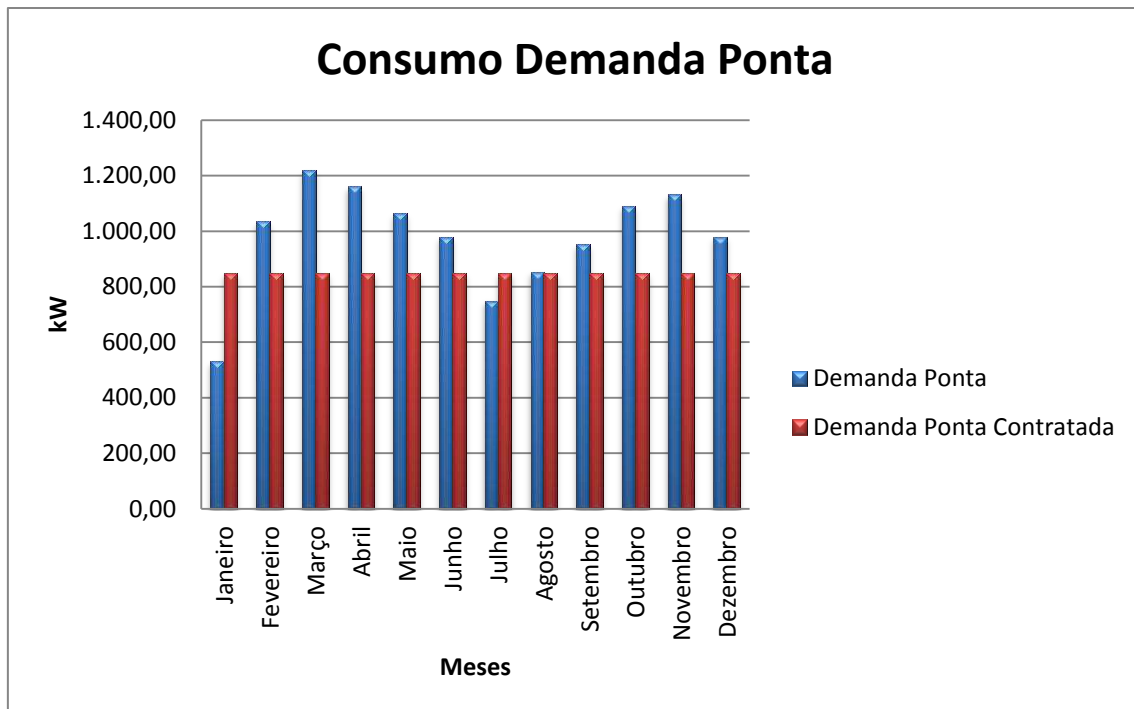


Figura 18: Consumo Demanda Ponta.

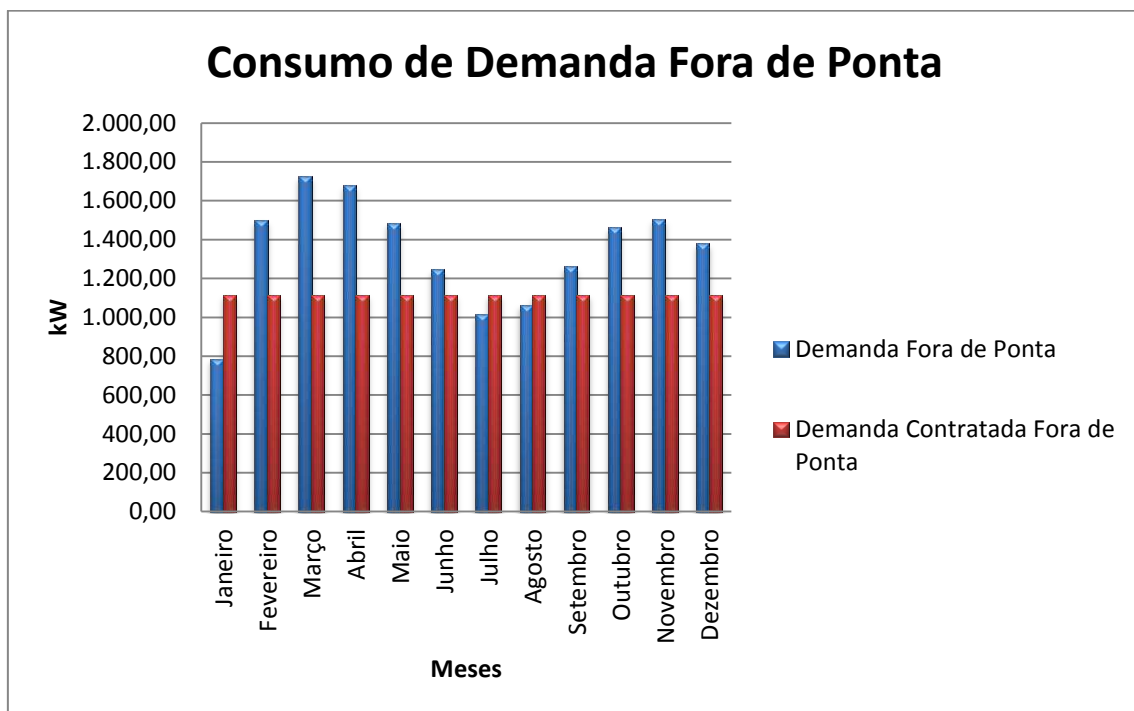


Figura 19: Consumo de Demanda Fora de Ponta.

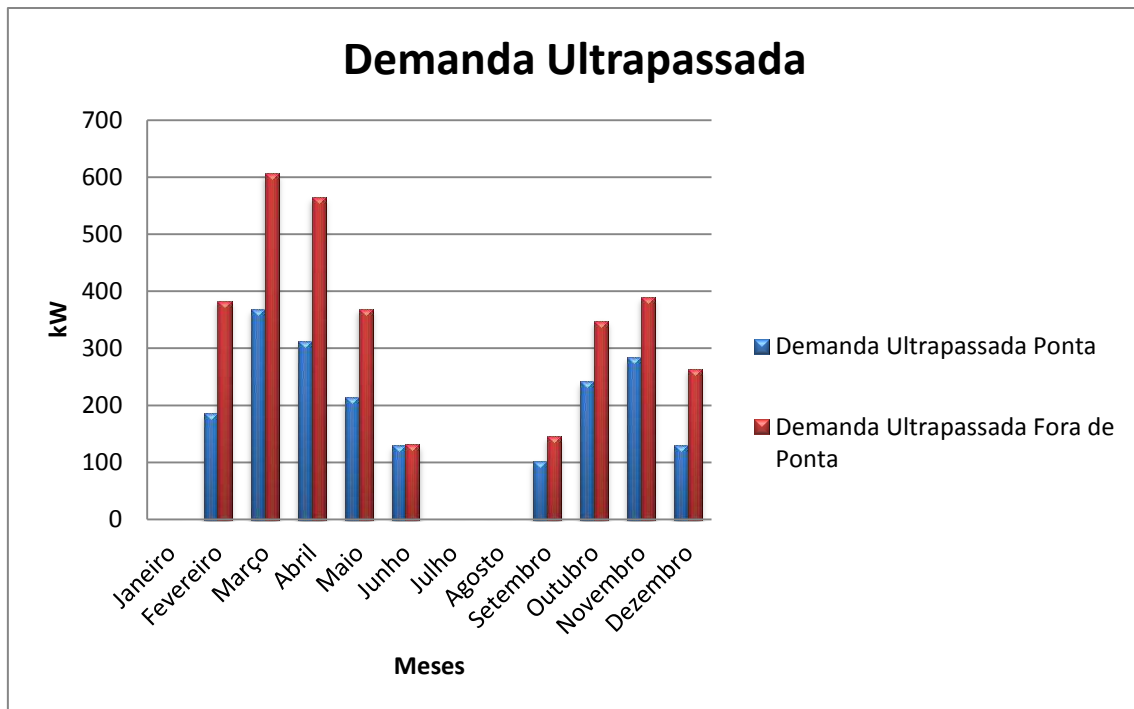


Figura 20: Demanda Ultrapassada.

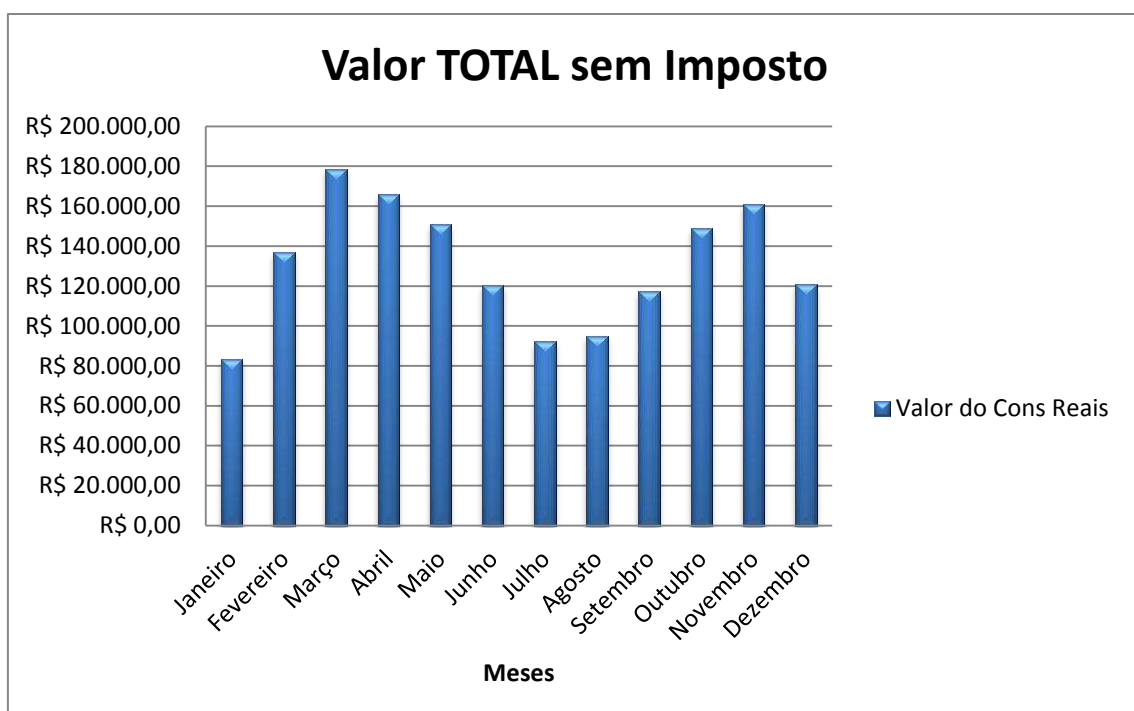


Figura 21: Valor a Pago Por Mês.

Após analisar cuidadosamente os gráficos, para que o cliente tenha um valor reduzido na fatura mensal e fazer com que o mesmo diminua o valor de ultrapassagem da demanda, que de acordo com a sua tarifação o valor cobrado para ultrapassagem é duas a três vezes a do valor normal da demanda. Pra isso se aplica o maior valor de

demanda de ponta e fora de ponta durante as suas 12 ultimas faturas, e subtrai 5% desse valor e com isso o valor encontrado será seu novo valor de demanda contratada. Porém, para que o novo valor de demanda contratada seja validado, o cliente deve informar a concessionária, e com isso os seus dados contratais sejam atualizados. Tudo de acordo com as resoluções da ANEEL.

A partir disso, são refeitos os cálculos para o novo valor de demanda contratada, onde esses valores se encontram na planilha *P. Aut. Azul*. Para verificar se a tarifação verde é a mais adequada como sabemos, que para este tipo de tarifação não haverá valor para a demanda em ponta ou fora de ponta, o valor será único. Fazemos a seguinte simulação, utilizamos o maior valor de demanda de cada mês, utilizando o histórico das 12 ultimas faturas, a partir disso, se obtém o maior valor de demanda e com esse valor subtrai de 5%, após fazer esse processo, o novo valor encontrado será a demanda contratada. E por fim, na última planilha terá a conclusão onde é descrito que, caso o cliente deseje realizar as seguintes modificações propostas, quais serão as economias. Economias estas, que só serão vista caso tenha alguma anormalidade no seu contrato, caso contrário, pode ser que as modificações em vez de conferir economia der é prejuízos, poderemos visualizar tudo isso na planilha *Conclusão*.

4.5.2 BANCO DE CAPACITOR

Outra forma de economizar na conta de energia é diminuindo o consumo de energia reativa. Ao instalar banco de capacitores, temos além da questão econômica, a correção do fator de potência, e com isso a diminuição das quedas de tensão causadas por excesso de reativo e as reduções nas perdas. Os bancos de capacitores projetados serão instalados na entrada de energia por motivos econômicos.

Para realizar o dimensionamento do banco de capacitor adequado, é necessário solicitar a concessionária de energia que efetue uma análise utilizando “memórias de massa”, onde será cobrada uma taxa referente a esse serviço. Após algumas pesquisas na *internet* foi encontrado um equipamento que faz esse tipo de análise, que tem como fabricante Analo. Esse equipamento é instalado no medidor digital da entrada do cliente, onde serão armazenados os dados referentes ao consumo, demanda, fator de potência e outros. Estes dados poderão ser enviados para qualquer computador por meio da *internet*. Caso ocorra um aumento da demanda de projetos, o ideal é que a empresa

Compór Engenharia veja a possibilidade de aquisição de tal equipamento, visando uma maior independência e mais agilidade na produção de seus projetos.

Após obter os dados adquiridos pela análise de memória de massa da concessionária, inserimos os mesmos na planilha *P. Original*. Para o intervalo de hora inserimos os dados referente a demanda de ativo e de reativo.

Banco de Capacitores			
Hora	Ativo (kW)	Reativo (kVAr)	FP
0 - 1	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
1 - 2	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
2 - 3	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
3 - 4	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
4 - 5	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
5 - 6	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
6 - 7	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
7 - 8	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
8 - 9	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
9 - 10	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
10 - 11	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
11 - 12	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
12 - 13	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
13 - 14	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
14 - 15	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
15 - 16	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
16 - 17	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
17 - 18	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
18 - 19	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
19 - 20	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
20 - 21	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
21 - 22	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
22 - 23	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!
23 - 24	Informe o valor	Informe o valor	#VALOR!

Tabela 3: Planilha *Reativo*.

Após inserir todos os dados na planilha, como mencionada anteriormente. Gera-se uma planilha chamada *Reativo*, onde se encontra os valores referentes ao fator de potência e qual o valor deve ser a potência do banco para que ocorra a correção do fator de potência, como é dito nas resoluções da ANEEL.

Com os valores de reativos que o banco de capacitor precisa para compensar, vejo o maior valor que foi preciso, e com esse valor, procuro na tabela de banco de capacitores um valor padronizado mais próximo. Sempre pegando um pouco abaixo, por motivos econômicos.

Banco de Capacitores

Hora	Ativo (kW)	Reativo (kVAr)	FP	BANCO (kVAr)
0 - 1	375,34	307,16	0,7739	147,27
1 - 2	368,70	302,17	0,7734	145,10
2 - 3	366,00	301,94	0,7714	146,02
3 - 4	363,37	298,74	0,7725	143,95
4 - 5	360,10	295,86	0,7727	142,46
5 - 6	305,60	241,01	0,7852	110,82
6 - 7	273,66	187,49	0,8250	70,91
7 - 8	442,52	266,34	0,8568	77,83
8 - 9	803,95	389,21	0,9001	46,73
9 - 10	987,72	441,35	0,9130	20,58
10 - 11	1.090,82	465,41	0,9198	0,72
11 - 12	1.011,45	446,52	0,9148	15,64
12 - 13	780,21	359,46	0,9082	27,09
13 - 14	802,82	349,58	0,9168	7,58
14 - 15	1.059,45	423,88	0,9284	-27,44
15 - 16	1.103,67	446,41	0,9270	-23,75
16 - 17	1.007,36	442,19	0,9157	13,06
17 - 18	866,98	481,86	0,8741	112,53
18 - 19	706,88	470,57	0,8324	169,44
19 - 20	624,82	446,12	0,8138	179,95
20 - 21	560,71	407,22	0,8091	168,36
21 - 22	476,33	364,44	0,7942	161,52
22 - 23	413,10	338,96	0,7731	162,98
23 - 24	397,97	333,13	0,7668	163,60

O Valor da Potência Reativa Máxima (kVAr Cap)	179,95
Qual o valor do banco Padronizado (kVAr)	150

Banco de Capacitores

Hora	Ativo (kW)	Reativo (kVAr)	Banco (kVAr)	fp	Tipo (fp)
0 - 1	375,34	307,16	150	0,92	Ind
1 - 2	368,70	302,17	150	0,92	Ind
2 - 3	366,00	301,94	150	0,92	Ind
3 - 4	363,37	298,74	150	0,93	Ind
4 - 5	360,10	295,86	150	0,93	Ind
5 - 6	305,60	241,01	150	0,96	Ind
6 - 7	273,66	187,49	150	0,99	Ind
7 - 8	442,52	266,34	150	0,97	Ind
8 - 9	803,95	389,21	150	0,96	Ind
9 - 10	987,72	441,35	150	0,96	Ind
10 - 11	1.090,82	465,41	150	0,96	Ind
11 - 12	1.011,45	446,52	150	0,96	Ind
12 - 13	780,21	359,46	150	0,97	Ind
13 - 14	802,82	349,58	150	0,97	Ind
14 - 15	1.059,45	423,88	150	0,97	Ind
15 - 16	1.103,67	446,41	150	0,97	Ind
16 - 17	1.007,36	442,19	150	0,96	Ind
17 - 18	866,98	481,86	150	0,93	Ind
18 - 19	706,88	470,57	150	0,91	Ind
19 - 20	624,82	446,12	150	0,90	Ind
20 - 21	560,71	407,22	150	0,91	Ind
21 - 22	476,33	364,44	150	0,91	Ind
22 - 23	413,10	338,96	150	0,91	Ind
23 - 24	397,97	333,13	150	0,91	Ind

Figura 22: Dados do Banco de Capacitor.

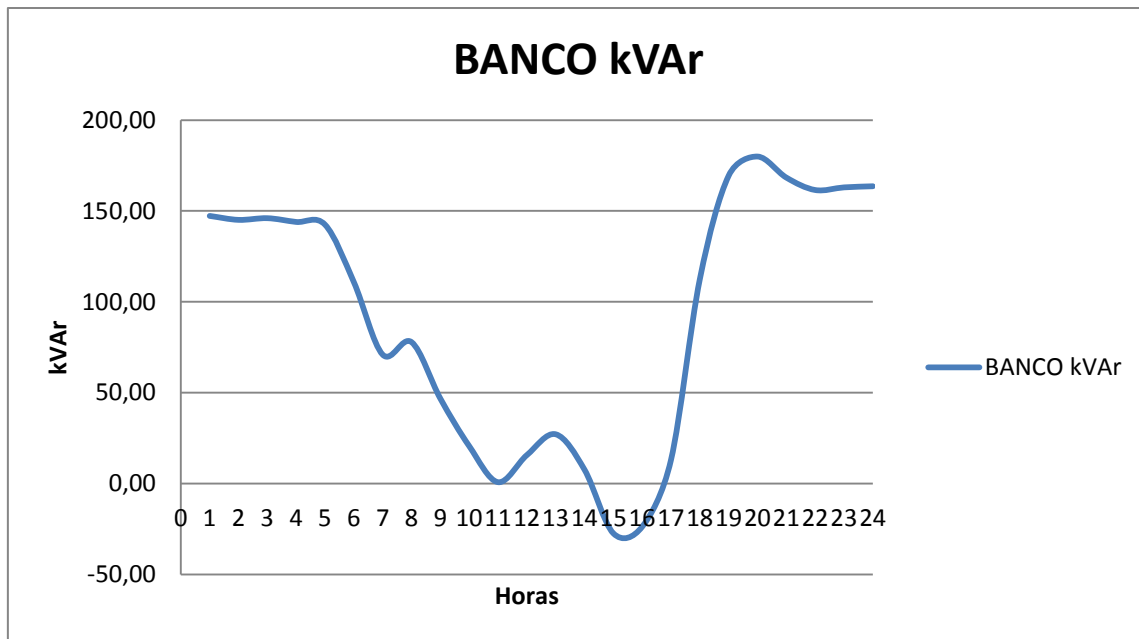


Figura 23: Horário para o Controle de

Para concluir, é construído um gráfico, onde pode-se dimensionar um banco de capacitores automático, e em que tempo o mesmo deve atuar. Sabe-se que este tipo de equipamento possui controlador inteligente que irá ligar e desligar os estágios automaticamente, sem que o sistema assuma característica capacitiva.

5 CONCLUSÃO

O estágio na Empresa Compor Engenharia LTDA teve importância singular no final da minha carreira acadêmica, onde me proporcionou oportunidades únicas, as quais investi com muita determinação e responsabilidade, pois pude colocar em prática todos conhecimentos teóricos adquiridos ao longo de todos os anos de academia no Curso de Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande- UFCG.

Tive como foco principal a elaboração de coordenação da proteção para subestação subestação acima de 300 kVA, estudos de cálculo de resistividade do solo para implementação de malhas de aterramentos e estudos de implementações de bancos de capacitores para regulamentação do fator de potência e projetos de instalações elétrica.

Contudo, a oportunidade a me concedida para demonstrar em um breve período os meus conhecimentos, servirá como ponto de partida para uma grande jornada profissional que o futuro irá oferecer. Espero que tenha deixado minha pequena contribuição na Compor Engenharia, no que se refere aos programas desenvolvidos durante o estágio. Porém, percebi que houve tempo suficiente para desenvolver diversas outras atividades que poderiam ser valiosas para ambas as partes, e, no entanto não foram desenvolvidas por falta de empenho da própria empresa.

BIBLIOGRAFIA

Kindermann, Geraldo. Aterramento Elétrico. Florianópolis, 3ª Ed., 1995.

Mamede, J. F. Instalações Elétricas Industriais. Rio de Janeiro, Editora LTC, 7ª ed., 2007.

ABNT:NBR 5410 (2004): Instalações elétricas de baixa tensão.

ABNT:NBR 5419 (2001): Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas.

Chapman, Stephen J.

Programação em MATLAB para engenheiros / Stephen J. Chapman; tradução técnica Flávio Soares Correa da Silva. São Paulo : Pioneira Thomson Learning, 2003.

Barros, Benjamim Ferreira de

Cabine Primária: subestações de alta tensão de consumidor / Benjamim Ferreira de Barros. Ricardo Luis Gedra, -- 1. Ed. -- São Paulo: Érica, 2009.

Caminha, Amadeu Casal

Introdução à proteção dos sistemas elétricos / Amadeu Casal Caminha – São Paulo: Editora Blucher, 1977.

Kosow, Irwing L.

Máquinas elétricas e transformadores / Irwing L. Kosow; tradução de Felipe Luiz Ribeiro Daiello e Percy Antônio Pinto Soares. 15 ed – São Paulo : Globo, 2005.

Mamede Filho, João

Manual de Equipamentos Elétricos / João Mamede Filho – 3 ed – Rio d Janeiro : LTC, 2012.

