

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA / AUTOMAÇÃO**

**ALLISON DINIZ NOCERA
GIANCARLO GOMES
VINICIO CARRARA PEREIRA**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DA
IMPLANTAÇÃO DO GERADOR A DIESEL NO HORÁRIO DE PONTA
EM UM HOSPITAL DE CURITIBA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA
2015**

**ALLISON DINIZ NOCERA
GIANCARLO GOMES
VINICIO CARRARA PEREIRA**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DA
IMPLANTAÇÃO DO GERADOR A DIESEL NO HORÁRIO DE PONTA
EM UM HOSPITAL DE CURITIBA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de TCC 2, do curso de Engenharia Industrial Elétrica com ênfase em Automação, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiros Eletricistas.

Orientador: Prof. Marcelo Barcik

**CURITIBA
2015**

Allison Diniz Nocera
Giancarlo Gomes
Vinício Carrara Pereira

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA DA IMPLANTAÇÃO DO GERADOR A DIESEL NO HORÁRIO DE PONTA EM UM HOSPITAL DE CURITIBA

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Industrial Elétrica com ênfase em Automação do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 17 de agosto de 2015.

Prof. Paulo Sérgio Walenia, Especialista
Coordenador de Curso
Engenharia Industrial Elétrica/Automação

Profa. Annemarlen Gehrke Castagna, Mestre
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Prof. Marcelo Barcik, Eng.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Antonio Ivan Bastos Sobrinho, Esp.
Universidade Federal do Paraná

Profa. Annemarlen Gehrke Castagna, Mestre
Universidade Federal de Santa Maria

Prof, Marcelo Barcik
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Industrial Elétrica com ênfase em Automação.

RESUMO

NOCERA, Allison D.; GOMES, Giancarlo; PEREIRA; Vinicio C. Análise da viabilidade técnica e financeira da implantação do gerador a diesel no horário de ponta em um hospital de Curitiba. 2015. 103 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Industrial Elétrica com ênfase em Automação) – Graduação em Engenharia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Tendo em vista a crise hídrica que o Brasil vem enfrentando nos últimos anos, o custo da energia elétrica tem aumentado consideravelmente. Logo, os consumidores estão procurando alternativas ao fornecimento da concessionária local. Uma das práticas que ganhou um espaço significativo no mercado é a utilização de grupos geradores a diesel no horário de ponta. Nesse contexto, o presente trabalho visa a analisar a viabilidade técnica e financeira da implementação de um gerador a diesel em um hospital da região de Curitiba. No estudo de caso em questão, o relatório de utilização de energia elétrica dos últimos doze meses foi a base para o levantamento do perfil do cliente. O estudo destaca os custos de instalação, depreciação, de manutenção preventiva, dos equipamentos, entre outros, com o intuito de obter um preço do kWh que considere todas essas variáveis. Também foi realizada uma simulação da fatura nas diferentes bandeiras tarifárias com a finalidade de definir o melhor perfil tarifário para a condição atual e futura com a instalação do gerador no hospital. Cálculos técnicos para escolher o gerador mais apropriado ao consumo base, normas da concessionária local e sistemas de automação para a segurança do fornecimento também foram abordados ao longo deste trabalho. Por fim, a partir do desenvolvimento de todas as etapas citadas anteriormente, foi possível concluir se a utilização do grupo gerador é tecnicamente e financeiramente viável.

Palavras-chave: Grupo gerador a diesel. Horário de ponta. Viabilidade técnica e financeira.

ABSTRACT

NOCERA, Allison D.; GOMES, Giancarlo; PEREIRA; Vinicio C. Analysis of the technical and financial feasibility of the implementation of a diesel generator in peak hours in a hospital in Curitiba. 2015. 103 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Industrial Elétrica com ênfase em Automação) – Graduação em Engenharia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.

Due to the hydric crisis that Brazil has been going through over the last couple of years, the cost of electricity is considerably increasing. Therefore, the consumers are looking for alternative supplies other than the one of the local dealership. One of the strategies that are continuously gaining space in this market is the application of local diesel generators specifically during the peak hours. In this sense, this study aims to analyze the technical and financial feasibility of implementing a diesel generator at a hospital in the region of Curitiba. For this case study, the hospital's profile was based on the report on the client's electricity usage for the last twelve months. The study takes into account different concepts of costs such as, depreciation cost, preventive maintenance cost, cost of equipment, among others, in order to establish a price for the generated kWh that includes and those variables. Also, all possible fare systems were simulated so that the most appropriate could be defined for both load profiles, with and without the generator. Other issues such as, technical calculations for the most suitable generator according to the client's electricity consumption, the local dealership's safety regulation and the automation system for a redundant supply were also addressed throughout this study. Lastly, from the development of all stages previously mentioned, it was possible to determine the feasibility both technically and financially.

Keywords: Diesel generators. Peak hours. Technical and financial feasibility.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação da energia armazenada nos últimos seis anos.....	18
Tabela 2 - Transformadores de potência do sistema de geração própria	44
Tabela 3 - Dimensionamento de Condutores	53
Tabela 4 - Histórico de consumo e pagamentos do hospital.....	59
Tabela 5 - Valores das tarifas com impostos da classe A4	63
Tabela 6 - Valores das tarifas sem impostos da classe A4	63
Tabela 7 - Dados de consumo e demanda do hospital no último ano – resumido	64
Tabela 8 - Valores simulados de preço médio – resumido.....	65
Tabela 9 - Tabela dos resultados gerais SEM gerador	81
Tabela 10 - Tabela dos resultados gerais COM gerador.....	82
Tabela 11 - Tabela do resultado final da Simulação SEM gerador	85
Tabela 12 - Tabela do resultado final da Simulação COM gerador.....	85
Tabela 13 - Especificações do grupo gerador	86
Tabela 14 - Custo do gerador e instalação	87
Tabela 15 - Preço médio do diesel (550) de quatro postos em Curitiba.....	88
Tabela 16 - Valor da manutenção preventiva.....	88
Tabela 17 - Componentes do custo da energia gerada	89
Tabela 18 - Importante total anual com gerador.....	91
Tabela 19 - Comparativo do importante total anual com e sem gerador	91
Tabela 20 - Outras opções de investimento.....	93
Tabela 21 - Valor presente líquido	94
Tabela 22 - <i>Payback</i>	94

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico do consumo, geração e perdas de energia elétrica, em GWh.....	17
Figura 2 - Componentes das máquinas síncronas: Rotor com pólos lisos	25
Figura 3 - Componentes das máquinas síncronas: Rotor com pólos salientes	26
Figura 4 - Componentes das máquinas síncronas: Estator.....	27
Figura 5 - Componentes das máquinas síncronas: Conjunto de escovas e anéis	28
Figura 6 - O circuito equivalente completo de um gerador síncrono trifásico com pólos lisos.....	31
Figura 7 - O circuito equivalente do estator em estrela de um gerador síncrono trifásico com pólos lisos.....	31
Figura 8 - O circuito equivalente do estator em delta de um gerador síncrono trifásico de pólos lisos	32
Figura 9 - Comparação entre geradores de pólos lisos e salientes.....	32
Figura 10 - O circuito equivalente completo de um motor síncrono trifásico de pólos salientes.....	33
Figura 11 - O circuito equivalente do estator em estrela de um motor síncrono trifásico de pólos salientes	34
Figura 12 - O circuito equivalente do estator em delta de um gerador síncrono trifásico de pólos salientes	34
Figura 13 - Características a vazio de uma máquina síncrona	36
Figura 14 - Características a vazio e de curto circuito em uma máquina síncrona ...	36
Figura 15 - Grupo gerador a diesel	37
Figura 16 - Configuração dos Grupos Geradores à Diesel	40
Figura 17 - Esquema elétrico simplificado de paralelismo suprimindo uma carga trifásica.....	41
Figura 18 - Gráfico de potência no grupo gerador para funcionamento durante horário de ponta	42
Figura 19 - Esquema do Grupo Gerador em Baixa Tensão	51
Figura 20 - Unidade Detectora de Sobre-Tensões e Sub-Tensões.....	55
Figura 21 - Fluxograma da Automação de Segurança.....	58
Figura 22 - Análise do consumo geral.....	60
Figura 23 - Análise da demanda	61
Figura 24 - Simulação da fatura nos diferentes sistemas tarifários	62
Figura 25 - Análise SEM gerador: Sistema convencional	69
Figura 26 - Análise COM gerador: Sistema convencional	70
Figura 27 - Análise SEM gerador: Sistema horossazonal verde	72
Figura 28 - Análise COM gerador: Sistema horossazonal verde.....	73
Figura 29 - Análise SEM gerador (análise I): Sistema horossazonal azul.....	75
Figura 30 - Análise COM gerador (análise I): Sistema horossazonal azul	76
Figura 31 - Análise SEM gerador (análise II): Sistema horossazonal azul	78
Figura 32 - Análise COM gerador (análise II): Sistema horossazonal azul	79
Figura 33 - Análise final COMPARATIVA (SEM gerador) em todos os sistemas tarifários.....	83
Figura 34 - Análise final COMPARATIVA (COM gerador) em todos os sistemas tarifários.....	84
Figura 35 - Grupo gerador a diesel. Vista A: Visão frontal. Vista B: Visão traseira ...	86
Figura 36 – Análise do valor do importante total mensal.....	92
Figura 37 – Resultado da Análise Financeira.....	95

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica

CBIE Centro Brasileiro de Infra Estrutura

COPEL Companhia Paranaense de Energia

CPDEE Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Em Engenharia Elétrica

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPE Empresa de Pesquisa Energética

kWh quilowatt-hora

ONS Operador Nacional do Sistema Elétrico

TMA Taxa Mínima de Atratividade

TIR Taxa Interna de Retorno

ROI Retorno sobre Investimento

VPL Valor Presente Líquido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 TEMA	11
1.1.1 Delimitação do tema	11
1.2 PROBLEMA E PREMISSAS	12
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo geral	13
1.3.2 Objetivos específicos	13
1.4 JUSTIFICATIVA	14
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	15
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 SITUAÇÃO ENERGÉTICA BRASILEIRA	17
2.1 CRISE ENERGÉTICA	18
2.2 SISTEMAS TARIFÁRIOS	19
2.2.1 Faixas de operação	20
2.2.2 Estrutura tarifária	22
3 GERADOR ELÉTRICO	24
3.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO GERADOR	24
3.2 PRINCIPAIS COMPONENTES DO GERADOR SÍNCRONO	25
3.2.1 Rotor (campo)	25
3.2.2 Estator (armadura)	26
3.2.3 Conjunto de escovas e anéis	27
3.2.4 Enrolamentos dos geradores síncronos	28
3.3 CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES DOS GERADORES	28
3.3.1 Velocidade de rotação de um gerador síncrono	28
3.3.2 Tensão interna gerada um gerador síncrono	29
3.3.3 Circuito equivalente trifásico do gerador síncrono	30
3.3.3.1 Circuito equivalente trifásico do gerador síncrono de pólos lisos	30
3.3.3.2 Circuito equivalente trifásico do gerador síncrono de pólos salientes	32
3.4 COMPORTAMENTO DO GERADOR A VAZIO E EM CURTO	35
3.4.1 Características de um gerador a vazio	35
3.4.2 Características de um gerador em curto circuito	36
3.5 GRUPOS GERADORES A DIESEL	37
3.5.1 Motores a pistão de combustão	37
3.5.2 Regulação da velocidade dos grupos geradores	38
3.5.3 Sensor magnético	38
3.5.4 Atuador ou governador	39
3.5.4 Matriz de controle	39
3.6 OPERAÇÃO EM PARALELO DE GERADORES	40
3.6.1 Regime de paralelismo momentâneo	42
3.6.2 Regime de paralelismo permanente ou contínuo	43
3.6.3 Normas de geração em paralelo	44
3.7 METODOLOGIA DA ANÁLISE FINANCEIRA	45
3.7.1 Valor presente líquido	46
3.7.2 Taxa interna de retorno	47
3.7.3 Payback descontado	47
3.7.4 Retorno sobre investimento	48

3.7.5	Custo de depreciação.....	48
3.7.6	Manutenção.....	49
4	DIMENSIONAMENTO DO GERADOR E DE CONDUTORES	50
4.1	DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA DO GRUPO GERADOR	51
4.2	DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES	53
4.3	SISTEMA DE PROTEÇÃO	54
4.3.1	Normas de segurança	56
4.3.2	Automação para segurança	57
5	ANÁLISE TARIFÁRIA E FINANCEIRA	59
5.1	ANÁLISE DO PERFIL DE CONSUMO	59
5.2	SIMULAÇÃO DA FATURA NOS DIFERENTES SISTEMAS TARIFÁRIOS	62
5.2.1	Tarifas utilizadas para a simulação	62
5.2.2	Equações utilizadas para simulação do preço médio para diversas demandas	63
5.3	ANÁLISE DO SISTEMA TARIFÁRIO NOS PERFIS SEM/COM GERADOR	67
5.3.1	Análise da fatura no sistema convencional	68
5.3.2	Análise da fatura no sistema horossazonal verde	71
5.3.3	Análise da fatura no sistema horossazonal azul	74
5.4	ANÁLISE COMPARATIVA DA FATURA NOS DIFERENTES SISTEMAS	79
5.5	ANÁLISE FINANCEIRA.....	86
5.5.1	Custo de instalação do grupo gerador.....	86
5.5.2	Custo do diesel.....	87
5.5.3	Custos com manutenção preventiva	88
5.5.4	Componentes do custo de geração.....	89
5.5.5	Comparativo do gasto anual com e sem gerador.....	90
5.5.6	Indicadores financeiros.....	92
5.5.7	Valor Presente Líquido	93
5.5.8	<i>Payback</i>	94
5.5.9	Taxa Interna de retorno	95
5.5.10	Retorno sobre o investimento.....	95
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	96
	REFERÊNCIAS.....	99

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica faz parte da rotina diária de praticamente todas as pessoas em todos os países do mundo. De modo geral, todo o aspecto estrutural e físico de cada país se desenvolve com a sua utilização, ainda sem alternativas igualmente viáveis à energia elétrica. Seja a geração de forma nuclear, eólica, hidrelétrica, entre outras, a eletricidade permanece como unanimidade em termos de utilização.

No entanto, realizar o gerenciamento do abastecimento da energia elétrica de forma correta e eficiente tem se tornado um problema. A eletricidade, que utiliza em sua grande maioria a geração hidrelétrica, está se tornando cada vez mais cara de uma forma geral no Brasil (NEDER, 2015). Esse passa por uma crise hídrica, que teve seu início em 2014 e se agravou esse ano, com níveis perigosamente baixos de grandes e importantes reservatórios de água, devido à falta de chuva e planejamento.

Outro aspecto importante para o gerenciamento da energia elétrica no país, tanto para sua geração, quanto para transmissão e distribuição, é a relação entre energia ofertada com qualidade e a energia demandada. É possível notar que a demanda de energia elétrica, de modo geral, nas diversas regiões do país, vem crescendo significativamente mais rápido do que o sistema de geração e distribuição tem sido capaz de suprir (COPEL, 2015).

A relação entre consumo e capacidade de geração é o que motivou a criação do chamado horário de ponta para certos consumidores, por exemplo, comerciais ou industriais, e esse horário consiste em três horas dentro do intervalo onde a demanda é, de uma forma geral, maior, e o custo da energia é significativamente mais elevado. Esse horário pode variar entre as regiões do país e, dependendo da época do ano, concentra-se entre o fim da tarde e o início da noite (PROCEL, 2009).

Muitos estabelecimentos que precisam continuar funcionando durante esse horário de ponta buscam alternativas para atender a demanda de potência nesse período. Uma alternativa comum é utilizar um gerador a óleo diesel para alimentar todo ou parte do estabelecimento, substituindo a utilização da concessionária durante essas três horas de horário de ponta.

Porém, isso também gera novos custos, e é preciso realizar um estudo específico para cada caso que envolva dados do gerador, o perfil de carga diário da instalação, entre outras informações para definir a viabilidade da implementação desse gerador.

O estabelecimento no qual foi feita essa análise técnica e financeira para a instalação do gerador a diesel, durante o horário de ponta, é um hospital situado na região de Curitiba, o qual possui quase 500 colaboradores (pessoal de apoio, enfermagem e administrativo) e 107 leitos, somando-se UTI, apartamentos, enfermarias.

1.1 TEMA

Análise da viabilidade técnica e financeira da implementação de um gerador a óleo diesel para atender um hospital durante o horário de ponta.

1.1.1 Delimitação do tema

Os consumidores chamados horo-sazonais têm um valor da tarifa do quilowatt-hora (kWh) variável de acordo com a época do ano e com o período do dia. Em relação aos meses do ano, separam-se em dois períodos: o primeiro é composto dos meses com maior expectativa de chuva, durante os quais os reservatórios estariam mais cheios, o que possibilitaria um preço menor, e o segundo, nos meses com menor expectativa de chuvas, durante os quais o preço é maior, pois há necessidade da utilização de termoelétricas.

Já relativo ao horário do dia, trata-se do horário de ponta e fora de ponta: separam-se três horas onde uma demanda significativamente maior é exigida do sistema de distribuição de energia das concessionárias, o que torna a fatura de energia consideravelmente mais cara (PROCEL, 2009).

Consumidores horo-sazonais devem buscar adequar seus perfis de carga ao modo ou sistema de tarifação no qual estão inseridos. Uma das tentativas mais

comuns para atingir uma otimização do perfil de carga de acordo com a tarifação, é reduzir o pico de demanda durante o horário de ponta, através da implementação de uma geração paralela que funciona em paralelo com a alimentação vinda da concessionária. A implementação de um gerador a diesel é uma alternativa muito utilizada para a geração simultânea, pois é significativamente barata e rápida (MASSERONI; OLIVEIRA, 2012).

O estudo desenvolvido buscou definir os dados históricos de perfil de carga do hospital, conhecer a instalação em questão, analisar as configurações de um gerador a ser implementado e relacionar isso com as normas regulamentadoras da geração em paralelo, bem como, com a atual legislação de tarifação da ANEEL. E, por fim, através de uma análise desses dados, definir se é ou não viável tecnicamente e financeiramente implementar o gerador no hospital para o funcionamento na hora de ponta.

1.2 PROBLEMA E PREMISSAS

A partir da contextualização apresentada no item anterior, pode-se afirmar que, para qualquer instalação, seja ela em um estabelecimento residencial, comercial ou industrial, de pequeno médio ou grande porte, o correto e eficiente gerenciamento do consumo de energia elétrica são fundamentais para um balanço de custos.

Com a definição do estabelecimento cuja instalação foi estudada nesse trabalho de conclusão de curso, definiram-se alguns tópicos importantes que devem ser considerados. Dentre esses, pode-se destacar que, por se tratar de um hospital, o perfil de carga da instalação tem um nível de possível redução no horário de ponta significativo, caso a proposta seja efetivada.

Porém, deve-se considerar que dependendo da gravidade da falha deste sistema de abastecimento elétrico vidas podem ser colocadas em risco. Logo, o gerador a ser colocado deve ter um elevado grau de confiabilidade, e é necessário que um sistema rápido e também confiável possa retornar à alimentação convencional.

Por haver a necessidade de um elevado nível de confiabilidade e por ser alta

a carga demandada, as características do gerador a ser utilizado devem ser levantadas de tal modo a garantir todos estes critérios com maior precisão.

Foi necessário realizar um estudo detalhado do perfil de carga da instalação, especialmente no horário de ponta, para determinar os níveis aproximados de potência exigidos durante esse período, além do tipo de cargas que serão alimentadas pelo gerador em potencial.

Vale ressaltar que questões como análise de harmônicos da instalação e definição do *layout* do sistema, assim como as normas de armazenamento e queima de combustível não foram abordadas no escopo do trabalho.

Portanto, para realizar esse trabalho com êxito e para que seus objetivos fossem atendidos, essas premissas foram os alicerces da sua estrutura e do seu desenvolvimento.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver um estudo com dados reais de uma instalação, para definir a viabilidade técnica e financeira de um investimento em um gerador a óleo diesel para alimentar a instalação durante o horário de ponta. Para esse estudo, o estabelecimento escolhido foi um hospital na região de Curitiba.

1.3.2 Objetivos específicos

- Fazer um levantamento histórico do aumento do consumo e geração de energia elétrica somado ao aumento do preço do kWh e do kW;
- Fazer um referencial teórico dos geradores a diesel e suas configurações;
- Fazer um referencial teórico dos sistemas tarifários vigentes;
- Realizar um estudo analisando as normas vigentes da Companhia

Paranaense de Energia (COPEL) relacionadas a geração em paralelo de energia elétrica, realizada pelas unidades consumidoras;

- Verificar e levantar os dados de consumo de energia elétrica do hospital durante os últimos doze meses;
- Fazer uma análise das configurações do gerador adequadas para a necessidade do cliente analisado;
- Realizar uma análise financeira (custo de manutenção e depreciação do gerador, *payback*, valor presente líquido, taxa interna de retorno, etc) quanto a implantação do gerador.

1.4 JUSTIFICATIVA

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA (2015) destaca que o Brasil está passando por um período delicado em função da crise energética agravada pelas questões hídricas dos últimos anos; deste modo, a geração paralela de energia, por mais que sua rentabilidade seja questionável, vem conquistando o seu espaço nas grandes empresas. Logo, este trabalho colocou em prova esta questão da viabilidade econômica da geração paralela e as questões técnicas vinculadas a essa.

Em virtude do grande aumento do valor do kWh e do kW, e, conseqüentemente, um aumento ainda maior nos custos de energia no horário de ponta, o gerador a diesel pode ser uma das soluções para os diversos problemas que os consumidores vêm enfrentando.

Inserido neste contexto, pode-se constatar que a análise realizada neste trabalho pode ser utilizada como referência quanto a análise da aplicabilidade dos grupos geradores. Neste, foi analisada a situação do Hospital. Porém, este projeto beneficiará outros consumidores que pensam nesta possibilidade de aplicação. Logo, torna-se uma referência de procedimentos para os interessados em questionar esta possível alternativa de redução dos gastos quanto ao consumo e demanda de energia elétrica.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A primeira parte do trabalho feita foi a fundamentação teórica a respeito de geradores, geração em paralelo de energia, e sistemas tarifários da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Para isso, foram estudados artigos, normas, livros e trabalhos prévios (teses, dissertações, monografias) e revisados conceitos vistos em algumas disciplinas durante o curso, que tratavam desses assuntos. Concluída a primeira etapa, foi iniciada a fase de aquisição dos dados e históricos de consumo de energia elétrica do hospital.

Depois foram realizadas análises comparativas dos gastos de energia e demanda, com e sem o gerador, em diferentes bandeiras tarifárias, bem como, os custos de instalação e manutenção do gerador. A fase da análise técnica e financeira tem destaque no trabalho, pois é baseado nela que foi possível verificar a viabilidade de implantação do gerador a diesel no hospital.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho foi dividido de acordo com a estrutura a seguir:

- Capítulo 1 – Introdução, contendo a delimitação do tema, problemas e premissas, objetivos geral, objetivos específicos, justificativa e procedimentos metodológicos.
- Capítulo 2 – Contextualização da situação energética brasileira e embasamento teórico sobre os sistemas de tarifação da COPEL.
- Capítulo 3 - Revisão bibliográfica de geradores elétricos (funcionamento, componentes, conceitos e aplicabilidade), normas regulamentadoras ligadas à geração simultânea e os conceitos da análise financeira;
- Capítulo 4 - Análise do sistema proposto – Dimensionamento do grupo gerador adequado (potência e condutores) para a necessidade do hospital e para atender questões de segurança da COPEL, bem como analisar o sistema de proteção e segurança a ser utilizado.

- Capítulo 5 - Análise Tarifária e Financeira – Realizar a simulação da fatura nos diferentes sistemas tarifários com o intuito de encontrar o sistema mais apropriado ao cliente. Além disso, foi analisado se o projeto é viável financeiramente (custo de kWh, gerado pelo gerador), considerando a depreciação do equipamento, manutenção, consumo de diesel, etc;
- Capítulo 6 - Considerações finais;
- Referências.

2 SITUAÇÃO ENERGÉTICA BRASILEIRA

O Brasil é um país com grande potencial hidrográfico, e tem usado esse potencial para gerar energia elétrica. Dados divulgados pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2014) mostram que, atualmente, é o segundo país com maior capacidade instalada de geração hidrelétrica no mundo, ficando atrás apenas da China. Além disso, o Brasil está entre os 10 países que possuem a maior capacidade instalada de geração elétrica no mundo, e, segundo o banco de informações de Geração disponibilizado pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2015), o Brasil possui **136.251.193 kW** de potência instalada.

O consumo de energia é um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida da população de um país (ANEEL, 2008). Ele reflete as atividades dos setores industrial e comercial, bem como a capacidade da população obter bens de maior qualidade, ligados à rede elétrica, e que aumentam o consumo de energia elétrica.

Devido ao fato de o número de consumidores de energia elétrica crescer a cada ano, é preciso investir também na expansão do parque gerador. O gráfico abaixo mostra o avanço do consumo total de energia elétrica e o avanço da geração de energia elétrica no Brasil de 2008 até 2013, bem como as perdas totais no Sistema Interligado Nacional (SIN) nesse mesmo período.

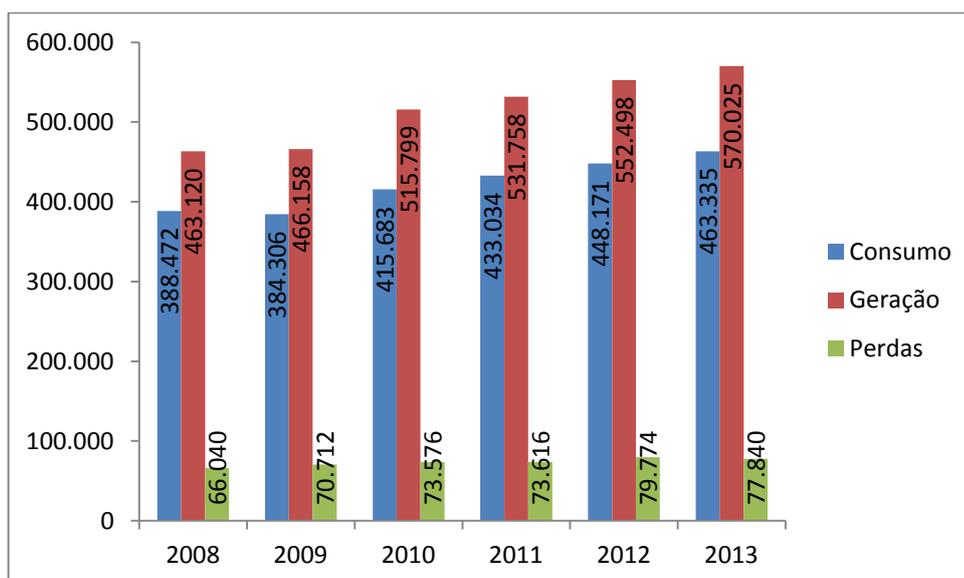


Figura 1 - Gráfico do consumo, geração e perdas de energia elétrica, em GWh
 Fonte: EPE, 2014.

Analisando o gráfico, nota-se que de 2012 para 2013, a variação do consumo foi de 3,38 %, enquanto da geração foi 3,17%.

2.1 CRISE ENERGÉTICA

As informações apresentadas anteriormente, apesar de destacarem o Brasil no setor energético, não mostram a crise energética pela qual o país está passando. Em entrevista ao jornal O Globo (2015), o professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro e diretor do Centro Brasileiro de Infra Estrutura (CBIE), Adriano Pires, afirmou que os motivos da crise são “a diminuição da tarifa de energia elétrica pelo governo no momento que o custo crescia, o atraso nas obras de geração e transmissão e, por fim, a falta de chuva”.

Nesse contexto de crise política e de gerenciamento de energia, tem-se, como consequência, um decréscimo significativo da energia armazenada ao longo dos últimos seis anos. Os dados da Tabela 1 foram obtidos do histórico da operação diária divulgado pelo ONS, e mostram esse decréscimo na região Sul do Brasil (cuja demanda é segunda maior do país). É nessa região onde se encontram o hospital analisado no trabalho e a COPEL, companhia que gera, transmite e distribui energia elétrica no estado do Paraná.

Tabela 1 - Comparação da energia armazenada nos últimos seis anos

Data	% Capacidade Máxima
11/05/2010	86,87
11/05/2011	83,12
11/05/2012	46,05
11/05/2013	54,09
11/05/2014	49,13
11/05/2015	32,15

Fonte: ONS, 2015.

O racionamento é frequentemente colocado em pauta, como uma atitude corretiva à crise energética, e constantes desligamentos no fornecimento de energia para alguns consumidores, devido à grande demanda em horários de pico, são observados.

Uma das soluções encontradas pelo governo foi estimular donos de geradores a usá-los por várias horas por dia, e, assim, diminuir o consumo de energia da rede. Uma reportagem divulgada pela Gazeta do Povo (2015) afirma que a utilização desses geradores promete ser lucrativo para quem tiver esses equipamentos. Por isso, no próximo tópico, serão estudadas as normas tarifárias que regem a utilização de geração simultânea.

2.2 SISTEMAS TARIFÁRIOS

Um tópico extremamente importante para que se determine a viabilidade financeira da implementação de um gerador a diesel nesse hospital na região de Curitiba, assim como para fornecer diversas informações essenciais à determinação da viabilidade técnica, é a análise do sistema tarifário vigente na região do hospital.

Nesse caso, tem-se a COPEL como fornecedora primária de energia elétrica, que tem sua normalização específica, assim como os preços de acordo com tipos de consumidor, faixas de demanda, mês e horário do consumo.

Tendo então o site da COPEL como fonte para essa etapa da referência bibliográfica, pode-se obter todas essas informações necessárias para a análise de um consumidor, como o hospital em questão.

Primeiramente, a COPEL, Companhia Paranaense de Energia, é composta de duas empresas de energia elétrica, a COPEL Geração e Transmissão S.A. - GET e a COPEL Distribuição S.A. – DIS. O consumidor padrão não deixa de ser cliente de ambas as empresas, pois necessita que a geração e transmissão de energia seja feita para que a distribuição chegue até sua instalação (COPEL, 2014).

A tarifa cobrada pela COPEL é composta pelo preço da energia de fato vendida, além da transmissão de energia e de custos operacionais do processo de distribuição, encargos, tributos, e outros componentes financeiros (COPEL, 2014).

A primeira classificação de consumidores é de acordo com a sua respectiva faixa de tensão de fornecimento, tem-se dois grupos (COPEL, 2015):

- Grupo A:** {
- Fornecimento aéreo entre 2,3 kV e 230 kV;
 - Fornecimento subterrâneo menor que 2,3 kV;
 - Tarifa Binômia.
- Grupo B:** {
- Fornecimento aéreo menor que 2,3 kV;
 - Tarifa Monômia.

Essa divisão é muito importante, pois não só preços variam de forma significativa entre grupos A e B, mas também o modo de faturação, medição e as faixas de operação de mês e horário (COPEL, 2015).

2.2.1 Faixas de operação

Os consumidores do grupo A tem uma tarifa chamada binômia. A tarifa é assim chamada, pois, tanto o consumo quanto a demanda são tarifados de forma separada, diferente dos consumidores do grupo B, que tem uma tarifa chamada monômia, pois apenas o consumo é tarifado.

Nesse estudo, dar-se-á maior ênfase ao grupo A, pois é o grupo em que se encontra o hospital, objeto de estudo desse trabalho de conclusão de curso.

A tarifa binômia é assim chamada por ser composta de duas tarifas distintas, a tarifa referente ao consumo e a referente à demanda. O consumo é medido em quilowatt-hora (kWh), uma medida de energia, que de fato realiza trabalho, dentro da instalação. Já a demanda é medida em quilowatt (kW) e é um valor de potência elétrica demandada do sistema elétrico pela parcela ativa da instalação (COPEL, 2015).

Como trata-se de um hospital, o funcionamento da instalação foi, mesmo que em diferentes níveis de intensidade, praticamente constante, 24 h por dia durante todos os meses do ano. Isso significa que o perfil de carga do hospital irá envolver todas as faixas de operação classificadas no sistema tarifário em vigor na COPEL.

Essas faixas de operação são divididas por dois critérios diferentes, hora do dia e mês do ano.

- Quanto ao horário do dia:
 - Ponta: Três horas consecutivas (18 h às 21 h);
 - Fora de Ponta;
 - Madrugada (0 h às 6 h).

- Quanto ao mês do ano:
 - Meses chuvosos: Dezembro a Abril;
 - Meses secos: Maio a Novembro.

Quanto à hora do dia tem-se três faixas de operação (COPEL, 2005):

- Horário de ponta ou “horário de pico”: é o período definido e composto por três horas diárias consecutivas, durante o qual o consumo de energia elétrica tende a ser maior. No caso da COPEL, de 2^a a 6^a feira das 18 h às 21 h (das 19 h às 22 h no horário de verão).
- Horário fora de ponta: Conhecido como “horário fora de pico”, é o intervalo de tempo que não o de três horas consecutivas definidas no horário de ponta.
- Horário de madrugada: 0 h às 6 h (1 h às 7 h no Horário de Verão) cobrado consumo e ou demanda excedente reativo capacitivo. No período restante é cobrado excedente reativo indutivo.

Já quanto ao mês do ano, tem-se duas diferentes faixas de operação:

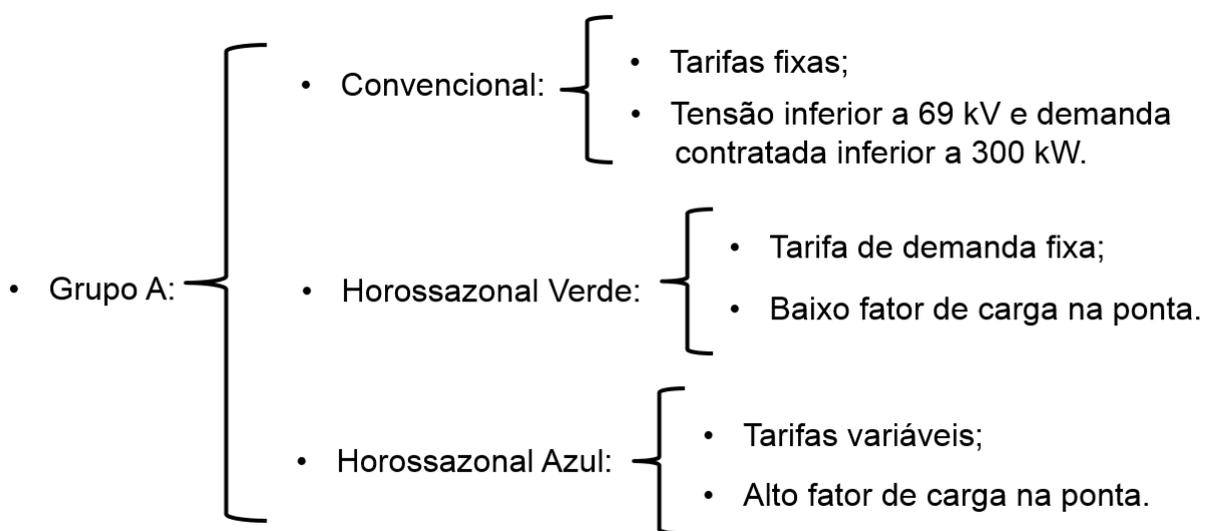
- Meses chuvosos ou meses de cheia: Período de cinco meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte.
- Meses secos ou meses de baixa: Período de sete meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro.

É importante saber a demanda da instalação durante as diversas faixas de operação, porém o horário de ponta é a faixa de operação de maior importância para esse estudo, por ser significativamente a mais cara, é durante a qual o funcionamento do gerador a ser implementado é mais desejável para o cliente.

2.2.2 Estrutura tarifária

Existem três tipos de tarifas dentro do grupo A, que são chamados de bandeiras tarifárias. Essas bandeiras são separadas pelo modo de tarifação de consumo e de demanda. Essa classificação, definida da forma mais adequada e conveniente para o cliente, também é essencial para maximizar a economia desejada na conta de energia do hospital.

Bandeiras Tarifárias No Grupo A:



- Convencional: É caracterizada pela aplicação de tarifas independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano, e aplicada aos consumidores atendidos em tensão inferior a 69 kV com demanda contratada inferior a 300 kW e que não tenham optado pela tarifa horossazonal (COPEL, 2015).

O segundo é chamado horossazonal, pois divide-se em hora do dia e mês do ano, divide-se em:

- Horossazonal azul: destinada a consumidores que têm alto fator de carga no horário de ponta, com capacidade de modulação de carga neste horário. A tarifa azul é composta por tarifas diferenciadas, de acordo com as horas de utilização do dia. Composta de: demanda na ponta, demanda fora da ponta, consumo na ponta, consumo fora da ponta. A tarifa azul está disponível a todos os consumidores ligados em alta-tensão (COPEL, 2015).

- Horo-sazonal verde: destinada aos consumidores com baixo fator de carga no horário de ponta, com capacidade limitada de modulação neste mesmo horário. Essa é composta por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica, de acordo com as horas de utilização do dia e por uma única tarifa de demanda de potência em qualquer horário de utilização e composta de: demanda na ponta e fora, consumo na ponta, consumo fora da ponta (COPEL, 2015).

A demanda é dividida em (COPEL, 2015):

- a) Demanda contratada: demanda de potência ativa a ser obrigatória e continuamente disponibilizada pela concessionária, no ponto de entrega, conforme valor e período de vigência fixados no contrato;
- b) Demanda de ultrapassagem: parcela da demanda medida que excede o valor da demanda contratada, expressa em quilowatt (kW);
- c) Demanda faturável: valor da demanda de potência ativa, identificado de acordo com os critérios estabelecidos e considerado para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatt (kW);
- d) Demanda medida: maior demanda de potência ativa, verificada por medição, integralizada no intervalo de 15 min (quinze minutos) durante o período de faturamento, expressa em quilowatt (kW).

Com essas informações, propõe-se também realizar um estudo a partir dos dados provenientes das faturas de energia elétrica do hospital, para verificar que esse se encontra de fato no perfil de cliente mais adequado dentro da estrutura tarifária da COPEL.

Pode-se realizar essa mesma análise com o gerador implementado, para que a mudança no perfil de consumidor provocada pela inserção do gerador, se for de fato financeiramente e tecnicamente viável, seja tomada em conta, para que a classificação de consumidor do hospital seja a mais adequada.

3 GERADOR ELÉTRICO

3.1 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DO GERADOR

Segundo Fitzgerald (2006) o gerador elétrico “é um aparelho que converte um determinado tipo de energia em energia elétrica”. Dentre as diversas possibilidades este trabalho trará uma breve descrição da conversão de energia mecânica em elétrica.

A conversão eletromecânica utiliza como meio o campo elétrico e magnético do aparelho de conversão. E a ocorrência desta conversão eletromagnética ocorre devido as variações do fluxo magnético em função dos movimentos mecânicos. Na maioria das máquinas rotativas o fluxo magnético é gerado por decorrência da variação mecânica, ou também quando o campo magnético gira mecanicamente nas proximidades dos enrolamentos. E, desse modo, no tempo, o fluxo gerado é concatenado de uma maneira cíclica em uma determinada bobina, e assim a tensão variável é gerada.

Por mais que diversos aparelhos funcionem de forma similar, existem uma série de categorias nas quais são classificados. Fazendo uma descrição das máquinas CA tradicionais há duas categorias: síncronas e de indução. Nas máquinas síncronas, por meio dos contatos deslizantes fixados na parte estacionária do motor são fornecidas as correntes de excitação do enrolamento. E nas de indução as correntes são induzidas nos enrolamentos do rotor geradas por meio da combinação de correntes no estator e da movimentação do rotor com relação ao estator.

3.2 PRINCIPAIS COMPONENTES DO GERADOR SÍNCRONO

3.2.1 Rotor (campo)

O rotor é o componente girante da máquina, o qual é constituído por uma série de lâminas dentro de um material ferromagnético envolto por um ou mais enrolamentos de cobre conhecido normalmente como enrolamento de campo (CPDEE, 2012). Este é alimentado através dos anéis coletores e escovas de contato com uma tensão contínua e tem como função gerar um campo magnético constante, tendo como principal objetivo excitar os campos do enrolamento do estator (componente que será explicado na sequência). Existem dois tipos de rotores: pólos lisos e salientes, tendo cada um sua aplicação mais adequada, sendo equipamentos diferentes, porém com o mesmo modo de funcionamento. As suas diferenças físicas podem ser observadas com mais facilidade nas Figuras 2 e 3.

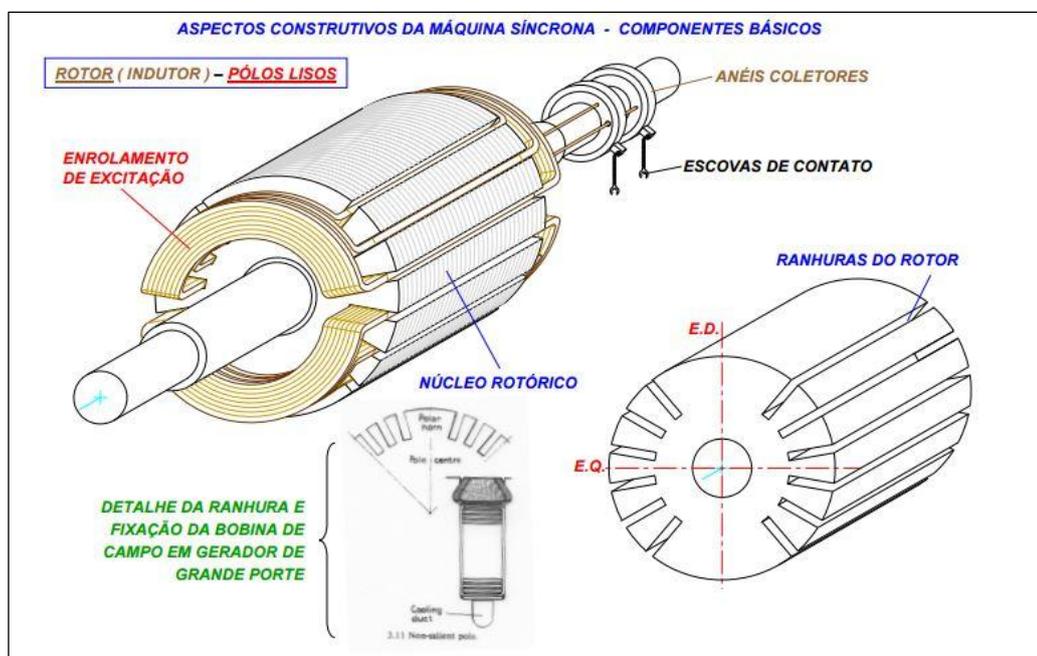


Figura 2 - Componentes das máquinas síncronas: Rotor com pólos lisos
Fonte: MÁQUINAS SÍNCRONAS, 2014.

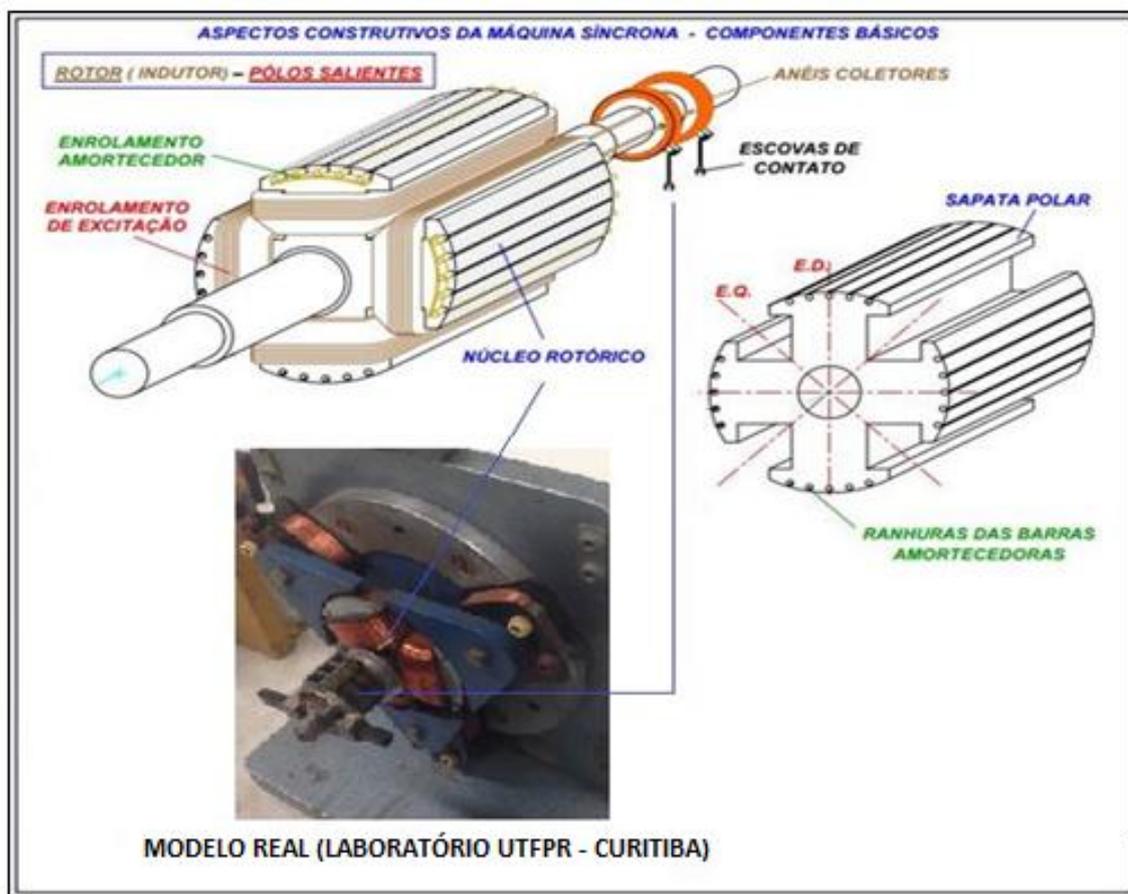


Figura 3 - Componentes das máquinas síncronas: Rotor com pólos salientes
 Fonte: MÁQUINAS SÍNCRONAS, 2014.

3.2.2 Estator (armadura)

O estator é o componente axial estacionário da máquina montado de tal modo a envolver o rotor. Também é constituído por uma série de laminas de material ferromagnético, envolto por enrolamentos que são distribuídos pela sua circunferência, posicionados em suas ranhuras. No caso dos geradores, é nestes enrolamentos onde a tensão trifásica alternada é gerada, sendo também conhecidos como enrolamentos de armadura (CPDEE, 2012). Vale ressaltar que o fato da composição destes componentes serem através de uma série de lâminas, tem como objetivo minimizar correntes parasitas (correntes de Foucault).

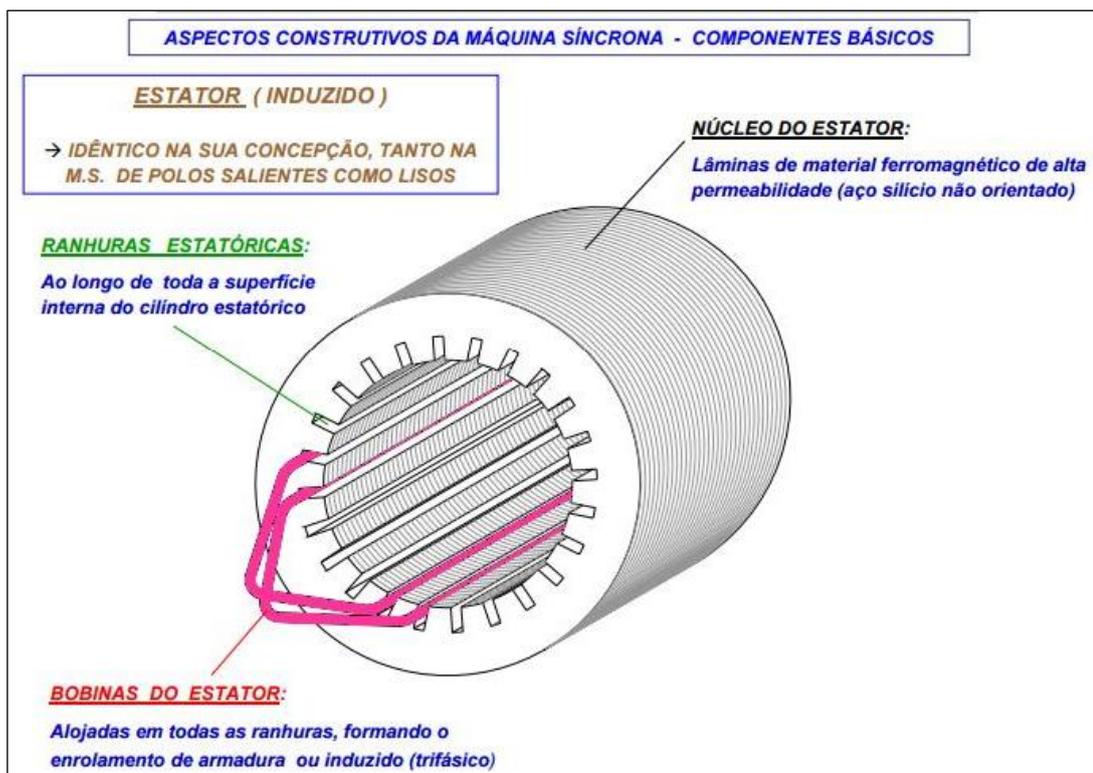


Figura 4 - Componentes das máquinas síncronas: Estator
Fonte: MÁQUINAS SÍNCRONAS, 2014.

3.2.3 Conjunto de escovas e anéis

Anéis coletores, ou deslizantes, para Chapman (2013), “são componentes metálicos que envolvem completamente o eixo, porém estão isolados em relação a este, tendo como função alimentar com tensão contínua os pólos do rotor”. Esta alimentação é realizada por meio das escovas estacionárias que são pequenos blocos condutores de carbono. Uma questão pertinente a ser levantada é o alto nível de desgaste destas escovas que acabam ocasionando faíscas e interferências eletromagnéticas.



**Figura 5 - Componentes das máquinas síncronas:
Conjunto de escovas e anéis**
Fonte: MÁQUINAS SÍNCRONAS, 2014.

3.2.4 Enrolamentos dos geradores síncronos

Nos geradores síncronos, segundo Chapman (2013), existem dois tipos principais de enrolamento: enrolamento de armadura e de campo.

O enrolamento de armadura é o grupo de bobinas onde é gerada a tensão alternada. Em máquinas CA normalmente estes são localizados na parte estacionária do gerador conhecida como estator; devido a isto sendo também conhecido como enrolamentos de estator.

O enrolamento de campo de uma máquina síncrona é comumente localizado no rotor e neste é injetado uma corrente contínua por meio das escovas estacionárias de carvão que estão em contato direto com os anéis coletores.

3.3 CARACTERÍSTICAS E ESPECIFICAÇÕES DOS GERADORES

3.3.1 Velocidade de rotação de um gerador síncrono

Os geradores síncronos tem esta denominação devido ao fato de sua velocidade mecânica de rotação ser diretamente ligada à frequência (CHAPMAN, 2013). Sendo o rotor uma espécie de eletroímã onde é injetada uma corrente contínua, o seu movimento de rotação passa a ser controlado pelo campo estático

imposto de acordo com a variação do tempo. A sua taxa de rotação dos campos magnéticos é ligada a frequência elétrica do estator de acordo com a equação (1).

$$f_{se} = \frac{n_m \cdot P}{120} \quad (1)$$

f_{se} = frequência elétrica, em Hz;

n_m = velocidade mecânica do campo magnético, em rpm (igual à velocidade do rotor nas máquinas síncronas);

P = número de pólos.

120 = ângulo de disposição das bobinas.

Considerando que o rotor gira com a velocidade igual ao campo magnético esta equação representa a velocidade de rotação do rotor corelacionada com a frequência elétrica resultante.

3.3.2 Tensão interna gerada um gerador síncrono

Chapman (2013) também destaca que o valor da tensão induzida em uma determinada fase é encontrado a partir da seguinte fórmula.

$$E_A = \sqrt{2} \cdot N_c \cdot \phi \cdot f \quad (2)$$

E esta depende da frequência f ou da velocidade de rotação N_c , do fluxo ϕ da máquina. Sendo que esta equação pode ser simplificada quando alguns problemas em específico das maquinas síncronas são resolvidos, deste modo chegando a seguinte expressão:

$$E_A = K \cdot \phi \cdot \omega \quad (2.1)$$

ω = velocidade angular (podendo ser expressa em radianos elétricos ou mecânicos por segundo);

K = constantes dos aspectos construtivos (varia de acordo com a unidade adota em ω);

- K quando ω se encontra em radianos mecânicos

$$K = \frac{N_c}{\sqrt{2}} \quad (2.2)$$

- K quando ω se encontra em radianos Elétricos

$$K = \frac{N_c \cdot P}{\sqrt{2}} \quad (2.3)$$

Portanto, tem-se uma tensão gerada E_A que é diretamente proporcional ao fluxo e também a velocidade. E um fluxo que depende diretamente da corrente que é inserida no rotor.

3.3.3 Circuito equivalente trifásico do gerador síncrono

A tensão E_A é a tensão gerada na fase dos geradores, porém esta tensão não é encontrada nos terminais de fato devido as perdas construtivas. A tensão de saída V_ϕ não é igual a tensão gerada E_A e isto se deve a uma série de fatores (CHAPMAN, 2013).

- A distorção do campo magnético no ferro, causada pela corrente que flui no estator, denominada reação de armadura;
- A autoindutância das bobinas da armadura;
- A resistência das bobinas da armadura;
- O efeito do formato dos pólos salientes do rotor.

3.3.3.1 Circuito equivalente trifásico do gerador síncrono de pólos lisos

Esses fatores permitem que sejam criados modelos equivalentes para os geradores síncronos de pólos lisos que podem ser visualizados abaixo nas Figuras 6, 7 e 8. As equações que representam os circuitos equivalentes são as seguintes.

$$V_\phi = E_A + jX_s I_A + R_A I_A \quad (3)$$

$$E_A = V_\phi - jX_s I_A - R_A I_A \quad (3.1)$$

Os circuitos equivalentes de um motor síncrono trifásico de pólos lisos:

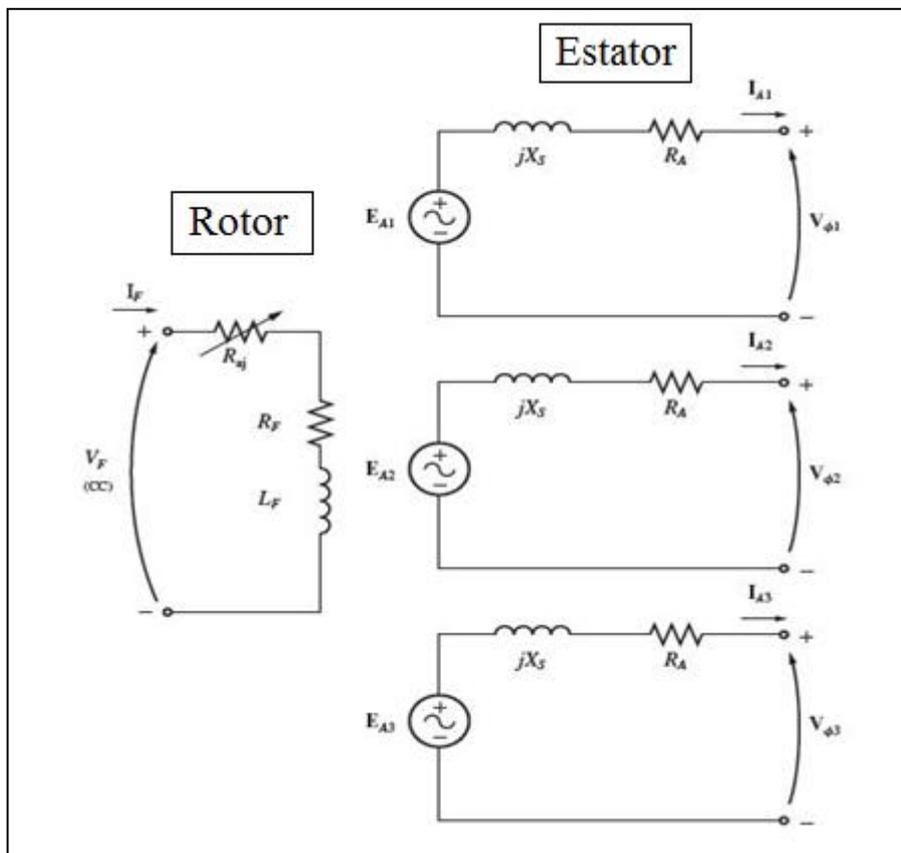


Figura 6 - O circuito equivalente completo de um gerador síncrono trifásico com pólos lisos
Fonte: CHAPMAN, 2013.

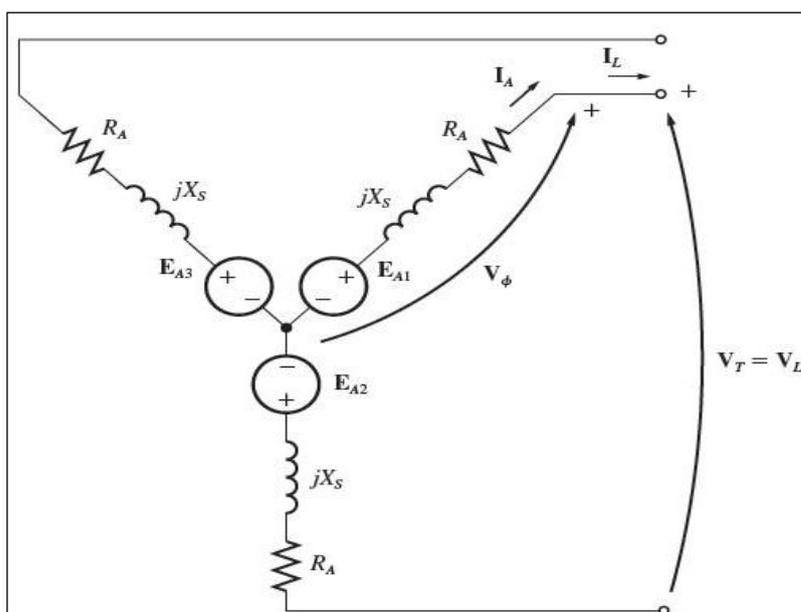


Figura 7 - O circuito equivalente do estator em estrela de um gerador síncrono trifásico com pólos lisos
Fonte: CHAPMAN, 2013.

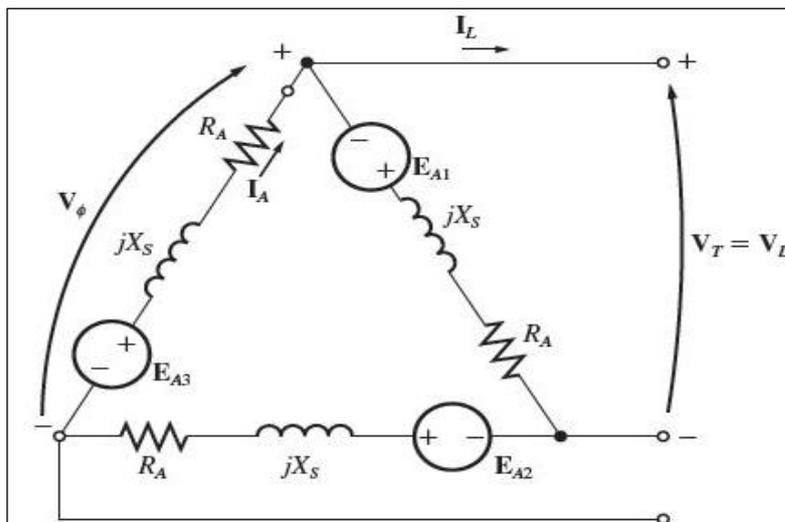


Figura 8 - O circuito equivalente do estator em delta de um gerador síncrono trifásico de pólos lisos
 Fonte: CHAPMAN, 2013.

3.3.3.2 Circuito equivalente trifásico do gerador síncrono de pólos salientes

No caso da nossa aplicação prática foi utilizado um gerador síncrono de pólos salientes. E neste, segundo Fitzgerald (2006), além dos fatores de interferência já mencionados no decorrer do trabalho existem outros fatores a serem considerados. Isso se deve porque nas máquinas com os pólos salientes não há um entreferro uniforme como pode ser visualizado na Figura 9.



Figura 9 - Comparação entre geradores de pólos lisos e salientes
 Fonte: Autoria Própria.

Deste modo, Fitzgerald (2006) destaca que devido às protuberâncias dos pólos, há pontos onde é preferencial a magnetização, conhecidos como eixos diretos ao rotor. E nesses, a intensidade da magnetização é significativamente maior ao existente ao longo do eixo interpolar, conhecidos como eixos de quadraturas. Deste modo deve-se analisar o fluxo de quadratura Φ_q e fluxo de eixo direto Φ_d .

E essas análises permitem verificar que para cada componente da corrente haverá uma queda de tensão X_d e X_q . E estas tem em suas componentes somadas a reatância de dispersão da armadura X_{al} :

$$X_d = X_{al} + X_{\phi d} \quad (4)$$

$$X_q = X_{al} + X_{\phi q} \quad (4.1)$$

E a partir dessas é possível que sejam criados modelos equivalentes para os geradores síncronos de pólos salientes que podem ser visualizados abaixo, nas Figuras 10, 11 e 12. As equações que representam os circuitos equivalentes mostradas abaixo são as seguintes.

$$V_\phi = E_A + jX_d I_d + jX_q I_q + R_A I_A \quad (5)$$

$$E_A = V_\phi - jX_d I_d - jX_q I_q - R_A I_A \quad (5.1)$$

O circuito equivalente de um motor síncrono trifásico de pólos salientes:

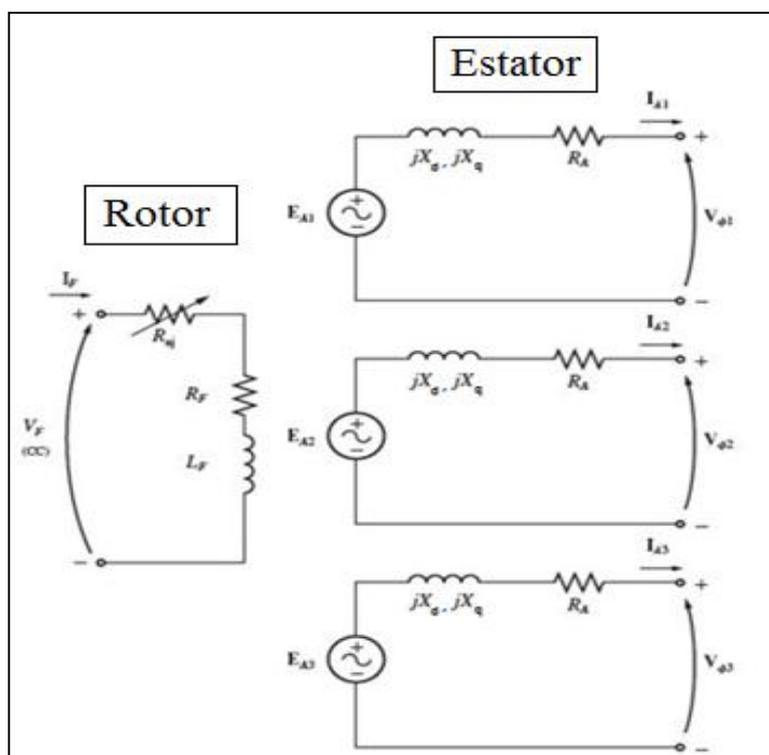


Figura 10 - O circuito equivalente completo de um motor síncrono trifásico de pólos salientes

Fonte: CHAPMAN, 2013.

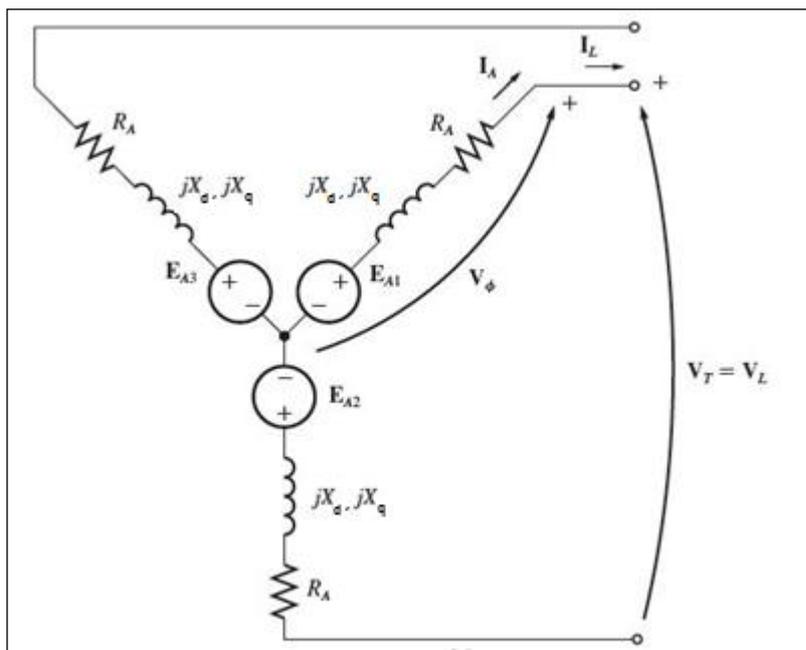


Figura 11 - O circuito equivalente do estator em estrela de um motor síncrono trifásico de pólos salientes
 Fonte: CHAPMAN, 2013.

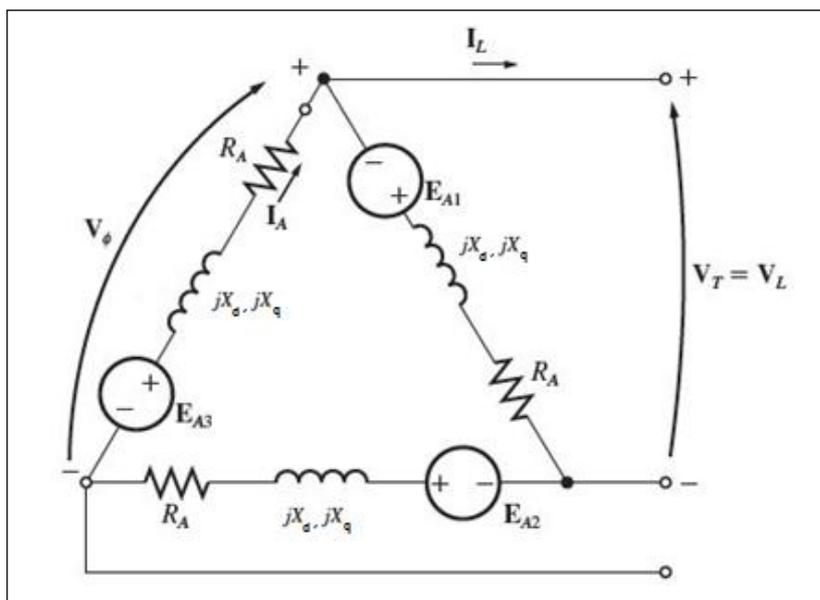


Figura 12 - O circuito equivalente do estator em delta de um gerador síncrono trifásico de pólos salientes
 Fonte: CHAPMAN, 2013.

3.4 COMPORTAMENTO DO GERADOR A VAZIO E EM CURTO

As características das máquinas síncronas podem ser determinadas por meio de uma série de ensaios utilizando-se dois modos de ligação: o primeiro utilizando os terminais da armadura a vazio (circuito aberto), e o segundo, com os terminais ligados em curto circuito (FITZGERALD, 2006). A seguir, estes dois ensaios e suas diferenças serão citados.

3.4.1 Características de um gerador a vazio

As curvas de magnetização de uma máquina CC (características de circuito a vazio ou aberto) é conhecido como curva de saturação de circuito aberto. Nesta curva tem-se a tensão no terminal da armadura em volt, ou por unidade em função da excitação de campo. Neste ensaio normalmente a tensão escolhida é a tensão nominal da máquina.

No momento onde o enrolamento do campo é única fonte de FMM, as características representadas são a relação entre a componente espacial de fluxo de entreferro e a FMM que atua no circuito magnético (FITZGERALD, 2006). Na Figura 13, mostrada na sequência, os efeitos de saturação magnética poderão ser visualizados com mais facilidade.

Verificando deste modo que, com o aumento das correntes de campo a curva características a vazio - CAV, começa a inclinar-se para baixo levemente a medida que a saturação magnética do material começa a produzir uma relutância nos caminhos de fluxo da máquina. E logo a efetividade da corrente de campo é reduzida.

A extensão da variação de tensão para valores mais elevados que se comporta linearmente é conhecida como linha de entreferro representando o funcionamento da máquina não saturada. A diferença existente entre esta curva e real geram a medida do grau de saturação da máquina.

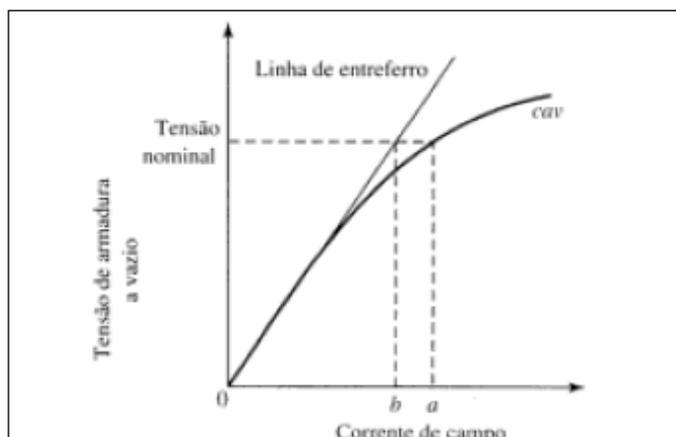


Figura 13 - Características a vazio de uma máquina síncrona
Fonte: CHAPMAN, 2013.

3.4.2 Características de um gerador em curto circuito

As curvas características em curto circuito podem ser obtidas através do ensaio adequado do circuito trifásico em curto. Fitzgerald (2006) explica que através da máquina acionada com a velocidade síncrona, a sua corrente de campo conforme é aumentada tem-se um gráfico da corrente de armadura em função da corrente de campo. Esta relação é conhecida como característica de curto circuito CCC. Neste ensaio nota-se o aumento linear entre o aumento da excitação do campo com a tensão de armadura a vazio. A comparação entre este ensaio e o anteriormente mencionado pode ser verificado na Figura 14.

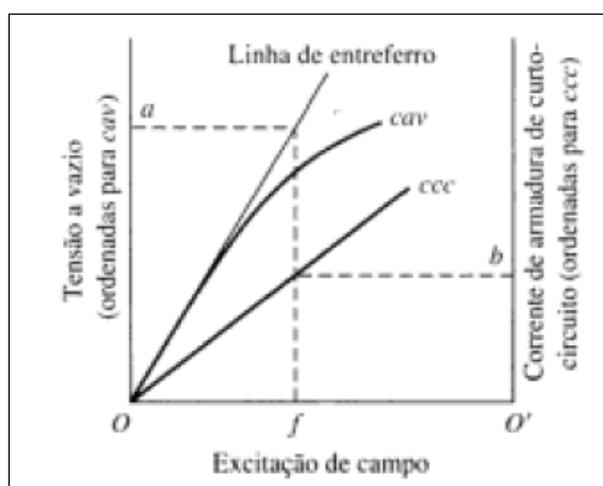


Figura 14 - Características a vazio e de curto circuito em uma máquina síncrona
Fonte: CHAPMAN, 2013.

3.5 GRUPOS GERADORES A DIESEL

Trata-se, segundo WEG (2013), de uma máquina térmica, pois transforma a energia térmica em energia mecânica utilizando o princípio de funcionamento de motores a combustão igualmente ao sistema dos motores de automóveis. Estas máquinas térmicas à pistão são também conhecidas como motores a combustão interna, onde a obtenção de trabalho ocorre devido a liberação da energia química do combustível. O grupo gerador à diesel pode ser visualizado na Figura 15, onde o motor à diesel está acoplado com o alternador, máquina síncrona geradora. Verificando que esta potência é transmitida ao meio externo através da árvore e os sistemas de refrigeração e a saída dos produtos da combustão.

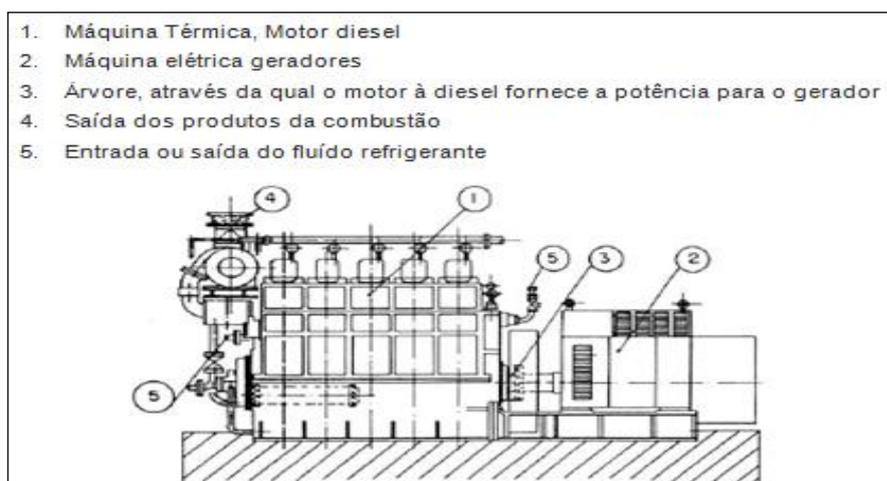


Figura 15 - Grupo gerador a diesel
Fonte: WEG, 2013.

3.5.1 Motores a pistão de combustão

Os motores a pistão de combustão interna podem ser classificados de acordo com uma série de critérios, e estas classificações merecem destaque (WEG, 2013).

- Propriedades do gás na fase de compressão: Motores Otto e Motores Diesel;
- Ciclo de trabalho: Motores de 2 e 4 tempos;
- Movimento do pistão: Motores a pistão rotativos ou alternativos;
- Número de cilindros.

Porém, dentre todas estas classificações, os mais utilizados na aplicação estudada são os motores à diesel. Este diferentemente do Otto, onde a mistura entre o comburentes e o combustível ocorre no carburador e então injetada no cilindro, nos motores à diesel o seu funcionamento é dividido em 4 tempos. Inicialmente, no primeiro tempo, o ar é **admitido**, no segundo tempo, o ar é **comprimido** e o combustível é injetado, no terceiro tempo, o combustível inflamado **impulsiona** o embolo para baixo, e no quarto tempo, a válvula de escape abre e o embolo em sua subida, **expelle** do cilindro os produtos da combustão.

3.5.2 Regulação da velocidade dos grupos geradores

Os grupos geradores a diesel têm sua velocidade regulada pela injeção de combustível e pela carga ligada à árvore, sendo fundamental o controle da frequência gerada para que o grupo possa alcançar a eficiência de transição de cargas e seja constante em 60 Hz ou 50 Hz. Para o controle de velocidade dos motores existem duas possibilidades os reguladores mecânicos que, segundo Basler (1996), não oferecem precisão em caso de cargas súbitas, porém, novas tecnologias podem minimizar tais instabilidades como os reguladores eletrônicos de velocidade, atuadores eletromagnéticos, galerias de óleo combustível altamente pressurizado e bicos injetores de alta pressão controlados eletronicamente. O regulador eletrônico de rotação é composto essencialmente por quatro partes, regulador de velocidade, citado acima, e outros três componentes: potenciômetro de ajuste fino de frequência, sensor magnético e atuador (AMBAC, 1999).

3.5.3 Sensor magnético

É um dispositivo eletromagnético instalado na carcaça do volante, próximo à cremalheira. Tem como objetivo permitir o controle de velocidade do grupo gerador, de acordo com a passagem dos dentes da cremalheira que passam em sua frente, pois a cada passagem uma corrente alternada é induzida numa frequência de 1 Hz

por dente. O Valor que é enviado pelo sensor varia entre 0.5 e 40 V_{RMS} (TUROTEST, 2004).

3.5.4 Atuador ou governador

É um componente eletromagnético que tem como principal função fazer o controle do fluxo do combustível interno e externo da bomba injetora. Com relação a alimentação, esta é comumente realizada com tensão contínua. Este controle é realizado por meio do deslocamento do êmbolo interno através da variação de corrente contínua oferecida pelo regulador eletrônico de rotação (AMBAC, 1999).

3.5.4 Matriz de controle

Para realização do controle de todos estes componentes, é necessário a utilização de uma matriz de controle. Na figura 16 é possível verificar a relação entre os componentes em funcionamento. Esta fará as leituras das variáveis continuamente e exercerá o controle de parâmetros para todos os modos de funcionamento do grupo gerador a diesel.

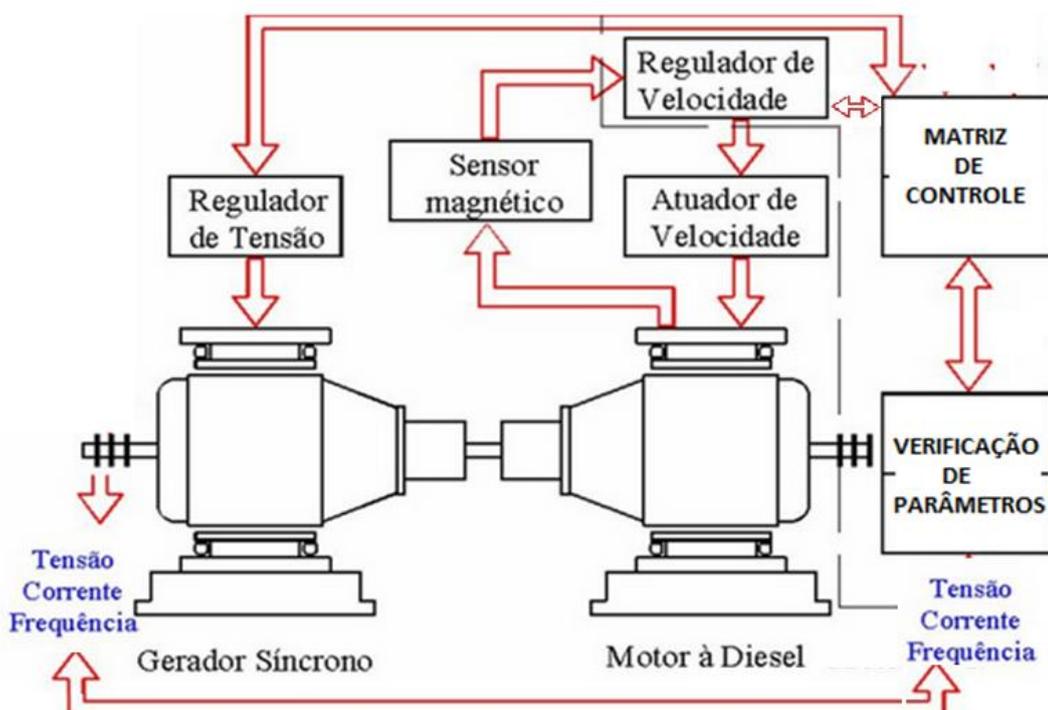


Figura 16 - Configuração dos Grupos Geradores à Diesel
Fonte: Autoria Própria.

3.6 OPERAÇÃO EM PARALELO DE GERADORES

Uma das funções mais importantes é a conexão em paralelo com a rede pública de energia. Pode haver um fornecimento simultâneo de energia, onde o gerador assume a função de alimentar apenas parte da carga total de uma instalação, e o resto ainda é normalmente alimentado pela rede pública. Nesse caso, a parte a ser alimentada pelo gerador é escolhida de acordo com algumas características como, fator de potência, demanda de energia, entre outras (INTERPOWER GERADORES, 2012).

Ainda há o caso onde o gerador assume toda a carga da instalação por algum período de tempo definido; isso depende da capacidade de geração da máquina, da demanda da instalação e do período definido para esse funcionamento (INTERPOWER GERADORES, 2012).

Existe, no entanto, a necessidade de uma chave seletora para que comute o fornecimento entre o gerador e a rede pública de forma instantânea e sem interrupções. Essa chave é chamada Chave de Transferência Automática (ATS) ou

de um sistema de transferência gradual de carga, sistema conhecido como transferência em rampa. O sistema de transferência depende da instalação e do porte da carga a ser transferida entre outras características (INTERPOWER..., 2012).

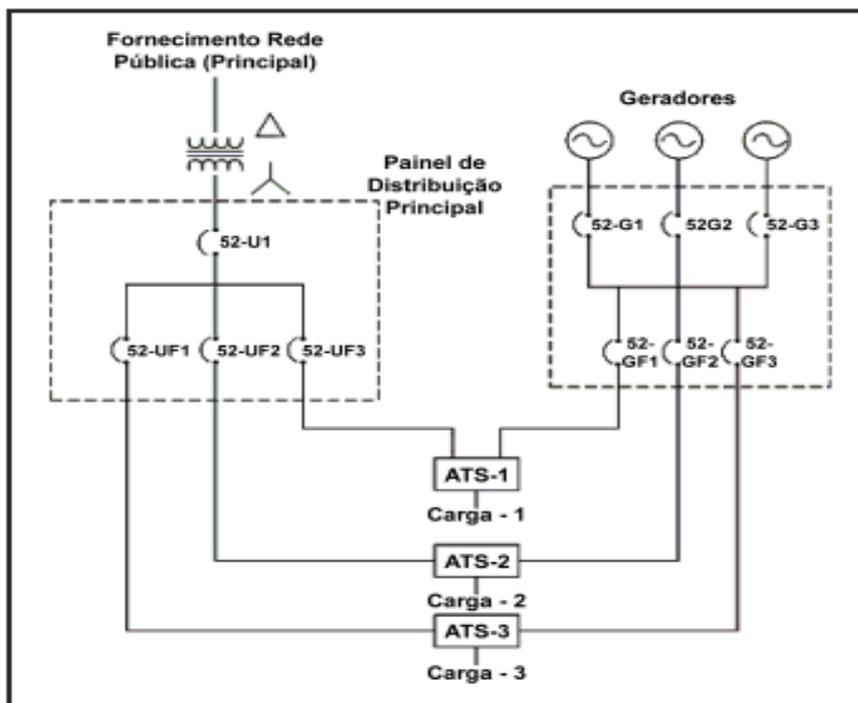


Figura 17 - Esquema elétrico simplificado de paralelismo suprindo uma carga trifásica
Fonte: INTERPOWER GERADORES, 2012.

Atualmente é comum a utilização de grupos de geradores com um sistema de controle mais sofisticado, o que permite adequar o fornecimento à cada instalação, mesmo àquelas de maior porte de forma segura e confiável (PEREIRA, 2009).

Essa tecnologia tornou-se mais difundida com o advento do controle eletrônico digital. Em 1996, a Embratel adquiriu uma *Unidade de supervisão de corrente alternada* eletrônica e disso resultou o equipamento padrão Telebrás. Esse padrão ainda envolve a nomenclatura de alguns equipamentos necessários ao funcionamento do paralelismo, tais como (PEREIRA, 2009):

- USCA: Unidade de supervisão de corrente alternada;
- QTM: Quadro de transferência manual;
- QTA: Quadro de transferência automática;
- QGD: Quadro geral de distribuição;
- QDCA: Quadro de distribuição de corrente alternada.

3.6.1 Regime de paralelismo momentâneo

O regime momentâneo é aquele onde o gerador funciona apenas por certo período de tempo. Nesse caso, há a necessidade de transferência de carga entre o gerador e a rede distribuidora nos dois sentidos. Esse método é geralmente aplicado visando à compra de uma energia mais barata, no caso no horário de ponta principalmente, e fora do horário de ponta, o gerador devolve essa carga integralmente para a rede pública de energia. Nesse caso, geralmente é utilizado o modo de transferência em rampa, isto é que acontece de forma gradual. Essa seria a aplicação cuja viabilidade foi abordada nesse estudo (PEREIRA, 2009).

A rampa de transferência pode ser programável tanto na tomada quanto na retirada de carga. Essa rampa exige condições de funcionamento nominais, tanto do gerador quanto da rede pública. Um sistema de controle e monitoramento é necessário para esse processo, para verifica o nível de energia circulante e adequar o combustível do gerador (PEREIRA, 2009).

No caso de um gerador que funciona no horário de ponta, tem-se uma curva de potência conforme o gráfico mostrado na Figura 18.

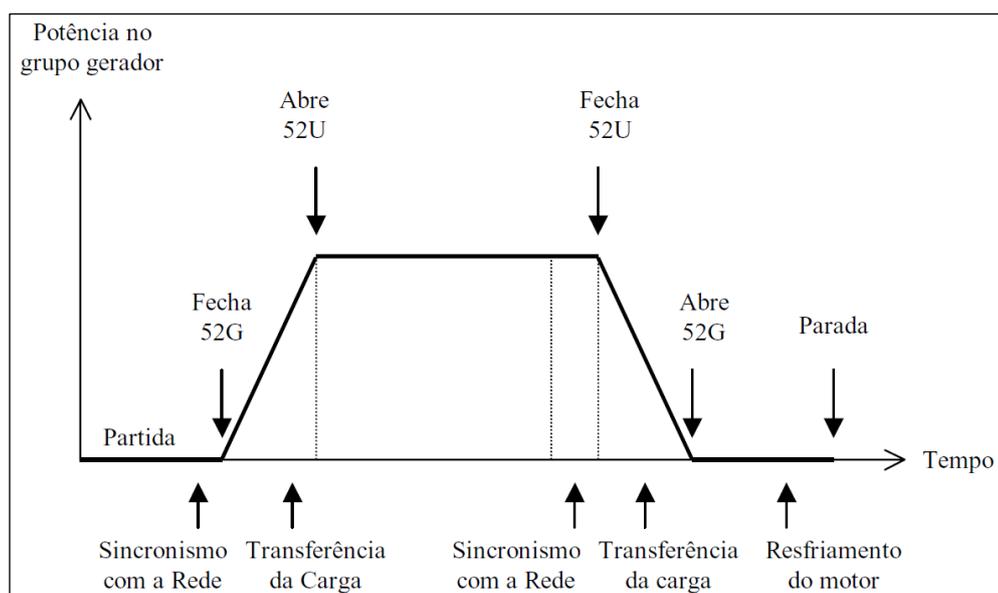


Figura 18 - Gráfico de potência no grupo gerador para funcionamento durante horário de ponta
Fonte: PEREIRA, 2009.

É possível notar que a transferência de carga para o gerador se inicia com o fechamento de uma chave seletora chamada 52G, que é um seletor trifásico que conecta o gerador à carga que será alimentada, e está completo no momento em que outra chave chamada 52U se abre, essa também é uma chave seletora trifásica, que conecta o paralelismo entre a tensão gerada pelo equipamento e a rede pública da COPEL, esse seletor é diretamente monitorada pelo relé de sincronismo (ALVES, 2014).

Para esse tipo de geradores, é necessária uma manutenção periódica durante o período de não funcionamento, para aumentar o nível de confiabilidade e a vida útil da máquina.

3.6.2 Regime de paralelismo permanente ou contínuo

Nesse tipo de regime, o gerador alimenta parte da carga de uma instalação durante todo o seu período de funcionamento, após a sincronização das grandezas elétricas do gerador com as da rede, o disjuntor de paralelismo permanece fechado até que haja um comando de desligamento, o que não deve gerar interrupções na alimentação das cargas da instalação. Não há transferência automática de carga entre o gerador e a rede (AES, 2011).

Por questões operativas e de segurança de operação, chaves tripolares telecomandadas são exigidas para realizar o acoplamento e desacoplamento do gerador com a rede, além de relés indiretos no disjuntor geral de entrada para a seletividade adequada (AES, 2011).

Nesse tipo de paralelismo, onde tem-se linha dupla de entrada, pode haver a proteção de 67/67N, onde 67 é um relé de sobrecorrente direcional em CA: relé que opera somente quando a corrente alternada flui em uma determinada direção, com valor maior do que o seu pré-ajustado. Ele não produz diretamente o disparo, mas apenas monitora a operação de outros relés e 67N é relé de sobrecorrente direcional de neutro (residual) (primário) enxergando a linha de forma que uma linha não retro-alimente o curto-circuito da outra linha (MARDEGAN, 2010).

Essa proteção é diferente do caso de uma instalação industrial que seja suprida exclusivamente pela rede padrão que é de 50/51 para a fase e 50/51N para

neutro, onde 50 é relé de sobrecorrente instantâneo de fase. Ele opera instantaneamente se a corrente de curto-circuito decorrente de um defeito no sistema elétrico ou no equipamento, ultrapassar um valor pré-ajustado, já o 50N é relé de sobrecorrente instantâneo de neutro (MARDEGAN, 2010).

3.6.3 Normas de geração em paralelo

No caso específico de um hospital, já é obrigatória a implementação de um gerador de emergência para UTIs e outros equipamentos médicos de funcionamento contínuo. O que se busca definir com esse estudo, é uma forma de substituir esse gerador ou aumentar sua potência para que ele não mais atenda apenas cargas específicas em caso de emergência, mas para que atenda boa parte da instalação durante o horário de ponta.

A legislação em relação ao paralelismo de geradores com a rede varia dependendo da concessionária local. Por isso, antes de realizar um estudo da viabilidade da implementação de um gerador a diesel em uma instalação é necessário realizar uma consulta na concessionária.

Para a implementação em um hospital na região de Curitiba, foi necessário consultar as normas da COPEL (2011) que tratam de paralelismo. Os principais tópicos dessa normatização da COPEL que podem ser destacados são semelhantes aos princípios básicos da ELETROPAULO.

Destaca-se que, disjuntores, chaves magnéticas e qualquer outro aparelho de manobra que possa permitir o paralelismo sem supervisão do relé de sincronismo, devem possuir intertravamentos mecânicos ou eletromecânicos, que bloqueiem o fechamento do sincronismo por esses equipamentos (COPEL, 2011).

Os transformadores de potência do sistema de geração própria devem ser ligados conforme a Tabela 2:

Tabela 2 - Transformadores de potência do sistema de geração própria

Tensão atendimento	Enrolamento primário -Copel	Enrolamento secundário - Gerador
13,8 kV	Triângulo	Estrela – neutro aterrado
34,5 kV	Estrela – neutro isolado	Estrela – neutro aterrado
	Estrela – neutro aterrado	Estrela – neutro aterrado

Fonte: COPEL, 2011.

Ainda é importante ressaltar que é de responsabilidade do consumidor a instalação e a manutenção dos seus equipamentos e os relatórios das manutenções devem ser disponibilizados à COPEL. No caso de paralelismo momentâneo, a conexão do sistema de geração própria da unidade consumidora ao sistema da COPEL será efetuada pelo disjuntor e/ou contator de interligação (COPEL, 2011).

Outras concessionárias também mantêm uma legislação semelhante. A ELETROPAULO, por exemplo, apesar de manter níveis de tensão e potência para a classificação de geradores diferentes, também exige que todos os consumidores comuniquem por escrito a intenção de implementar o paralelismo cuja aprovação está sujeita à análise. Além disso, há alguns requisitos técnicos a serem considerados. Como, obviamente, não será permitida a instalação do gerador se de alguma forma esse interferir na segurança e qualidade da energia da concessionária, seja na instalação em questão ou para demais consumidores, entre outros (AES, 2011).

3.7 METODOLOGIA DA ANÁLISE FINANCEIRA

O custo da compra e instalação do gerador a diesel é um investimento que o hospital fará, mas ao mesmo tempo pode gerar um gasto desnecessário de um valor que poderia estar sendo aplicado em outras áreas. Em situações como essa, é indispensável o estudo da viabilidade financeira, pois com ela é possível visualizar e prever as possibilidades de retorno do investimento, e assim saber se a utilização do gerador será financeiramente viável ou não.

Sendo assim, para realizar essa análise financeira, que envolve um montante de dinheiro que entrará ou sairá (fluxo de caixa) do hospital ao longo do ciclo de vida do gerador, serão considerados indicadores financeiros, tais como: valor presente líquido, taxa interna de retorno, *payback*, entre outros.

3.7.1 Valor presente líquido

O valor presente líquido (VPL) é uma fórmula frequentemente utilizada em análises de viabilidade de projetos. Com ele é possível calcular o valor presente de valores gastos ou recebidos no futuro, considerando uma taxa de juros. É necessário realizar esse cálculo pois o capital recebido no futuro vale menos do que o seu valor atual, isso devido a incerteza de receber esse valor ou não.

A taxa de juros, ou taxa de desconto, utilizada para o cálculo do VPL nesse trabalho foi a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), a qual foi representada pela média de títulos de investimento do mercado (Selic, Ibovespa, Poupança, etc) mais a inflação esperada para o ano. Então, o VPL foi calculado pela fórmula (MOTA, 2011):

$$VPL = \sum_{t=1}^x \frac{FC}{(1+i)^t} - I_0 \quad (6)$$

Onde:

VPL – Valor Presente Líquido;

FC – Fluxo de Caixa (Receitas - Despesas);

i – taxa de juros (TMA);

t (1:x) – período do projeto;

I_0 – Investimento inicial;

Quanto maior o VPL, mais lucrativo será a utilização do gerador a diesel para o hospital. A viabilidade da implementação foi decidida de seguinte maneira:

- VPL > 0 – significa que a economia gerada pelo gerador a diesel, e consequentemente o lucro para o hospital, supera o investimento inicial, sendo assim a implementação será viável;
- VPL = 0 – significa que a utilização do gerador é indiferente para o hospital, pois não irá gerar nem gastos nem lucros; contudo, do ponto de vista da rede elétrica ainda é viável, pois é uma carga a menos para fornecer energia durante as horas de pico;
- VPL < 0 – significa que o retorno gerado pela implementação do gerador será menor que o investimento inicial, sendo assim não será viável utilizar o gerador a diesel no hospital.

3.7.2 Taxa interna de retorno

A taxa Interna de retorno (TIR), em inglês chamada de IRR – *Internal Rate of Return*, tem o foco na variável taxa, enquanto o *payback* tem na variável tempo e o VPL no valor do fluxo de caixa em um período. O valor da TIR é obtido calculando a taxa de juros que tornaria nulo o VPL (RIBEIRO, 2010). Porém, não é possível isolar o i da equação (6). Por isso, o método de aproximações sucessivas, ou método numérico de tentativas e erros foi utilizado, ou seja, atribuir um valor para i e calcular o VPL: se VPL for um valor alto, escolher um valor maior para i , até que VPL seja zero. Logo:

- Se a TIR for maior do que a taxa mínima de atratividade, o projeto é viável.
- Se a TIR for igual a taxa de juros (TMA), o projeto é indiferente, pois a rentabilidade é nula.
- Se a TIR for menor do que a taxa de juros de mercado, o projeto é inviável.

3.7.3 Payback descontado

O *payback* é outro indicador frequentemente utilizado ao se realizar uma viabilidade financeira. Para Brigham et. al, (2001, p.425), “o período de *payback* descontado é definido como o número de anos necessário para recuperar o investimento dos fluxos líquidos de caixa descontados”. Ou seja, é o período de tempo necessário para se recuperar o investimento inicial, o momento no qual o fluxo de caixa (Receitas-Despesas) acumulado se torna maior que zero.

O *payback* descontado leva em consideração o fator tempo, ao contrário do *payback* simples, sendo necessário o cálculo do valor presente para valores futuros do fluxo de caixa, igualmente ao realizado no VPL. Então, utilizando o fator da equação (7) é possível calcular o valor presente de um único valor:

$$VP = \frac{FC}{(1 + i)^t} \quad (7)$$

Por exemplo, se o gerador trazer uma economia de R\$ 5.000,00 depois de um ano de uso, já descontadas as despesas, a uma taxa mínima de atratividade de 10% ao ano, o seu valor presente é:

$$VP = \frac{5000}{(1 + 0,1)^1} = R\$ 4.545,45 \quad (7.1)$$

Brigham et. al (2001, p.426) afirmam que um problema “tanto no método de *payback* comum quanto do descontado é que eles ignoram os fluxos de caixa que são pagos ou recebidos após o período de *payback*.”. Então, após esse período podem acontecer gastos não previstos na análise. Por isso o *payback* não é utilizado sozinho na viabilidade financeira, mas sim juntamente com os outros indicadores.

3.7.4 Retorno sobre investimento

O retorno sobre investimento (ROI, do inglês *Return On Investment*), indica o percentual de retorno sobre o investimento realizado. O cálculo do ROI é feito pela seguinte fórmula (INVESTOPEDIA, 2015):

$$ROI = \frac{\text{Retorno} - \text{Investimento}}{\text{Investimento}} \quad (8)$$

Entretanto, para levar em consideração o efeito dos juros no tempo, o cálculo do ROI deve trazer à valor presente todos os termos do fluxo de caixa. Para isso, ao invés da soma dos termos, foi preciso calcular o Valor Presente Líquido.

3.7.5 Custo de depreciação

A depreciação é a desvalorização que um bem sofre ao longo de sua vida útil, devido ao seu uso, sendo que, ao final desse tempo, é necessária a substituição do bem. A depreciação muitas vezes é também utilizada para criar uma reserva e saber quanto capital é preciso economizar para que ao final da vida útil do bem a troca seja realizada rapidamente (USP, 2014).

O custo de depreciação nada mais é do que a divisão do valor inicial do bem, no caso desse estudo um gerador, pela sua vida útil (meses, anos, etc). No caso de um gerador a vida útil dura em torno de 15000 h, mas esse tempo pode variar muito de acordo com a utilização, manutenção e cuidados com o equipamento.

3.7.6 Manutenção

Assim como outros bens, um gerador pode aumentar sua vida útil caso esteja com sua manutenção em dia. Para isso, utiliza-se a manutenção preventiva (antes de ocorrer algum defeito) a qual considera os seguintes pontos: condições mecânicas, enrolamentos, entre-ferro e rolamentos, rotor, armadura e cargas.

Porém, muitas vezes também é preciso realizar manutenções não programadas para que o equipamento volte a funcionar normalmente. Do ponto de vista financeiro, também é preciso levar em conta o valor gasto com manutenções durante os anos, para que o gerador opere da maneira desejada.

Para dar início a análise técnica e financeira da implantação do gerador, primeiro foi necessária uma análise de carga, baseado em dados históricos do perfil de carga do hospital, para se escolher o grupo de gerador mais adequado, e, assim, fazer um levantamento dos custos e gastos gerados com esse projeto. Esses assuntos serão discutidos na próxima seção.

4 DIMENSIONAMENTO DO GERADOR E DE CONDUTORES

Em qualquer instalação onde pretende-se substituir o fornecimento primário de energia da concessionária, busca-se fazê-lo de tal forma que o número de interrupções de fornecimento de energia deve ser o menor possível.

Por se tratar de um hospital, assim como visto na primeira parte desse trabalho, esse fato ganha ainda mais importância, já que a tolerância a falhas de fornecimento é muito pequena, para alguns setores do hospital.

Para que o grupo gerador atenda a esse critério exigido, e também às exigências de rendimento e eficiência que fazem do mesmo uma alternativa economicamente viável para o hospital, o equipamento tem que ser dimensionado da forma mais adequada. Ainda é necessário definir os condutores utilizados no circuito elétrico do gerador, o que também será examinado pela concessionária ao avaliar a implementação do projeto.

O dimensionamento deve ainda adequar-se ao funcionamento do equipamento durante o paralelismo momentâneo com a rede da COPEL. O que inclui a matriz de controle, um dispositivo de muita importância por realizar a regulação de velocidade durante a transferência em rampa, assim como por monitorar os valores de tensão gerados e acionar, caso necessário, o sistema automático de retorno ao fornecimento da COPEL.

Também são essenciais ao grupo gerador, os relés de proteção exigidos pela COPEL de acordo com a norma NTC 903100, que será vista com mais detalhes no próximo tópico, que garantem a segurança elétrica tanto da instalação quanto da própria rede da concessionária. Dentre esses, o mais importante é o relé de sincronismo que verifica as condições para a conexão em paralelo, esse faz a fiscalização do sistema de conexão, o que evita perturbações no momento em que o paralelismo é fechado. O grupo gerador estará em baixa tensão de acordo com a Figura 19.



Figura 19 - Esquema do Grupo Gerador em Baixa Tensão
Fonte: Autoria Própria.

Na Figura 19, nota-se o esquema de fornecimento primário da concessionária, em alta tensão, assim como o seu sistema de medição e proteção. Na mesma figura observa-se o transformador abaixador de tensão da instalação e então o grupo gerador instalado em baixa tensão. Isso se deve à proximidade entre a entrada da COPEL e a carga assim como entre o gerador e a carga, justificando a instalação pós-transformador permanecer em baixa tensão, não sendo necessário transmitir em alta tensão entre o gerador e a carga. Por fim, tem-se a representação da carga que pode alternar o fornecimento entre o gerador e a concessionária.

4.1 DIMENSIONAMENTO DA POTÊNCIA DO GRUPO GERADOR

O cálculo da potência mais adequada para o grupo gerador é simples, baseia-se em dados fornecidos pelo cliente e conhecidos a partir de uma análise do local de implementação do gerador. Esse cálculo também é importante para uma mais adequada utilização do gerador que, de forma segura, maximize a vida útil do equipamento, partindo do princípio que esse estaria alimentando a carga da instalação do hospital em sua totalidade, durante as três horas do horário de ponta de segunda-feira a sexta-feira.

Os dados são definidos da seguinte forma:

- Tensão de linha: Valor padrão para a tensão de linha adotado pela COPEL, quando em um sistema trifásico conectado em triângulo ou

delta. $V_L = 220 \text{ V}$;

- Corrente no secundário do transformador: Valor eficaz da corrente circulante nos enrolamentos secundários do transformador. $I_s = 641 \text{ A}$;
- Potência aparente do transformador $S = 500 \text{ kVA}$;
- Fator de potência padrão da carga adotado pela COPEL $FP = 0,92$;
- Fator de potência padrão do grupo gerador: $FP = 0,8$;
- Taxa de utilização do grupo gerador adotada pelo cliente: É uma taxa que dita a porcentagem máxima de utilização do grupo gerador que deve ser suficiente para alimentar a instalação. $T_U = 80\%$;
- Taxa de expansão do grupo gerador adotada pelo cliente: É uma taxa que mantém a possibilidade de uma futura expansão do hospital, o que obviamente, ocasionaria um aumento na carga total de sua instalação. $T_E = 130\%$.

Primeiramente, determina-se a potência ativa total da instalação a ser suprida pelo grupo gerador. Isso é feito pela fórmula (9).

$$P_{CARGA} = \sqrt{3} * V_L * I_s * FP \quad (9)$$

Substituindo os valores conhecidos, tem-se:

$$P_{CARGA} = \sqrt{3} * 220 * 641 * 0,92 = 224713,5 \text{ W} \approx 225 \text{ kW}$$

Conhecendo esse valor, pode-se calcular a potência ativa que deve ser gerada nos terminais de saída do gerador, utilizando o valor da taxa de utilização, através da fórmula (10).

$$P_{GERADOR} = \frac{P_{CARGA}}{80\%} \quad (10)$$

Substituindo os valores, tem-se:

$$P_{GERADOR} = \frac{225 * 10^3}{0,8} = 281,25 * 10^3 = 281,25 \text{ kW}$$

Essa seria a potência que deveria ser gerada para o caso de uma utilização de 100% do gerador, porém utilizando a taxa de expansão, calcula-se a reserva a ser estimada na capacidade de geração através da fórmula 11.

$$P'_{GERADOR} = P_{GERADOR} * T_E \quad (11)$$

Substituindo os valores, tem-se:

$$P'_{GERADOR} = 281,25 * 10^3 * 1,3 = 365,625 \text{ kW}$$

Para enfim obter a potência aparente gerada nos terminais de saída do grupo gerador, basta utilizar o valor conhecido do fator de potência do gerador, como visto na fórmula 12.

$$S_{GERADOR} = \frac{P'_{GERADOR}}{FP} \quad (12)$$

Substituindo os valores, tem-se:

$$S_{GERADOR} = \frac{365,625}{0,8} = 457,03125 \text{ kVA}$$

Para esse caso adota-se o valor comercial de 500 kVA para a potência aparente nominal do grupo gerador.

4.2 DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES

O dimensionamento dos condutores que serão utilizados na implementação do gerador é feito de acordo com a Tabela 3. Essa foi baseada na NBR 5410, norma que estabelece as condições mínimas necessárias para o perfeito funcionamento de uma instalação elétrica de baixa tensão garantindo assim a segurança de pessoas e a preservação dos bens, e é aplicada para instalação elétrica de edificações, residencial, comercial, público, industrial, de serviços, agropecuário, entre outros.

Tabela 3 - Dimensionamento de Condutores

Trecho	Instalação	gerador	P(W)	Tensão (V)	FP	I (A)	Queda	d(km)	V/A*km	Bitola (mm ²)	▲V%(trecho)
GMG 1-QTA1	Baixa Tensão	gerador 500kVA	400000	220	0,8	1312,2	0,020	0,020	0,3353	150	1,00
				127	0,8	2273,1	0,020	0,020	0,1117	150	1,00
GMG 2-QTA2		gerador 300kVA	300000	220	0,8	984,1	0,020	0,020	0,4471	95	1,00
				127	0,8	1704,8	0,020	0,020	0,149	95	1,00
GMG Único-QTA único	Média Tensão	gerador 800kVA	640000	13800	0,8	33,5	0,005	0,020	1,42	25	0,01

Fonte: COPEL, 2012.

Para o caso de um gerador com uma potência nominal selecionada, como visto anteriormente, de 500 kVA, funcionando em baixa tensão, assim como mostra a figura 19, com um valor de linha de 220 V, o condutor fase recomendado é o 4x150 mm² HEPR-90° (alta isolação de etileno propileno) e o neutro 2X150mm² HEPR-90°. Já o condutor de proteção deverá ser 1x95 mm² cobre nu. Esses valores de bitola são os mínimos definidos pela NBR 5410, que foi utilizada como critério de avaliação pela COPEL ao examinar a proposta da implementação do gerador.

A Tabela 3 também contém valores importantes para a análise do funcionamento do grupo gerador. Sendo que esses servem como indicadores da qualidade da instalação, equipamentos e materiais utilizados. Como a queda de tensão, por exemplo, que determina o valor máximo em volt da diferença de tensão entre os terminais de saída do gerador e os terminais de alimentação das diversas cargas.

Ainda deve-se atentar para a distância máxima entre o grupo gerador e as cargas, sendo essa de 0,020 km que limita a flexibilidade da localização do gerador, especialmente em prédios maiores, com a necessidade de condutores mais cumpridos.

Verificar a satisfação de cada um desses critérios não faz parte do escopo desse trabalho, porém sabe-se que deles também depende a aprovação da implementação desse sistema por parte da COPEL.

4.3 SISTEMA DE PROTEÇÃO

O sistema de proteção a ser utilizado tem o objetivo de garantir a mais segura possível implementação e utilização do grupo gerador, de modo que sua vida útil, assim como a da instalação como um todo, seja maximizada.

Assim como para um sistema de proteção padrão, os relés recebem alimentação dos transformadores de corrente (TC's) e transformador de potencial (TP's), e na lógica de proteção irão atuar nas condições de anomalia no disjuntor ou na entrada ou saída de outro relé.

O sistema conta com diversos relés de tipos e com aplicações diferentes. Primeiramente, o relé de sincronismo, que é basicamente um sincronoscópio, tem o

objetivo de comparar a magnitude, frequência e sequência de fases da tensão proveniente da rede pública com aquela gerada nos terminais do grupo gerador. Esse relé que fornece a permissão para a conexão do paralelismo e para a transferência de carga, seja em rampa ou instantânea.

Esse relé de sincronismo pretende reduzir perturbações na tensão fornecida às cargas da instalação, seja pela rede pública da concessionária ou pelo grupo gerador, porém essas perturbações ainda vão existir, mesmo que se espere que sejam em níveis insignificantes para causar sobre-tensões ou sub-tensões.

Um elemento de muita importância é a unidade de detecção de sobre-tensões e sub-tensões, como observa-se na Figura 20.

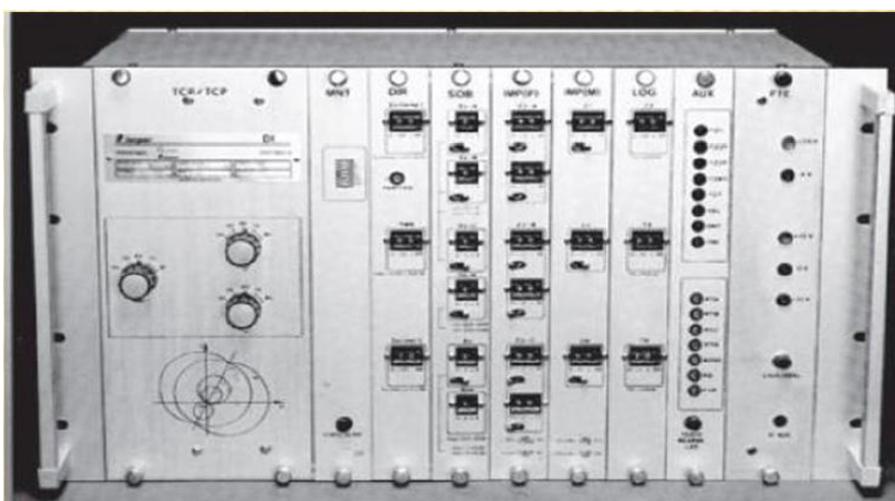


Figura 20 - Unidade Detectora de Sobre-Tensões e Sub-Tensões
Fonte: ALVES, 2014.

É uma parte integrante da matriz de comandos do controle do gerador. Tem o objetivo de garantir que a tensão gerada está dentro de uma faixa aceitável de valores, caso contrário, o sistema deve automaticamente transferir toda a carga novamente à rede da COPEL, o que será visto em mais detalhes em tópicos futuros. A falha detectada por essa unidade, isto é, uma tensão gerada fora da faixa de tolerância, é temporizada de acordo com a distância do valor detectado em relação a valores ideal.

O sistema de transferência é composto por duas importantes chaves de comutação, a 52G e a 52U. A chave 52G tem a função de conectar o grupo gerador às cargas a serem alimentadas, ela estaria logo nos terminais de saída do gerador após a unidade de detecção de sobre-tensões e sub-tensões.

Já a chave 52U, realiza o fechamento do paralelismo, necessário à transferência de carga, essa é a chave que deve ser fiscalizada pelo relé de sincronismo. Esse deve dar a segurança para a comutação da chave 52U, que não teria autonomia sobre uma situação fora da sincronia.

4.3.1 Normas de segurança

As normas de segurança, comentadas anteriormente, para os relés utilizados, assim como para toda a infraestrutura necessária ao sistema do grupo gerador, são essenciais à aprovação da COPEL, que utilizará, entre outras, a NTC 903100 como critério de exame.

Esta norma estabelece as condições gerais para o fornecimento de energia elétrica às instalações de unidades consumidoras atendidas em tensões nominais de 13,8 kV e 34,5 kV, através das redes primárias de distribuição aérea pela COPEL. É também importante saber que as recomendações contidas nesta norma não implicam em qualquer responsabilidade da COPEL com relação à qualidade de materiais, à proteção contra riscos e danos à propriedade, ou ainda, à segurança de terceiros.

A NTC 903100 está relacionada à NTC 903105, que é a norma mais especificamente referente à geração própria. Essa norma ainda estabelece que, deve haver um sistema automático e instantâneo para redundância de fornecimento, que defenda a instalação de faltas de energia no caso de um mau funcionamento do gerador. Da NTC 903105, destacam-se alguns tópicos mais importantes:

a) O sistema de geração própria deverá ser projetado de modo a não provocar qualquer problema técnico ou de segurança ao sistema da COPEL e/ou às outras unidades consumidoras;

b) A proteção dos equipamentos e sistema de geração própria da unidade consumidora é de responsabilidade do consumidor. Conseqüentemente, a COPEL não se responsabilizará por qualquer dano, de qualquer natureza, nas instalações da unidade consumidora;

c) A unidade consumidora poderá ter circuitos de emergência independentes dos circuitos da instalação normal, alimentados exclusivamente pelo gerador;

d) Disjuntores, chaves magnéticas e/ou qualquer outro equipamento de manobra que possa permitir o paralelismo sem supervisão do relé de sincronismo devem possuir intertravamentos mecânicos e/ou eletromecânicos e que bloqueiem o fechamento de paralelismo por esses equipamentos.

Sabendo que todos os itens devem ser satisfeitos, caso contrário o sistema não poderá de forma alguma ser implementado, deve haver um *checklist* ao final da elaboração do projeto para verificar que de fato, cada tópico seja atendido.

4.3.2 Automação para segurança

O sistema de automação necessário para que a norma seja atendida, e o sistema a ser implementado seja aprovado, é simples. Basicamente, se houver alguma falha ou defeito no fechamento do paralelismo, na transferência de carga programada, em rampa ou durante o fornecimento exclusivo do gerador, detectada através de uma leitura constante do valor da tensão gerada, deve haver uma transferência de carga instantânea de toda a carga para a COPEL.

Caso a tensão medida na saída do gerador extrapole a faixa de tolerância, a matriz de comandos do controlador deve mandar um sinal ao relé 52U para que esse execute um fechamento de paralelismo instantâneo, e outro sinal para executar a transferência instantânea de carga, após essa transferência deve abrir-se a chave 52G, desconectando o gerador da carga que, nesse ponto, já está sendo alimentada pela COPEL.

Se, num caso de emergência, o fornecimento da COPEL falhar, haverão *nobreaks* de emergência para atender cargas específicas, como equipamentos hospitalares necessários a vidas de pacientes, UTIs, aparelhos respiratórios, incubadoras, entre outras, assim como luzes de emergência, etc.

Caso o gerador falhe, a operação da instalação elétrica do hospital permanecerá totalmente funcional, não havendo nesse caso, uma situação de emergência. Já no caso de uma falha da COPEL, haverá uma situação de emergência onde somente as cargas realmente essenciais serão alimentadas.

Pode-se observar esse processo melhor explicado no fluxograma mostrado na Figura 21.

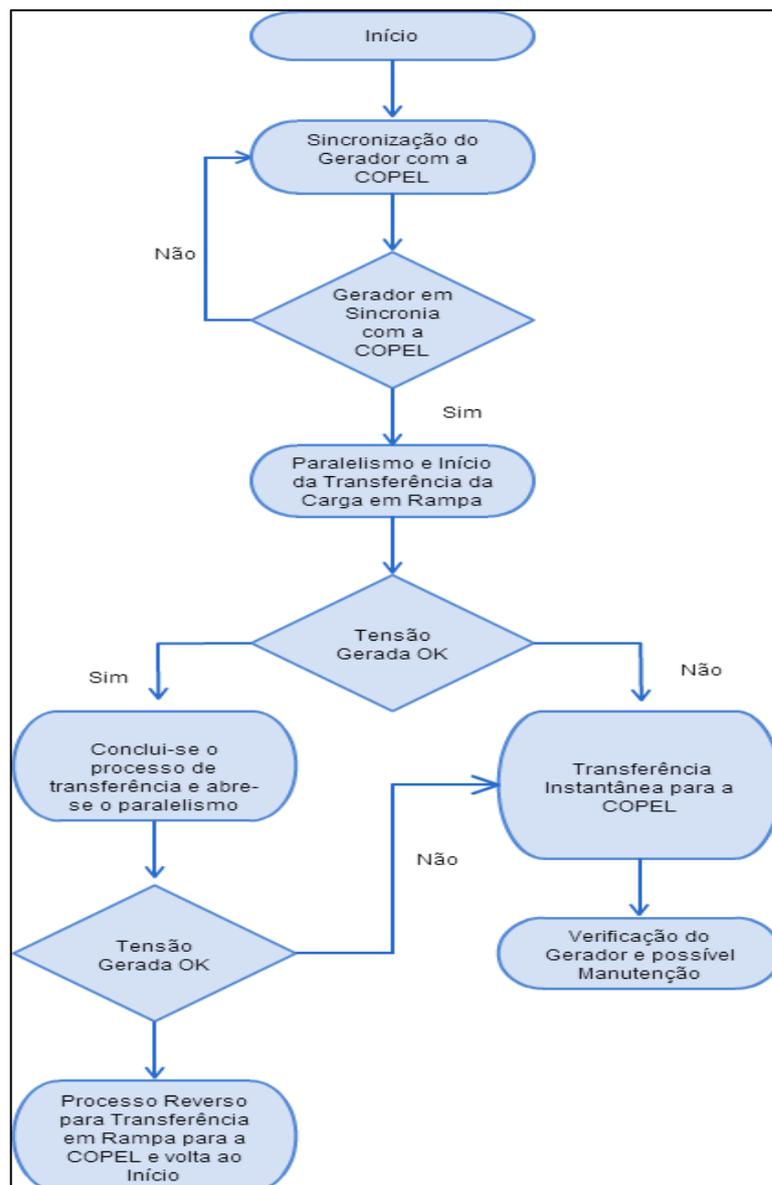


Figura 21 - Fluxograma da Automação de Segurança
Fonte: Autoria Própria.

A figura acima mostra que o teste da tensão gerada é contínuo, sendo assim o sistema deve estar sempre pronto para realizar a transferência instantânea para a COPEL, que, mesmo que seja percebida pela instalação devido a algumas perturbações, será rápida o suficiente, dada a importância das cargas. Separadamente a esse sistema, existem os *nobreaks* que funcionam para cargas específicas apenas.

5 ANÁLISE TARIFÁRIA E FINANCEIRA

A análise tarifária foi baseada em dois grandes tópicos, primeiramente na análise do perfil de consumo e em seguida na simulação da fatura nos diferentes sistemas tarifários, onde foi apontado o melhor sistema tarifário para o perfil de consumo identificado. Em seguida, foram analisados os indicadores financeiros para testar se a instalação do grupo gerador será um investimento viável.

5.1 ANÁLISE DO PERFIL DE CONSUMO

Inicialmente foi realizada uma análise do perfil do consumidor tomando por base os seguintes critérios: consumo no horário da ponta, consumo fora da ponta, demanda no horário da ponta e demanda fora da ponta. O perfil de consumo do hospital foi extraído a partir do relatório de consumo emitido pela COPEL em um período de 12 meses (dez-13 a nov-14). Esse pode ser visualizado na tabela 4.

Tabela 4 - Histórico de consumo e pagamentos do hospital

HISTÓRICO DE CONSUMO E PAGAMENTOS DO HOSPITAL (SISTEMA CONTRATADO: VERDE)									
MÊS/ANO	Valor da Fatura	DATA DE VENCIMENTO	DATA DE PAGAMENTO	CONSUMO PONTA	CONSUMO FORA DE PONTA	DEMANDA PONTA	DEMANDA FORA DE PONTA	DEMANDA CONTRATADA FORA PONTA	DEMANDA TOLERADA FORA DE PONTA
dez-13	R\$ 24 078,93	07/01/2014	07/01/2014	6554	68196	149,9	188,78	160	168
jan-14	R\$ 22 274,08	04/02/2014	04/02/2014	5944	65009	141,26	169,77	160	168
fev-14	R\$ 31 861,18	07/03/2014	07/03/2014	9158	87083	176,68	225,07	160	168
mar-14	R\$ 23 698,18	04/04/2014	04/04/2014	6628	65616	171,93	194,4	160	168
abr-14	R\$ 23 640,65	07/05/2014	07/05/2014	6272	68700	157,68	177,98	160	168
mai-14	R\$ 21 898,42	04/06/2014	04/06/2014	6446	62110	145,15	162	160	168
jun-14	R\$ 22 491,66	04/07/2014	04/07/2014	6508	64416	136,08	163,29	160	168
jul-14	R\$ 27 951,72	04/08/2014	04/08/2014	6648	62983	145,15	159,84	160	168
ago-14	R\$ 29 404,61	03/09/2014	03/09/2014	7221	64826	142,12	163,29	160	168
set-14	R\$ 30 490,73	03/10/2014	03/10/2014	7011	67791	149,47	177,98	160	168
out-14	R\$ 30 570,86	04/11/2014	04/11/2014	7252	65502	162,43	196,12	160	168
nov-14	R\$ 33 520,94	04/12/2014	04/12/2014	7605	72982	153,36	206,92	160	168
MÉDIA	R\$ 26 823,50	-----	-----	6937,25	67934,50	152,60	182,12	160	168

Fonte: Autoria Própria.

E através dos dados obtidos do histórico de consumo e pagamentos do hospital foi possível realizar a análise do perfil de consumo, visualizada nas figuras 22 e 23, e a simulação da fatura nos diferentes sistemas tarifários, que será explicada no tópico 5.2.

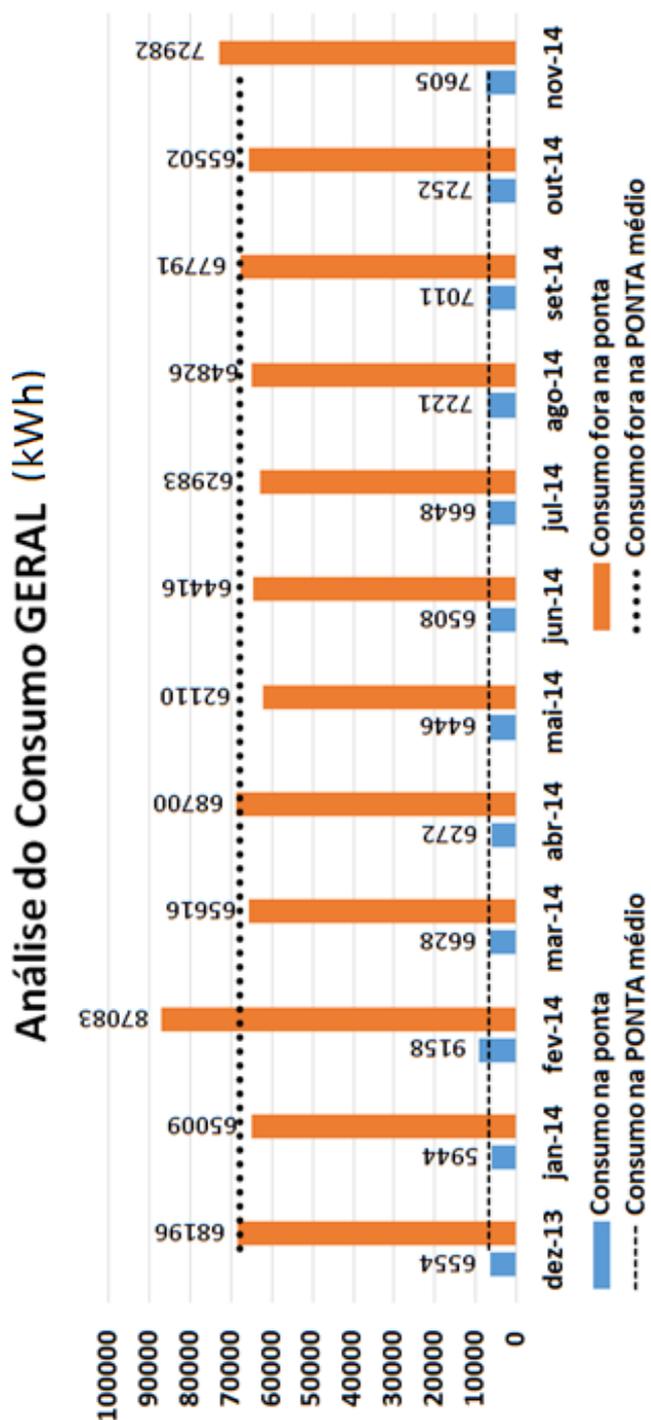


Figura 22 - Análise do consumo geral
 Fonte: Autoria Própria.

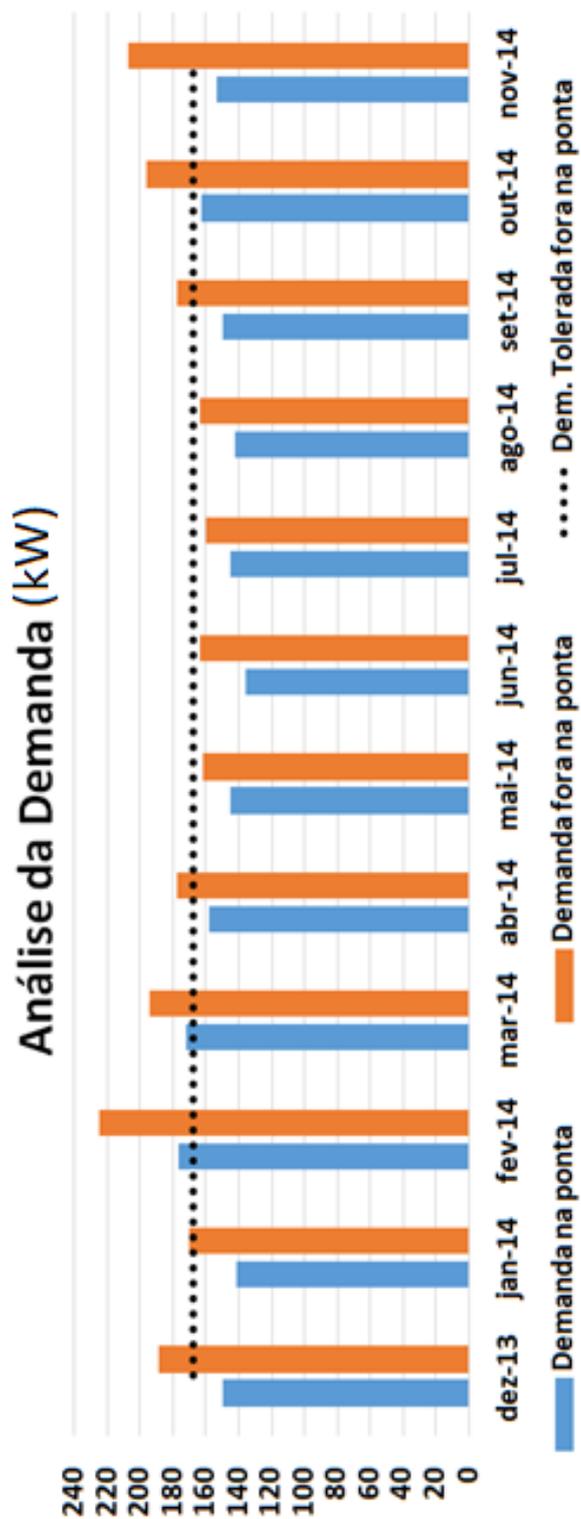


Figura 23 - Análise da demanda
 Fonte: Autoria Própria.

5.2 SIMULAÇÃO DA FATURA NOS DIFERENTES SISTEMAS TARIFÁRIOS

A simulação da fatura nos diferentes sistemas tarifários tem como objetivo analisar o perfil de consumo do cliente e a partir desta, encontrar o sistema de tarifação mais adequado. Essa simulação foi realizada seguindo os procedimentos descritos no diagrama mostrado na figura 24. Dividindo a simulação em dois grupos principais: simulação sem o gerador e com gerador. Dentro destas simulações serão analisados os perfis no sistema convencional, horossazonal verde e horossazonal azul. E em seguida, através das análises, encontrar o melhor sistema de tarifação para o hospital.

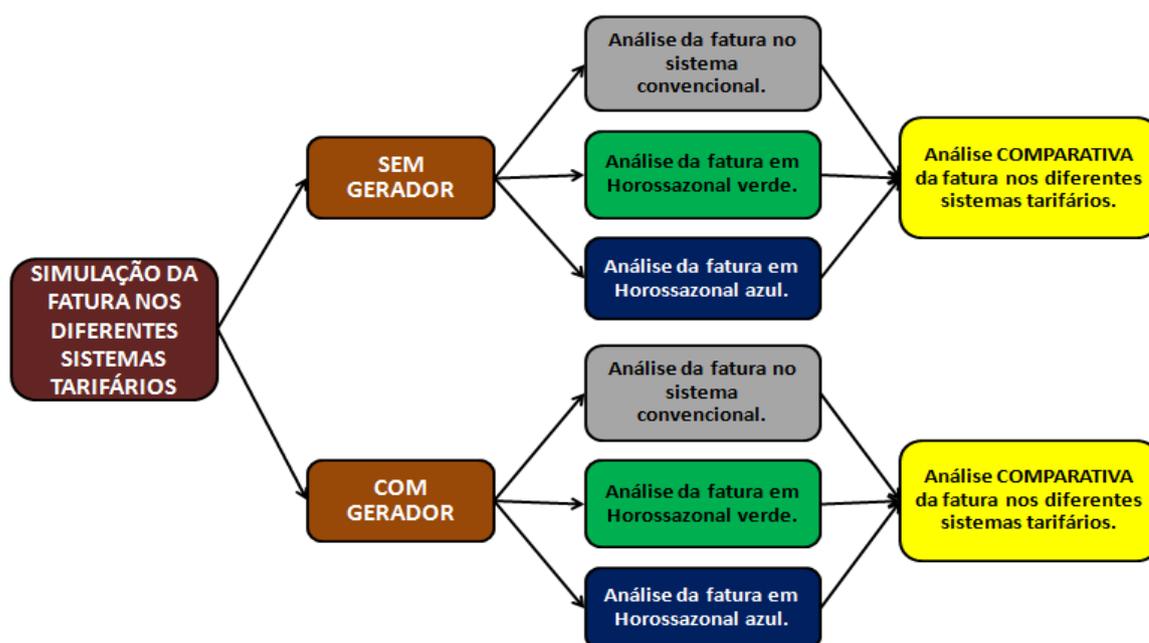


Figura 24 - Simulação da fatura nos diferentes sistemas tarifários
Fonte: Autoria Própria.

5.2.1 Tarifas utilizadas para a simulação

A simulação da fatura nos diferentes sistemas tarifários realizada utilizou a distribuidora de energia elétrica COPEL, por ser a distribuidora contratada para o cliente analisado. Portanto, foram levantados os valores reajustados no dia 24 de

junho de 2015 devido a resolução da ANEEL N° 1897 de 16 de junho de 2015. E através dos dados disponibilizados pela empresa para o cliente do tipo A4 foi desenvolvido duas tabelas: uma para analisar os valores com impostos e outra sem impostos.

Tabela 5 - Valores das tarifas com impostos da classe A4

TARIFAS COM IMPOSTOS					
A4		CONVENCIONAL	HOROSAZONAL		
			SEGMENTO	AZUL	VERDE
CONSUMO (R\$/kWh)		0,5518	PONTA	0,79114	1,60965
			FORA	0,53004	0,53004
DEMANDA (R\$/kW)	CONTRATADA	34,89	PONTA	33,71	10,62
			FORA	10,62	
	ULTRAPASSADA	69,78	ULT.P	67,42	21,22
			ULT.F	21,24	

Fonte: COPEL, 2015.

Tabela 6 - Valores das tarifas sem impostos da classe A4

TARIFAS SEM IMPOSTOS					
A4		CONVENCIONAL	HOROSAZONAL		
			SEGMENTO	AZUL	VERDE
CONSUMO (R\$/kWh)		0,3587	PONTA	0,51424	1,04627
			FORA	0,34453	0,34453
DEMANDA (R\$/kW)	CONTRATADA	22,68000	PONTA	21,91	6,9
			FORA	6,9	
	ULTRAPASSADA	45,36	ULT.P	43,82	13,8
			ULT.F	13,8	

Fonte: COPEL, 2015.

5.2.2 Equações utilizadas para simulação do preço médio para diversas demandas

O cálculo do preço médio, para cada bandeira tarifária analisada, foi feito baseado nos valores de consumo e demanda do hospital durante doze meses, que foram fornecidos pelo cliente. Observa-se na Tabela 7 um exemplo da formatação desses dados, de forma resumida apresentados somente entre os meses de dezembro/13 a março/14.

Tabela 7 - Dados de consumo e demanda do hospital no último ano – resumido

	dez-13	jan-14	fev-14	mar-14
CONSUMO PONTA (kWh)	6554	5944	9158	6628
CONSUMO FORA DE PONTA (kWh)	68196	65009	87083	65616
DEMANDA PONTA (kW)	149,9	141,26	176,68	171,93
DEMANDA FORA DE PONTA (kW)	188,78	169,77	225,07	194,4

Fonte: Autoria Própria.

A partir desses dados e da escolha de uma demanda simulada, pôde-se calcular os valores de consumo faturado, demanda faturada, de ultrapassagem e sem utilização, importe total mensal, preço médio (mês) e preço médio geral (ano). Esses dados foram organizados no formato visto na tabela 8, onde a demanda simulada foi 240 kW, exemplificando a análise para os meses de dezembro/13 a março/14.

Tabela 8 - Valores simulados de preço médio - resumido

		dez-13	jan-14	fev-14	mar-14
DEMANDA SIMULADA (kW)	240	R\$ 41 247,05	R\$ 39 151,87	R\$ 53 105,78	R\$ 39 864,24
		R\$ 6 586,53	R\$ 5 923,28	R\$ 7 852,69	R\$ 6 782,62
		R\$ -	R\$ -	R\$ -	R\$ -
		R\$ 1 161,67	R\$ 1 592,82	R\$ 338,61	R\$ 1 034,21
IMPORTE TOTAL	R\$ 587 773,40	R\$ 48 995,25	R\$ 46 667,96	R\$ 61 297,09	R\$ 47 681,06
PREÇO MÉDIO GERAL (R\$/MWh)	R\$ 654,20	R\$ 655,45	R\$ 657,73	R\$ 636,91	R\$ 660,00

Fonte: Autoria Própria

Utilizando a Tabela 7, foram obtidos os dados simulados em diversas

tabelas semelhantes à 8, respectivos a cada valor de demanda simulada variando entre 0 - 240 kW. Para que tais cálculos fossem realizados as equações utilizadas foram:

- Consumo faturado:

$$C = CP * TA_C \quad (13)$$

Onde,

C: Consumo faturado;

CP: Consumo medido na ponta;

TA_C: Tarifa da COPEL atualizada para o consumo.

- Demanda Faturada:

Se Demanda Medida > 1,05*Demanda Contratada:

$$D = D_M * TA_D \quad (14)$$

Se Demanda Medida < 1,05*Demanda Contratada:

$$D = D_C * TA_D \quad (15)$$

Onde,

D: Demanda faturado;

D_M: Demanda medida;

D_C: Demanda contratada;

TA_D: Tarifa da COPEL atualizada para a demanda;

D_U: Demanda de ultrapassagem;

D_{SU}: Demanda sem utilização.

- Demanda de ultrapassagem:

Se Demanda Medida > 1,05*Demanda Contratada:

$$D_U = (D_M - D_C) * TA_D \quad (16)$$

Se Demanda Medida < 1,05*Demanda Contratada:

$$D_U = 0 \quad (17)$$

- Demanda sem utilização:

Se Demanda Medida <= 1,05*Demanda Contratada:

$$D_{SU} = (D_C - D_M) * TA_D \quad (18)$$

Se Demanda Medida > 1,05*Demanda Contratada:

$$D_{SU} = 0 \quad (19)$$

- Importe total mensal:

$$IM = C + D + D_U + D_{SU} \quad (20)$$

- Preço médio (R\$/MWh):

$$PM = \frac{IM}{C + D} * 1000 \quad (21)$$

- Importe total:

$$IT = \sum_{i=0}^{12} IM_i \quad (22)$$

- Preço médio geral:

$$PMG = \frac{\sum_{i=0}^{12} PM_i}{12} \quad (23)$$

Dessa forma, todos os valores entre 0 e 240 kW de demanda contratada e todas as possíveis combinações a cada bandeira tarifária foram testados, utilizando as mesmas regras aqui explicitadas no *Excel*. Deste modo foi possível maximizar ainda mais a economia do hospital, garantindo que o novo perfil da instalação esteja na mais adequada bandeira tarifária.

5.3 ANÁLISE DO SISTEMA TARIFÁRIO NOS PERFIS SEM/COM GERADOR

A simulação da fatura nos diferentes sistemas tarifários como explicado no diagrama anteriormente visto na figura 24, foi analisado primeiramente SEM o gerador e posteriormente COM gerador. Tendo como objetivo analisar a simulação

da condição atual, sem a instalação do gerador e a posterior, com a instalação desse. Resultando assim no sistema tarifário mais adequado para o atual e o futuro perfil de consumo.

Logo o sistema convencional, sistema horossazonal verde e o sistema horossazonal azul foram testados considerando uma faixa de variação da demanda contratada entre 0 até 240 kW. Através destas simulações e seus respectivos valores levantados permitiram gerar gráficos que representam de uma forma visual o resultado encontrado.

5.3.1 Análise da fatura no sistema convencional

A primeira simulação da fatura SEM/COM o gerador foi realizada no sistema convencional. Levantando através das variações dos diferentes valores de demanda escolhidos um preço médio geral da fatura expresso em (R\$/MWh) respectivo. Sendo assim foi possível identificar o melhor valor de demanda a ser contratado para obtermos o menor preço médio geral da fatura para o perfil de consumo analisado neste modelo de sistema. O resultado da variação do preço médio da fatura no sistema convencional pode ser visualizado nos gráficos apresentados nas figuras 25 e 26, mostrando respectivamente o resultado encontrado SEM e COM gerador. Portanto o menor valor identificado e o melhor valor da demanda a ser contratada nas duas condições podem ser identificados.

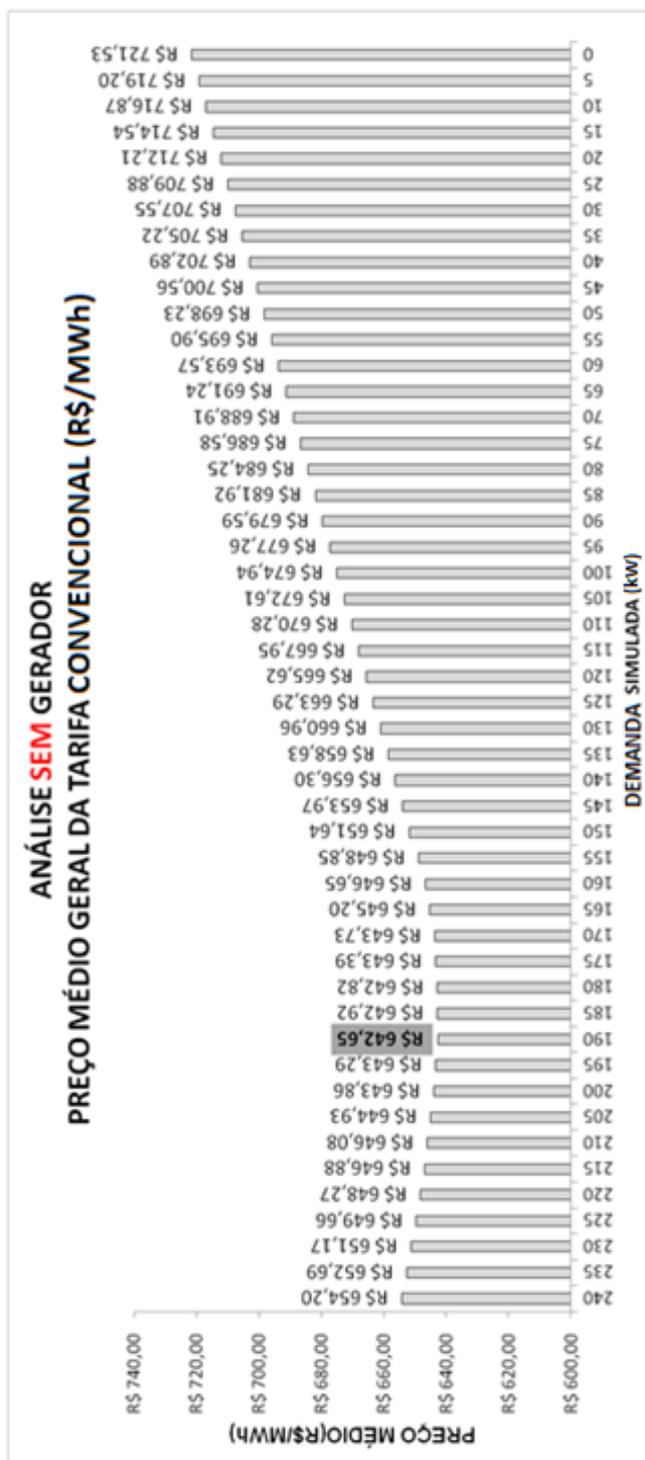


Figura 25 - Análise SEM gerador: Sistema convencional
Fonte: Autoria Própria.

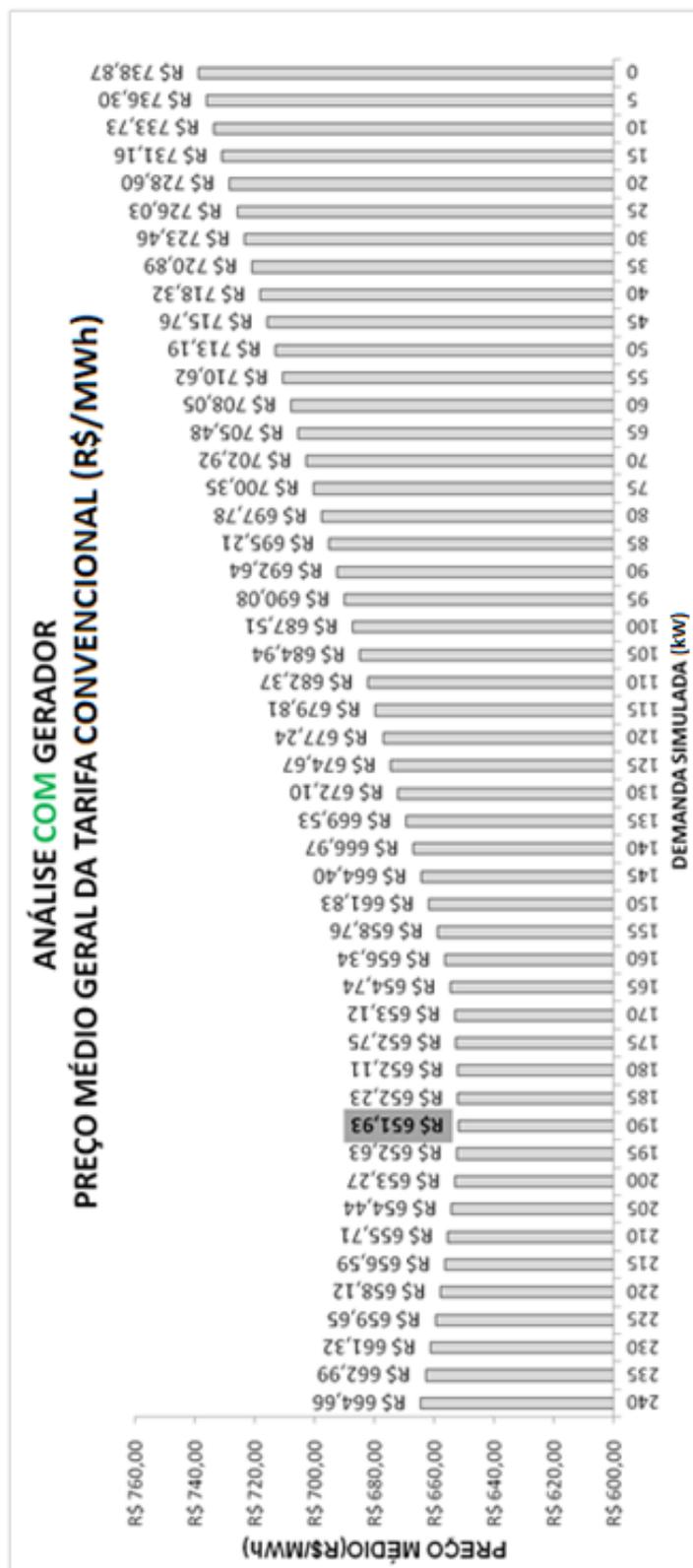


Figura 26 - Análise COM gerador: Sistema convencional
Fonte: Autoria Própria.

5.3.2 Análise da fatura no sistema horossazonal verde

A segunda simulação da fatura SEM/COM o gerador foi realizada no sistema horossazonal verde. Levantando um preço médio geral da fatura expresso em (R\$/MWh) respectivo a cada demanda simulada seguindo o mesmo padrão de análise anterior. Deste modo identificando o melhor valor de demanda a ser contratado para obtermos o menor preço médio geral da fatura para o perfil de consumo analisado neste modelo de sistema. Nos gráficos apresentados nas figuras 27 e 28, pode ser visualizada a variação do preço médio da fatura no sistema horossazonal mostrando respectivamente o resultado encontrado SEM e COM gerador. Consequentemente o menor valor identificado e o valor da demanda a ser contratada.

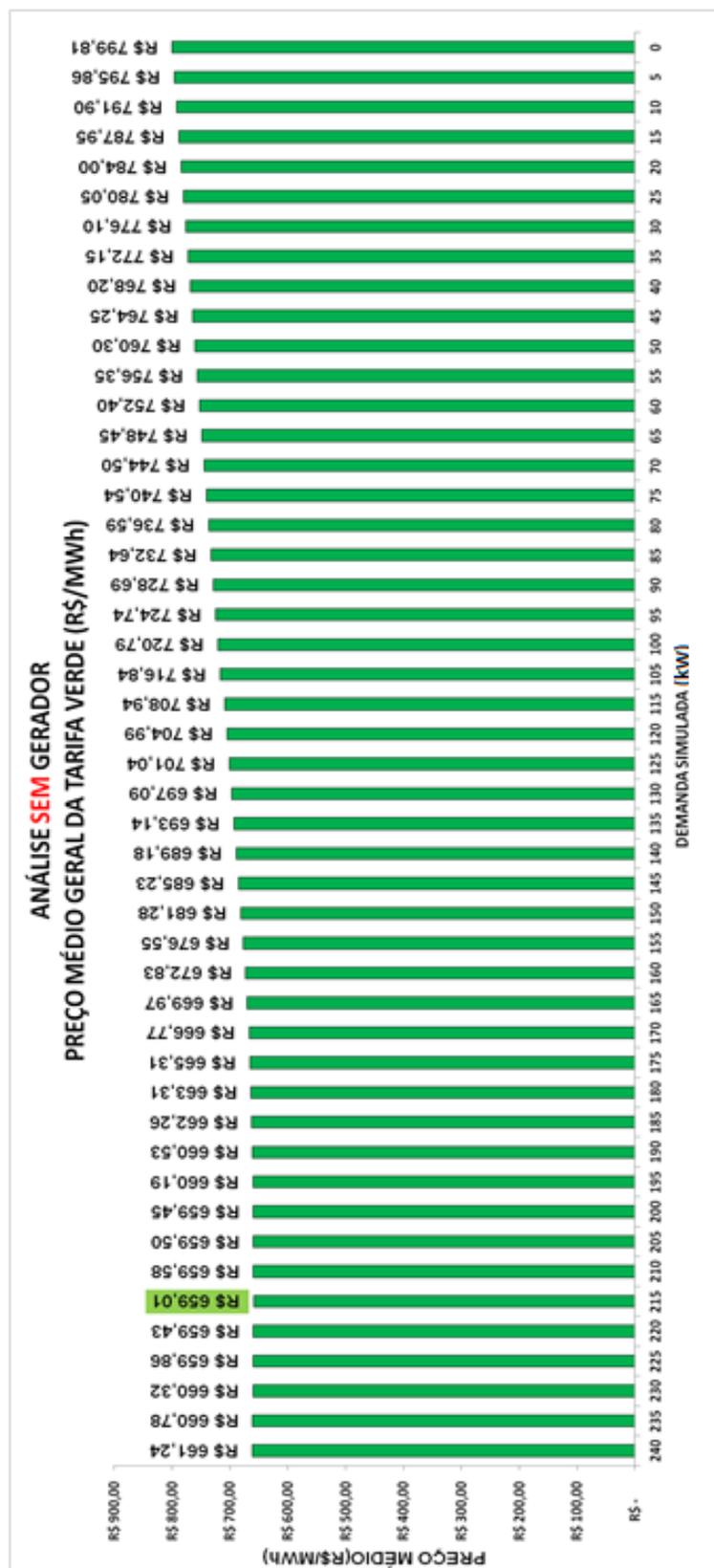


Figura 27 - Análise SEM gerador: Sistema horossazonal verde
Fonte: Autoria Própria.

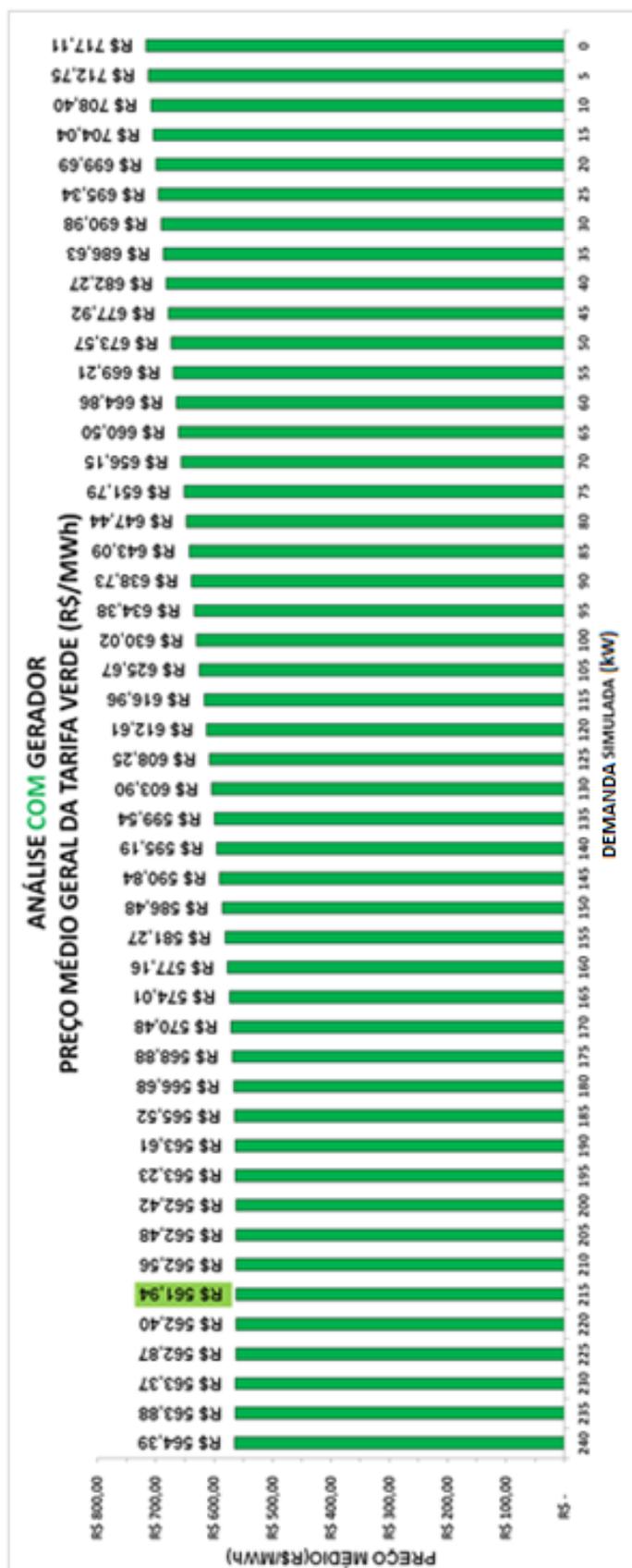


Figura 28 - Análise COM gerador: Sistema horossazonal verde
Fonte: Autoria Própria.

5.3.3 Análise da fatura no sistema horossazonal azul

A terceira simulação da fatura SEM/COM o gerador foi realizada no sistema horossazonal azul. Neste levantamento de dados é necessária uma análise cruzada. Esta análise se deve ao fato de no sistema horossazonal azul haver a necessidade de contratar um valor de demanda fora da ponta e na ponta.

A análise cruzada em questão foi dividida em duas análises complementares I e II.

I. Análise I

Primeiramente realizou-se essa análise considerando inicialmente um valor de demanda fixo aleatório para o horário da ponta (Na nossa análise foi escolhido 0 kW como valor de demanda contratada para o horário de ponta) e variando também o valor fora da ponta. E através da análise destes diferentes preços médios gerais (R\$/MWh) respectivos a cada demanda foi identificado o melhor valor fora da ponta. Nas figuras 29 e 30, os gráficos da variação do preço médio da fatura no sistema horossazonal azul (fora da ponta) SEM e COM gerador respectivamente podem ser visualizados e conseqüentemente o menor valor identificado e o valor da demanda a ser contratada dentro da análise I.

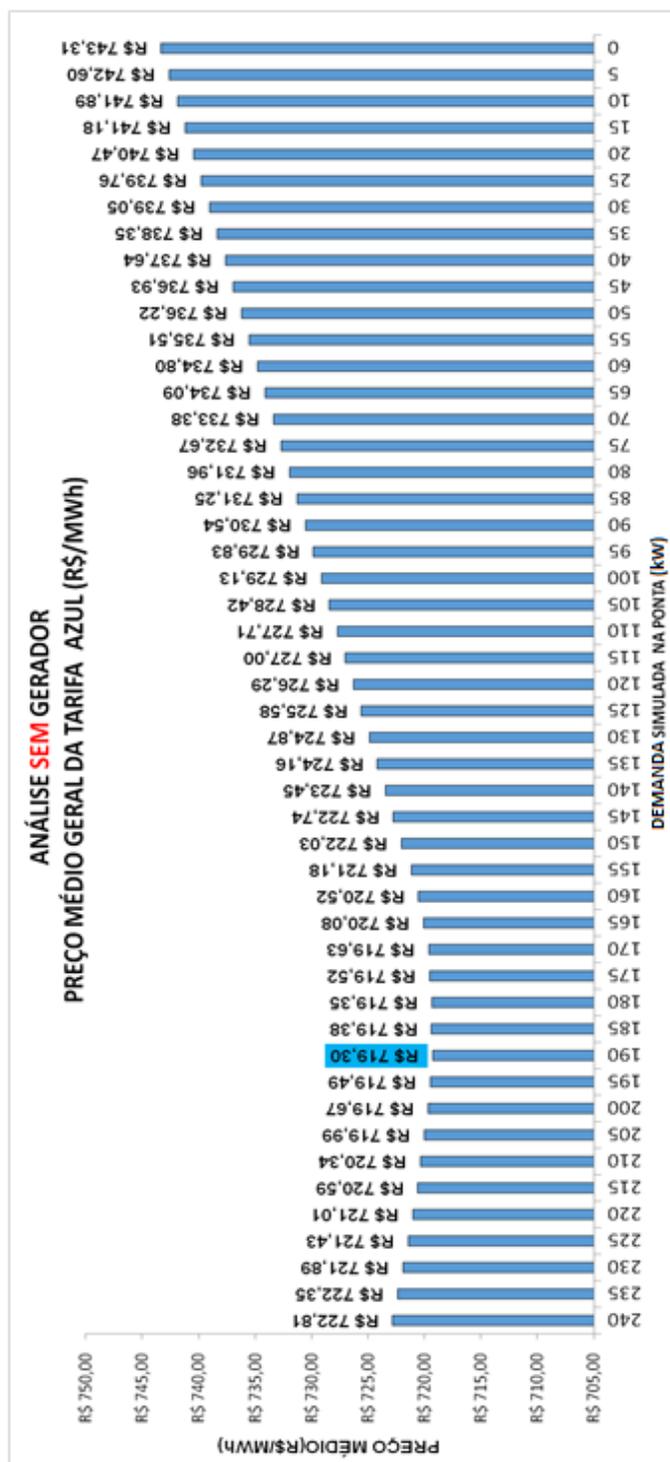


Figura 29 - Análise SEM gerador (análise I): Sistema horossazonal azul
 Fonte: Autoria Própria.

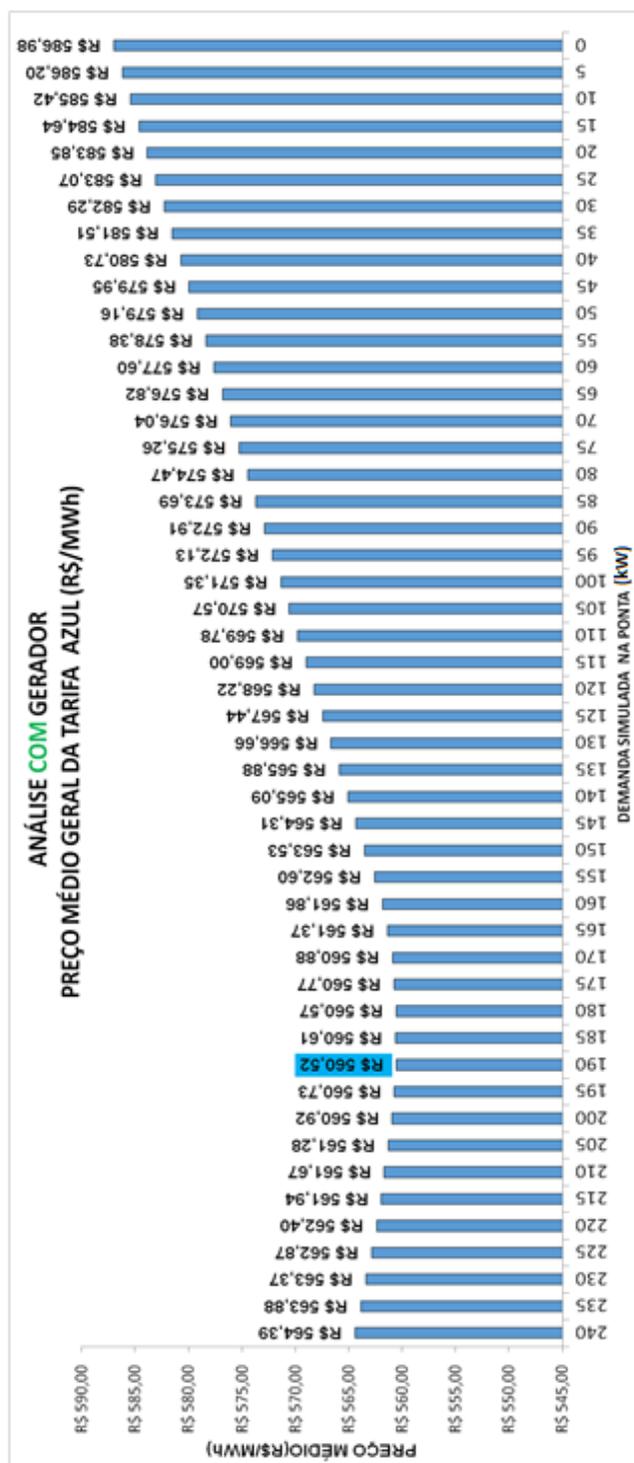


Figura 30 - Análise COM gerador (análise I): Sistema horossazonal azul
Fonte: Autoria Própria.

II. Análise II

Em seguida fixou-se o melhor valor de demanda encontrado na análise anterior fora da ponta variando o valor no horário da ponta seguindo o mesmo padrão de análise. Deste modo foi identificado o melhor valor de demanda a ser contratado no horário de ponta e fora do horário da ponta para obtermos o menor preço médio geral da fatura (R\$/MWh) para o perfil de consumo analisado neste modelo de sistema para a condição atual (sem gerador) e a futura (sem gerador). Nas figuras 31 e 32 os gráficos da variação do preço médio da fatura no sistema horossazonal azul (na ponta) SEM e COM gerador respectivamente podem ser visualizados e conseqüentemente o menor valor identificado e o valor da demanda a ser contratada para as duas condições.

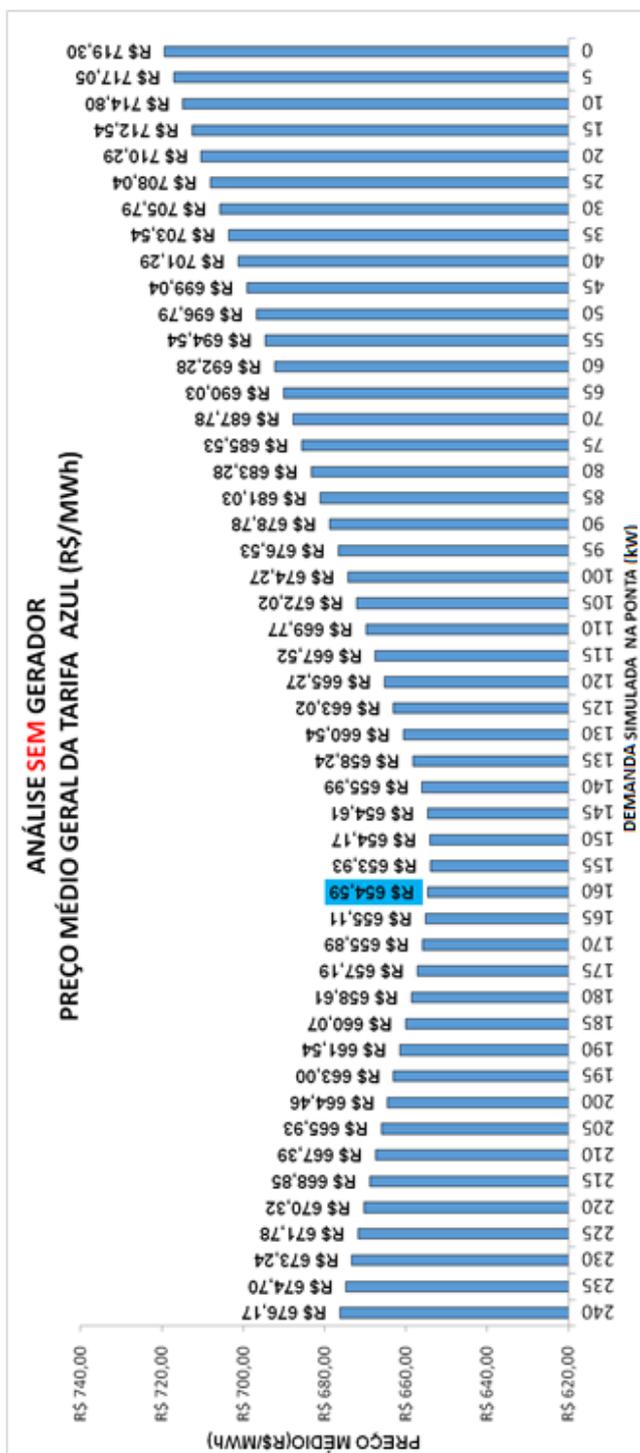


Figura 31 - Análise SEM gerador (análise II): Sistema horossazonal azul
Fonte: Autoria Própria.

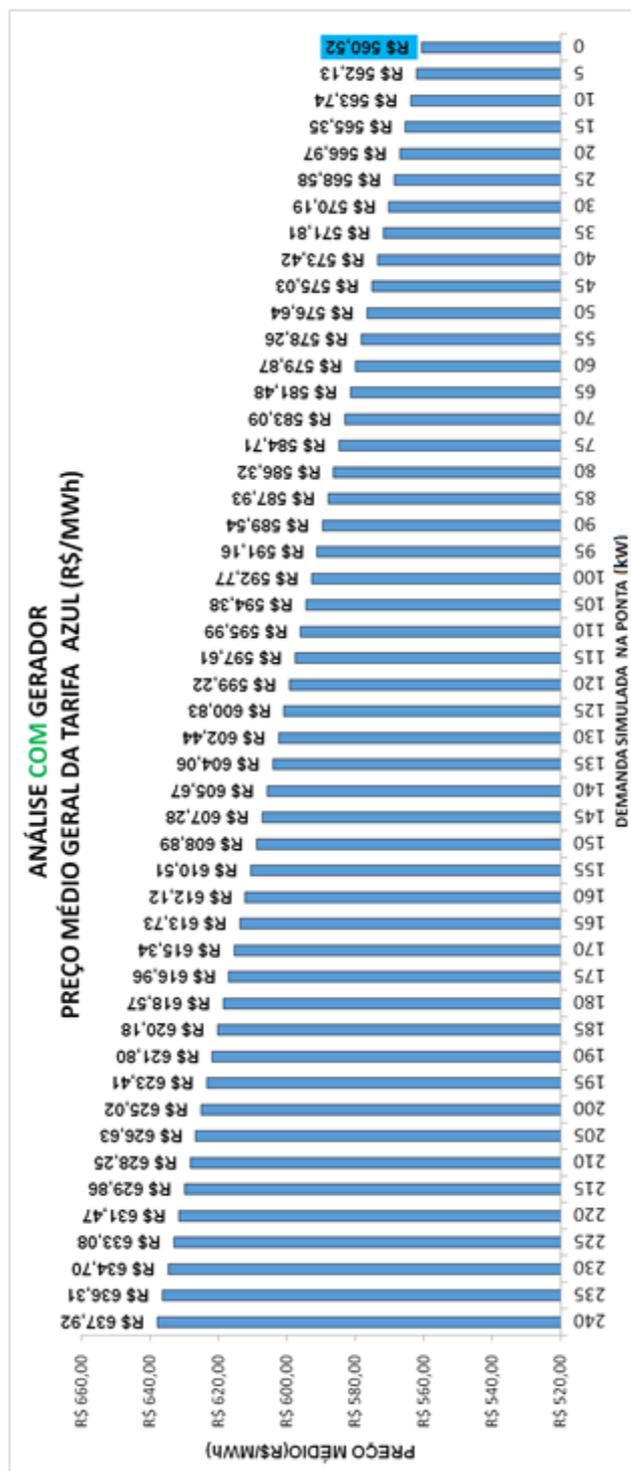


Figura 32 - Análise COM gerador (análise II): Sistema horossazonal azul
Fonte: Autoria Própria.

5.4 ANÁLISE COMPARATIVA DA FATURA NOS DIFERENTES SISTEMAS

A análise comparativa da fatura nos diferentes sistemas tem como objetivo

demonstrar o resultado geral da simulação da fatura composta pelas três análises da fatura realizadas no sistema convencional, horossazonal verde e horossazonal azul.

O resultado final será apresentado por meio da tabela geral 9 e 10 juntamente com os gráficos gerais demonstrados nas figuras 33 e 34, onde é possível visualizar o comportamento de cada sistema tarifário de acordo com a variação dos valores de demanda utilizados nas duas simulações SEM e COM gerador respectivamente. Encontrando assim o melhor valor de demanda a ser contratado, o melhor sistema tarifário a ser contratado e o menor preço médio geral da fatura para o perfil de consumo analisado.

- TABELAS DOS RESULTADOS GERAIS SEM/COM GERADOR.

Tabela 9 - Tabela dos resultados gerais SEM gerador

ANÁLISE SEM GERADOR									
ANÁLISE FINAL Convencional		ANÁLISE FINAL horossazonal verde		ANÁLISE FINAL horossazonal azul					
				ANÁLISE I		ANÁLISE II			
DEMANDA SIMULADA	PREÇO MÉDIO GERAL(R\$/MWh)	DEMANDA SIMULADA	PREÇO MÉDIO GERAL(R\$/MWh)	DEMANDA SIMULADA	PREÇO MÉDIO GERAL(R\$/MWh)	DEMANDA SIMULADA	PREÇO MÉDIO GERAL(R\$/MWh)	DEMANDA SIMULADA	PREÇO MÉDIO GERAL(R\$/MWh)
240	R\$ 654,20	240	R\$ 661,24	240	R\$ 722,81	240	R\$ 676,17		
235	R\$ 652,69	235	R\$ 660,78	235	R\$ 722,35	235	R\$ 674,70		
230	R\$ 651,17	230	R\$ 660,32	230	R\$ 721,89	230	R\$ 673,24		
225	R\$ 649,66	225	R\$ 659,86	225	R\$ 721,43	225	R\$ 671,78		
220	R\$ 648,27	220	R\$ 659,43	220	R\$ 721,01	220	R\$ 670,32		
215	R\$ 646,88	215	R\$ 659,01	215	R\$ 720,59	215	R\$ 668,85		
210	R\$ 646,08	210	R\$ 659,58	210	R\$ 720,34	210	R\$ 667,39		
205	R\$ 644,93	205	R\$ 659,50	205	R\$ 719,99	205	R\$ 665,93		
200	R\$ 643,86	200	R\$ 659,45	200	R\$ 719,67	200	R\$ 664,46		
195	R\$ 643,29	195	R\$ 660,19	195	R\$ 719,49	195	R\$ 663,00		
190	R\$ 642,65	190	R\$ 660,53	190	R\$ 719,30	190	R\$ 661,54		
185	R\$ 642,92	185	R\$ 662,26	185	R\$ 719,38	185	R\$ 660,07		
180	R\$ 642,82	180	R\$ 663,31	180	R\$ 719,35	180	R\$ 658,61		
175	R\$ 643,39	175	R\$ 665,31	175	R\$ 719,52	175	R\$ 657,19		
170	R\$ 643,73	170	R\$ 666,77	170	R\$ 719,63	170	R\$ 655,89		
165	R\$ 645,20	165	R\$ 669,97	165	R\$ 720,08	165	R\$ 655,11		
160	R\$ 646,65	160	R\$ 672,83	160	R\$ 720,52	160	R\$ 654,59		
155	R\$ 648,85	155	R\$ 676,55	155	R\$ 721,18	155	R\$ 653,93		
150	R\$ 651,64	150	R\$ 681,28	150	R\$ 722,03	150	R\$ 654,17		
145	R\$ 653,97	145	R\$ 685,23	145	R\$ 722,74	145	R\$ 654,61		
140	R\$ 656,30	140	R\$ 689,18	140	R\$ 723,45	140	R\$ 655,99		
135	R\$ 658,63	135	R\$ 693,14	135	R\$ 724,16	135	R\$ 658,24		
130	R\$ 660,96	130	R\$ 697,09	130	R\$ 724,87	130	R\$ 660,54		
125	R\$ 663,29	125	R\$ 701,04	125	R\$ 725,58	125	R\$ 663,02		
120	R\$ 665,62	120	R\$ 704,99	120	R\$ 726,29	120	R\$ 665,27		
115	R\$ 667,95	115	R\$ 708,94	115	R\$ 727,00	115	R\$ 667,52		
110	R\$ 670,28	110	R\$ 712,89	110	R\$ 727,71	110	R\$ 669,77		
105	R\$ 672,61	105	R\$ 716,84	105	R\$ 728,42	105	R\$ 672,02		
100	R\$ 674,94	100	R\$ 720,79	100	R\$ 729,13	100	R\$ 674,27		
95	R\$ 677,26	95	R\$ 724,74	95	R\$ 729,83	95	R\$ 676,53		
90	R\$ 679,59	90	R\$ 728,69	90	R\$ 730,54	90	R\$ 678,78		
85	R\$ 681,92	85	R\$ 732,64	85	R\$ 731,25	85	R\$ 681,03		
80	R\$ 684,25	80	R\$ 736,59	80	R\$ 731,96	80	R\$ 683,28		
75	R\$ 686,58	75	R\$ 740,54	75	R\$ 732,67	75	R\$ 685,53		
70	R\$ 688,91	70	R\$ 744,50	70	R\$ 733,38	70	R\$ 687,78		
65	R\$ 691,24	65	R\$ 748,45	65	R\$ 734,09	65	R\$ 690,03		
60	R\$ 693,57	60	R\$ 752,40	60	R\$ 734,80	60	R\$ 692,28		
55	R\$ 695,90	55	R\$ 756,35	55	R\$ 735,51	55	R\$ 694,54		
50	R\$ 698,23	50	R\$ 760,30	50	R\$ 736,22	50	R\$ 696,79		
45	R\$ 700,56	45	R\$ 764,25	45	R\$ 736,93	45	R\$ 699,04		
40	R\$ 702,89	40	R\$ 768,20	40	R\$ 737,64	40	R\$ 701,29		
35	R\$ 705,22	35	R\$ 772,15	35	R\$ 738,35	35	R\$ 703,54		
30	R\$ 707,55	30	R\$ 776,10	30	R\$ 739,05	30	R\$ 705,79		
25	R\$ 709,88	25	R\$ 780,05	25	R\$ 739,76	25	R\$ 708,04		
20	R\$ 712,21	20	R\$ 784,00	20	R\$ 740,47	20	R\$ 710,29		
15	R\$ 714,54	15	R\$ 787,95	15	R\$ 741,18	15	R\$ 712,54		
10	R\$ 716,87	10	R\$ 791,90	10	R\$ 741,89	10	R\$ 714,80		
5	R\$ 719,20	5	R\$ 795,86	5	R\$ 742,60	5	R\$ 717,05		
0	R\$ 721,53	0	R\$ 799,81	0	R\$ 743,31	0	R\$ 719,30		
MENOR VALOR	R\$ 642,65	MENOR VALOR	R\$ 659,01	MENOR VALOR	R\$ 719,30	MENOR VALOR	R\$ 653,93		

Fonte: Autoria Própria.

Tabela 10 - Tabela dos resultados gerais COM gerador

ANÁLISE COM GERADOR									
ANÁLISE FINAL Convencional		ANÁLISE FINAL horossazonal verde		ANÁLISE FINAL horossazonal azul					
				ANÁLISE I		ANÁLISE II			
DEMANDA SIMULADA	PREÇO MÉDIO GERAL(R\$/MWh)	DEMANDA SIMULADA	PREÇO MÉDIO GERAL(R\$/MWh)	DEMANDA SIMULADA	PREÇO MÉDIO GERAL(R\$/MWh)	DEMANDA SIMULADA	PREÇO MÉDIO GERAL(R\$/MWh)	DEMANDA SIMULADA	PREÇO MÉDIO GERAL(R\$/MWh)
240	R\$ 664,66	240	R\$ 564,39	240	R\$ 564,39	240	R\$ 637,92		
235	R\$ 662,99	235	R\$ 563,88	235	R\$ 563,88	235	R\$ 636,31		
230	R\$ 661,32	230	R\$ 563,37	230	R\$ 563,37	230	R\$ 634,70		
225	R\$ 659,65	225	R\$ 562,87	225	R\$ 562,87	225	R\$ 633,08		
220	R\$ 658,12	220	R\$ 562,40	220	R\$ 562,40	220	R\$ 631,47		
215	R\$ 656,59	215	R\$ 561,94	215	R\$ 561,94	215	R\$ 629,86		
210	R\$ 655,71	210	R\$ 562,56	210	R\$ 561,67	210	R\$ 628,25		
205	R\$ 654,44	205	R\$ 562,48	205	R\$ 561,28	205	R\$ 626,63		
200	R\$ 653,27	200	R\$ 562,42	200	R\$ 560,92	200	R\$ 625,02		
195	R\$ 652,63	195	R\$ 563,23	195	R\$ 560,73	195	R\$ 623,41		
190	R\$ 651,93	190	R\$ 563,61	190	R\$ 560,52	190	R\$ 621,80		
185	R\$ 652,23	185	R\$ 565,52	185	R\$ 560,61	185	R\$ 620,18		
180	R\$ 652,11	180	R\$ 566,68	180	R\$ 560,57	180	R\$ 618,57		
175	R\$ 652,75	175	R\$ 568,88	175	R\$ 560,77	175	R\$ 616,96		
170	R\$ 653,12	170	R\$ 570,48	170	R\$ 560,88	170	R\$ 615,34		
165	R\$ 654,74	165	R\$ 574,01	165	R\$ 561,37	165	R\$ 613,73		
160	R\$ 656,34	160	R\$ 577,16	160	R\$ 561,86	160	R\$ 612,12		
155	R\$ 658,76	155	R\$ 581,27	155	R\$ 562,60	155	R\$ 610,51		
150	R\$ 661,83	150	R\$ 586,48	150	R\$ 563,53	150	R\$ 608,89		
145	R\$ 664,40	145	R\$ 590,84	145	R\$ 564,31	145	R\$ 607,28		
140	R\$ 666,97	140	R\$ 595,19	140	R\$ 565,09	140	R\$ 605,67		
135	R\$ 669,53	135	R\$ 599,54	135	R\$ 565,88	135	R\$ 604,06		
130	R\$ 672,10	130	R\$ 603,90	130	R\$ 566,66	130	R\$ 602,44		
125	R\$ 674,67	125	R\$ 608,25	125	R\$ 567,44	125	R\$ 600,83		
120	R\$ 677,24	120	R\$ 612,61	120	R\$ 568,22	120	R\$ 599,22		
115	R\$ 679,81	115	R\$ 616,96	115	R\$ 569,00	115	R\$ 597,61		
110	R\$ 682,37	110	R\$ 621,32	110	R\$ 569,78	110	R\$ 595,99		
105	R\$ 684,94	105	R\$ 625,67	105	R\$ 570,57	105	R\$ 594,38		
100	R\$ 687,51	100	R\$ 630,02	100	R\$ 571,35	100	R\$ 592,77		
95	R\$ 690,08	95	R\$ 634,38	95	R\$ 572,13	95	R\$ 591,16		
90	R\$ 692,64	90	R\$ 638,73	90	R\$ 572,91	90	R\$ 589,54		
85	R\$ 695,21	85	R\$ 643,09	85	R\$ 573,69	85	R\$ 587,93		
80	R\$ 697,78	80	R\$ 647,44	80	R\$ 574,47	80	R\$ 586,32		
75	R\$ 700,35	75	R\$ 651,79	75	R\$ 575,26	75	R\$ 584,71		
70	R\$ 702,92	70	R\$ 656,15	70	R\$ 576,04	70	R\$ 583,09		
65	R\$ 705,48	65	R\$ 660,50	65	R\$ 576,82	65	R\$ 581,48		
60	R\$ 708,05	60	R\$ 664,86	60	R\$ 577,60	60	R\$ 579,87		
55	R\$ 710,62	55	R\$ 669,21	55	R\$ 578,38	55	R\$ 578,26		
50	R\$ 713,19	50	R\$ 673,57	50	R\$ 579,16	50	R\$ 576,64		
45	R\$ 715,76	45	R\$ 677,92	45	R\$ 579,95	45	R\$ 575,03		
40	R\$ 718,32	40	R\$ 682,27	40	R\$ 580,73	40	R\$ 573,42		
35	R\$ 720,89	35	R\$ 686,63	35	R\$ 581,51	35	R\$ 571,81		
30	R\$ 723,46	30	R\$ 690,98	30	R\$ 582,29	30	R\$ 570,19		
25	R\$ 726,03	25	R\$ 695,34	25	R\$ 583,07	25	R\$ 568,58		
20	R\$ 728,60	20	R\$ 699,69	20	R\$ 583,85	20	R\$ 566,97		
15	R\$ 731,16	15	R\$ 704,04	15	R\$ 584,64	15	R\$ 565,35		
10	R\$ 733,73	10	R\$ 708,40	10	R\$ 585,42	10	R\$ 563,74		
5	R\$ 736,30	5	R\$ 712,75	5	R\$ 586,20	5	R\$ 562,13		
0	R\$ 738,87	0	R\$ 717,11	0	R\$ 586,98	0	R\$ 560,52		
MENOR VALOR	R\$ 651,93	MENOR VALOR	R\$ 561,94	MENOR VALOR	R\$ 560,52	MENOR VALOR	R\$ 560,52		

Fonte: Autoria Própria.

- GRÁFICOS DOS RESULTADOS GERAIS SEM/COM GERADOR.

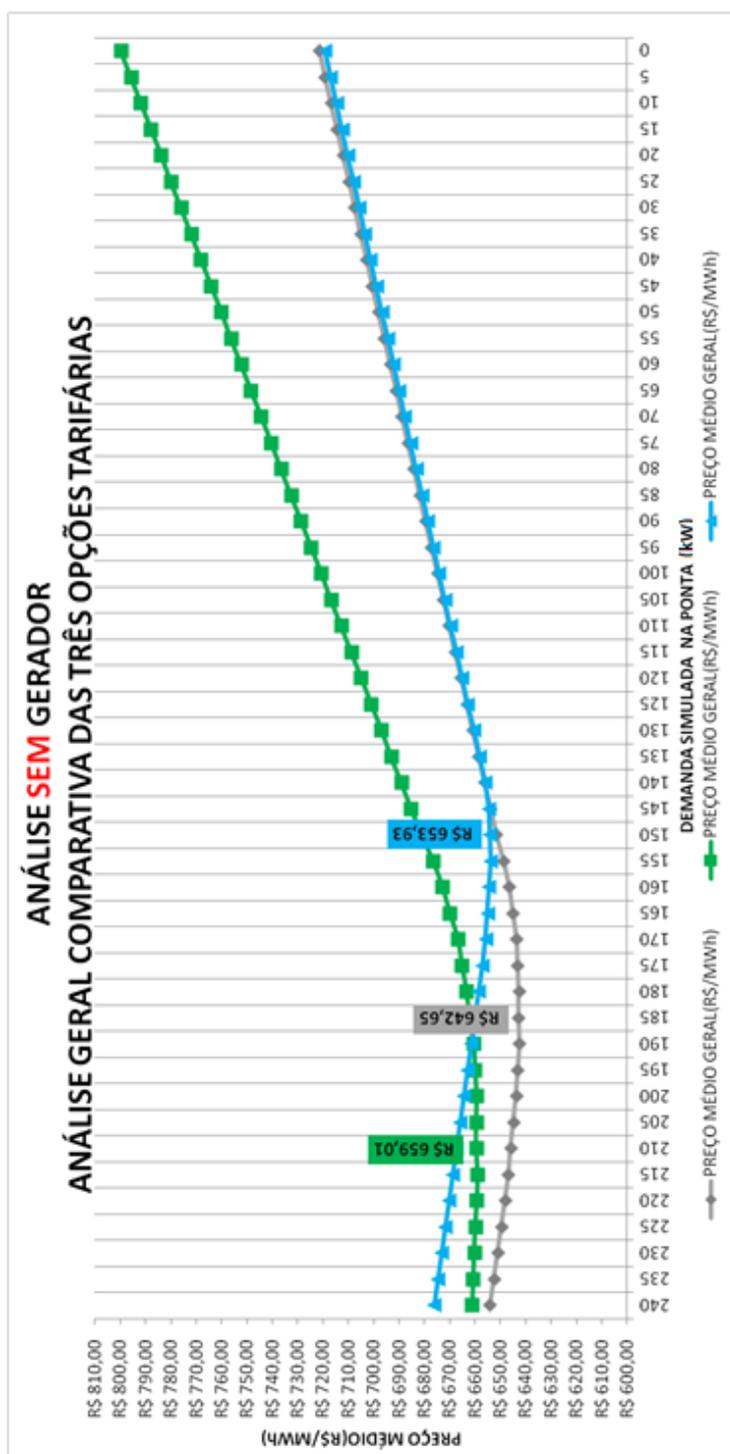


Figura 33 - Análise final COMPARATIVA (SEM gerador) em todos os sistemas tarifários
Fonte: Autoria Própria.

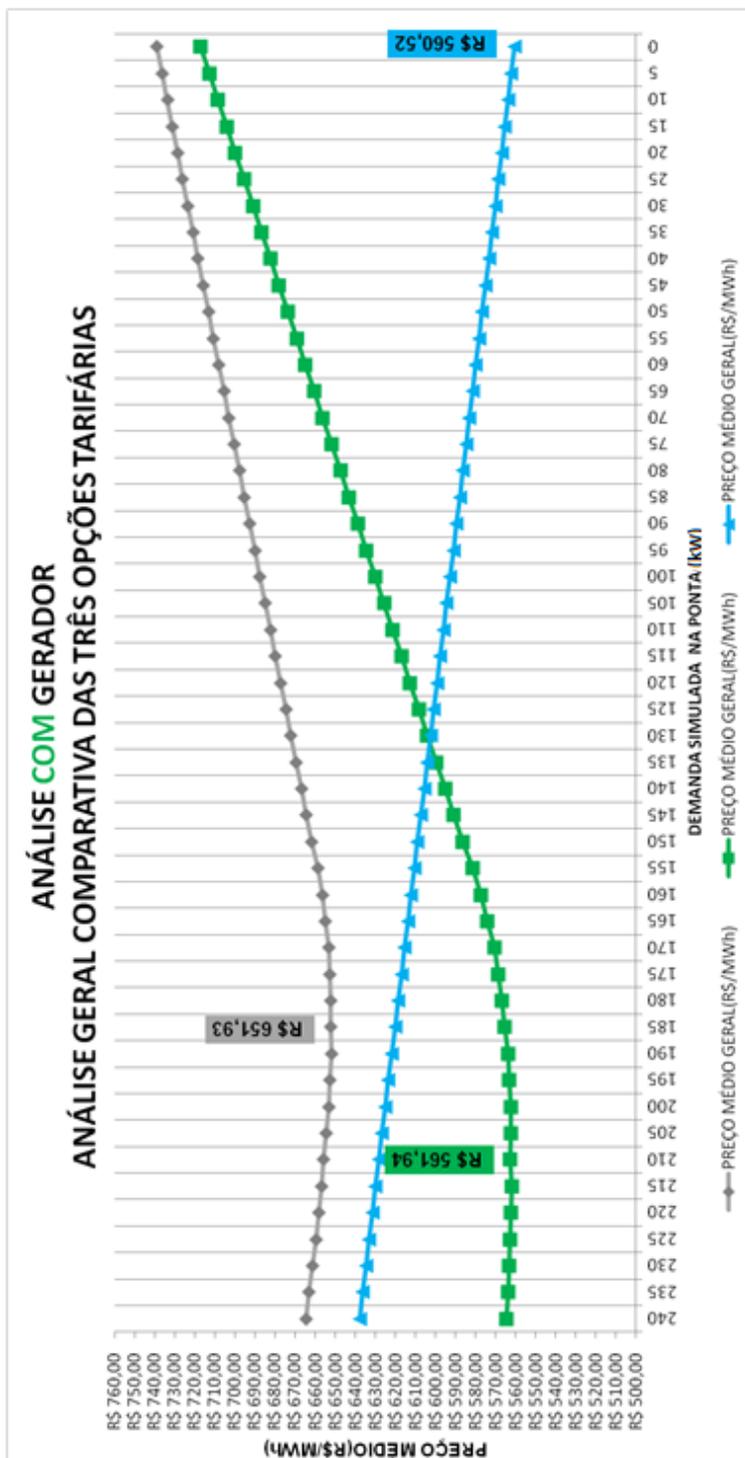


Figura 34 - Análise final COMPARATIVA (COM gerador) em todos os sistemas tarifários
Fonte: Autoria Própria.

- TABELA DOS RESULTADOS FINAIS SEM/COM GERADOR.

Como pode-se observar na Tabela 11, depois da análise de todas as opções de valores de demanda contratada possíveis, a melhor escolha para o perfil da instalação atual, sem o sistema gerador instalado, foi a bandeira tarifária convencional, com um valor de demanda contratada de 195 kW.

Tabela 11 - Tabela do resultado final da Simulação SEM gerador

ANÁLISE SEM GERADOR			
RESULTADO FINAL		MELHOR ESCOLHA	
CONV	DEMANDA SIMULADA PREÇO MINIMO(R\$/MWh)	195 R\$ 642,65	X
VERDE	DEMANDA SIMULADA PREÇO MINIMO(R\$/MWh)	215 R\$ 659,01	
AZUL	DEMANDA SIMULADA NA PONTA DEMANDA SIMULADA FORA NA PONTA PREÇO MINIMO(R\$/MWh)	0 190 R\$ 653,93	

Fonte: Aatoria Própria.

Por outro lado, caso o gerador for de fato instalado, como visto na tabela 12, a melhor escolha de bandeira tarifária para esse novo perfil da instalação é a horossazonal verde, com um valor de demanda contratada de 215 kW. Embora a horossazonal azul seja um pouco mais barata, a horossazonal verde oferece a possibilidade de a instalação ser alimentada pela COPEL, durante o horário de ponta, no caso de um mau funcionamento do gerador, sem um aumento muito significativo no valor da conta de energia, já para o caso do horossazonal azul, por ter um valor muito mais alto na ponta, esse aumento seria muito mais significativo.

Tabela 12 - Tabela do resultado final da Simulação COM gerador

ANÁLISE COM GERADOR			
RESULTADO FINAL		MELHOR ESCOLHA	
CONV	DEMANDA SIMULADA PREÇO MINIMO(R\$/MWh)	195 R\$ 651,93	
VERDE	DEMANDA SIMULADA PREÇO MINIMO(R\$/MWh)	215 R\$ 561,94	X
AZUL	DEMANDA SIMULADA NA PONTA DEMANDA SIMULADA FORA NA PONTA PREÇO MINIMO(R\$/MWh)	0 190 R\$ 560,52	

Fonte: Aatoria Própria.

5.5 ANÁLISE FINANCEIRA

Para verificar a viabilidade financeira do projeto, esta seção mostra os custos referentes à instalação, manutenção e operação do grupo gerador em horário de ponta no hospital em questão. Em seguida, os indicadores financeiros, descritos anteriormente, serão aplicados e o retorno ao investir na utilização do gerador a diesel foi calculado.

5.5.1 Custo de instalação do grupo gerador

O grupo gerador escolhido, depois do cálculo de dimensionamento de potência realizado no item 4.1, fornece uma potência de 500 kVA ou 400 kW, silenciado, com transferência em rampa e um quadro de transferência automática (QTA) para 1600 A. O modelo escolhido para análise foi o CNY400, da Ottomotores (Figura X), o qual possui o motor da Cummins *Power Generation* e o gerador da *Stamford AC Generators*, cujas especificações são mostradas na Tabela 13.



Figura 35 - Grupo gerador a diesel. Vista A: Visão frontal. Vista B: Visão traseira
Fonte: INYEN, 2010.

Tabela 13 - Especificações do grupo gerador

GRUPO GERADOR DIESEL											
Standby		Prime		Motor	Grupo Gerador						
KVA	Kwe	KVA	Kwe	Modelo	nº Cil.	Dimensões (mm)			Massa (Kg)	Consumo comb. (l/h) (100% carga)	1800 RPM
						C	L	A			
500	400	456	365	NTA855-G5	6	3130	1310	1927	3405	100	60 Hz

Fonte: Adaptado de STEMAC, 2015.

Depois de escolher o tipo de gerador, foi realizado um levantamento de todos os componentes a serem utilizados para a instalação do gerador, bem como os seus respectivos custos, juntamente com a mão de obra envolvida para execução do serviço. Esses custos podem ser observados na Tabela 14. Somando todos os custos dessa parte do projeto se obtém um investimento inicial de R\$ 215.476,72.

Tabela 14 - Custo do gerador e instalação

CUSTO DO GERADOR E INSTALAÇÃO			
Qtd	Material	Preço Unit.	Total
1	Grupo gerador de 500 kVA ou 400 kW, silenciado, com transferência em rampa, QTA para 1600 A.	R\$ 174.110,00	R\$ 174.110,00
500	Cabo 150 mm ²	R\$ 37,00	R\$ 18.500,00
100	Terminais de compreensão 150 mm ²	R\$ 3,89	R\$ 389,00
12	Kanalex 4 pol	R\$ 3,80	R\$ 45,60
10	Rolos de fita isolante 20 m	R\$ 2,11	R\$ 21,10
5	Rolos de Fita auto fusão	R\$ 7,00	R\$ 35,00
30	Cabo Nu 95 mm ²	R\$ 18,50	R\$ 555,00
6	Terminais de pressão 95 mm ²	R\$ 2,15	R\$ 12,90
2	Moldes para soldas exotérmica completo	R\$ 120,00	R\$ 240,00
1	Base de alvenaria	R\$ 2.100,00	R\$ 2.100,00
1	Tanque de combustível para 300 L	R\$ 460,00	R\$ 460,00
10	Tubulações de ferro preto ¾	R\$ 12,09	R\$ 120,90
10	Cotovelos 90° rosca interna ferro preto	R\$ 5,90	R\$ 59,00
6	União desmontáveis	R\$ 35,85	R\$ 215,10
8	Niple ferro preto ¾	R\$ 3,88	R\$ 31,04
6	Luvras ferro preto	R\$ 4,88	R\$ 29,28
10	Fita veda-rosca 50 m	R\$ 3,60	R\$ 36,00
3	Rolo de fita isolante (5 m) cor: amarela, branca, vermelha e azul.	R\$ 1,10	R\$ 3,30
4	Registros de esfera ¾	R\$ 16,00	R\$ 64,00
200	Cabo 1,5 mm ²	R\$ 0,34	R\$ 68,00
50	Cabos 4,0 mm ²	R\$ 0,83	R\$ 41,50
-	Mão de obra	R\$ 18.340,00	R\$ 18.340,00
		TOTAL	R\$ 215.476,72

Fonte: GRUGER, 2015.

5.5.2 Custo do diesel

Para o funcionamento do grupo gerador a diesel é necessário a compra do diesel. Normalmente, devido a grande quantidade de diesel a ser comprada, os proprietários de grupos geradores costumam contratar empresas de abastecimento e isso gera redução no preço pago por litro. No atual trabalho foram verificados

quatro postos em Curitiba e calculada a média do preço entre eles, para que dessa maneira pudesse dar maior confiabilidade a análise financeira, tendo em vista um possível aumento no preço do diesel. A média dos valores (Tabela 15) foi utilizada para o cálculo do custo da geração.

Tabela 15 - Preço médio do diesel (550) de quatro postos em Curitiba

 Texaco	 Ipiranga	 Shell	 Esso	MÉDIA
Posto Atenas	Posto Pinheiro	Posto Canal Delta Ltda.	Auto Posto Via Jardim Ltda	
Rua Trindade, 40	Rua Delegado Leopoldo Belzak, 1345	Rua Izaac Ferreira da Cruz, 4615	Avenida Presidente Afonso Camargo, 2805	Curitiba - PR
Curitiba - PR	Curitiba - PR	Curitiba - PR	Curitiba - PR	
Diesel	Diesel	Diesel	Diesel	Diesel
R\$ 2,5900	R\$ 2,4990	R\$ 2,5790	R\$ 2,4990	R\$ 2,5418

Fonte: PREÇO DE COMBUTÍVEIS, 2015.

5.5.3 Custos com manutenção preventiva

Se não houver uma manutenção periódica e uma troca regular de peças e componentes do grupo gerador podem ocorrer defeitos, devido aos maus cuidados com o mesmo, e pode gerar grandes gastos não planejados. Por isso, realizar uma manutenção preventiva a cada três meses é primordial para um melhor aproveitamento do gerador ao longo de sua vida útil, que dura em média 15000h. Portanto, esses custos também devem fazer parte da análise financeira. A Tabela 16 exemplifica os gastos médios com a manutenção preventiva trimestral.

Tabela 16 - Valor da manutenção preventiva

MANUTENÇÃO PREVENTIVA (200h) trimestre		
QTD	DESCRIÇÃO	VALOR PEÇAS
1	222-3118 - Solvente	R\$ 19,81
30L	Óleo lubrificante	R\$ 673,86
2	Filtro de combustível	R\$ 280,00
1	Filtro de óleo	R\$ 220,00
6	10000 - 14148 - Junta de tampa de válvula	R\$ 480,00
1	Filtro de água	R\$ 140,00
1	Água destilada	R\$ 18,00
1	SOS (margem)	R\$ 300,00
	Total de peças	R\$ 2.131,67
1	Mão de obra	R\$ 2.120,00
Valor Total		R\$ 4.251,67

Fonte: GRUGER, 2015.

5.5.4 Componentes do custo de geração

Baseado nas características do grupo gerador e nos custos descritos anteriormente é possível calcular o custo da energia gerada, dado em R\$/kWh. A Tabela 17 mostra esses dados e para facilitar o entendimento foram criadas siglas que serão utilizadas nas fórmulas para o cálculo final do custo do kWh. É importante ressaltar que as 198 horas de ponta trimestrais (HT) são obtidas multiplicando-se 3 horas, consideradas de ponta, pelos 66 dias úteis existentes em três meses.

Tabela 17 - Componentes do custo da energia gerada

CUSTOS DE GERAÇÃO		
SIGLAS	COMPONENTES DE CUSTOS	
P	Potência ativa do gerador (kW)	400
CL	Consumo comb. (l/h) (100% carga 400 kWh)	110
PC	Preço do litro do combustível Diesel (R\$/l)	R\$ 2,5418
CGIM	Custo do gerador + custo da instalação + custo dos materiais (R\$)	R\$ 215.476,72
VUM	Vida útil média do gerador (h)	15000
C MAP	Manutenção preventiva (200h) - 3 meses (R\$)	R\$ 4.251,67
HT	Quantidade de horas de Ponta (h) (66 dias úteis)	198
CD	Custo do diesel por kWh (R\$/kWh)	0,6990
CDG	Custo da depreciação do gerador por kWh (R\$/kWh)	0,0359
CM	Custo da manutenção por kWh (R\$/kWh)	0,0537
Custo do kWh		R\$ 0,7886

Fonte: Autoria Própria.

O custo do kWh é composto por três custos principais, mostrados na Tabela 17:

- I. Custo do diesel por hora por kWh (considerando geração máxima):

$$CD = \frac{CL \times PC}{P} = \frac{110 \times 2,5418}{400} = 0,6990 \text{ (R$/kWh)} \quad (24)$$

- II. Custo da depreciação do gerador por kWh (considerando 15000h):

$$CDG = \frac{CGIM}{VUM} = \frac{215476,72}{15000} = 0,0359 \text{ (R$/kWh)} \quad (25)$$

Aqui é importante entender que o custo da depreciação na verdade é um investimento, ou seja, o hospital estará economizando, ou investindo esse valor,

para que no final da vida útil do gerador a troca possa ser feita de imediato, sem causar impactos nos gastos futuros.

III. Custo da manutenção do por kWh:

$$CM = \frac{\frac{CMAP}{HT}}{P} = \frac{\frac{4251,67}{198}}{400} = 0,0537 \quad (\text{R\$/kWh}) \quad (26)$$

Portanto, a fórmula para o cálculo do custo da energia gerada é composto pela soma desses três custos:

$$\text{Custo do kWh} = CD + CDG + CM \quad (\text{R\$/kWh}) \quad (27)$$

$$\text{Custo do kWh} = 0,6990 + 0,0359 + 0,0537 = \mathbf{0,7886} \quad (\text{R\$/kWh})$$

5.5.5 Comparativo do gasto anual com e sem gerador

Agora que o custo do kWh e a demanda contratada são sabidos, é possível simular quanto seria o gasto mensal do hospital, caso fosse utilizado o grupo gerador em horário de ponta. Para isso, foi utilizado o histórico do consumo mensal do hospital desde dezembro de 2013 até novembro de 2014. Essa simulação é apresentada na Tabela 18, a qual mostra os gastos mensais referentes a esse período, onde o importante total mensal é composto pela soma do importante fora de ponta e no horário de ponta. Para obter o valor do importante do gerador a diesel na ponta basta multiplicar o consumo na ponta pelo custo do kWh, por exemplo, em dezembro de 2013 o consumo foi de 6554 kWh e multiplicando esse valor por 0,7886 R\$/kWh tem-se o importante de R\$ 5168,33. Então, com um valor de demanda contratada de 215 kW e utilizando o gerador a diesel no horário de ponta o importe anual seria de R\$ 523.744,00.

Tabela 18 - Importante total anual com gerador

DEMANDA CONTRATADA 215 (VERDE) - USANDO GERADOR				
MESES	IMPORTE TOTAL MENSAL FORA DE PONTA	CONSUMO FAT. NA PONTA	IMPORTE DO GERADOR A DIESEL NA PONTA	IMPORTE TOTAL MENSAL
dez-13	R\$ 38.332,37	6554	R\$ 5.168,33	R\$ 43.500,70
jan-14	R\$ 36.572,41	5944	R\$ 4.687,30	R\$ 41.259,71
fev-14	R\$ 48.547,72	9158	R\$ 7.221,79	R\$ 55.769,50
mar-14	R\$ 36.985,77	6628	R\$ 5.226,69	R\$ 42.212,46
abr-14	R\$ 38.559,33	6272	R\$ 4.945,95	R\$ 43.505,29
mai-14	R\$ 35.006,92	6446	R\$ 5.083,17	R\$ 40.090,09
jun-14	R\$ 36.234,00	6508	R\$ 5.132,06	R\$ 41.366,05
jul-14	R\$ 35.461,61	6648	R\$ 5.242,46	R\$ 40.704,07
ago-14	R\$ 36.451,31	7221	R\$ 5.694,31	R\$ 42.145,62
set-14	R\$ 38.077,53	7011	R\$ 5.528,71	R\$ 43.606,24
out-14	R\$ 36.931,75	7252	R\$ 5.718,76	R\$ 42.650,50
nov-14	R\$ 40.936,62	7605	R\$ 5.997,13	R\$ 46.933,75
IMPORTE TOTAL ANUAL COM GERADOR				R\$ 523.744,00

Fonte: Autoria própria.

Já na demanda previamente contratada pelo hospital (180, verde) e sem utilizar o gerador o importante total anual foi de R\$ 595.960,79, ou seja, existe uma economia de R\$ 72.216,80 ao se utilizar o grupo gerador, como mostrado com mais detalhes na Tabela 19.

Tabela 19 - Comparativo do importante total anual com e sem gerador

RESULTADO				
MESES	SEM GERADOR	COM GERADOR	ECONOMIA MENSAL DE IMPORTE TOTAL	
	IMPORTE TOTAL MENSAL	IMPORTE TOTAL MENSAL		
dez-13	R\$ 48.701,10	R\$ 43.500,70	R\$	5.200,40
jan-14	R\$ 45.898,67	R\$ 41.259,71	R\$	4.638,96
fev-14	R\$ 65.955,23	R\$ 55.769,50	R\$	10.185,73
mar-14	R\$ 48.364,30	R\$ 42.212,46	R\$	6.151,84
abr-14	R\$ 48.413,56	R\$ 43.505,29	R\$	4.908,27
mai-14	R\$ 45.141,23	R\$ 40.090,09	R\$	5.051,14
jun-14	R\$ 46.468,10	R\$ 41.366,05	R\$	5.102,04
jul-14	R\$ 45.921,07	R\$ 40.704,07	R\$	5.217,00
ago-14	R\$ 47.833,09	R\$ 42.145,62	R\$	5.687,47
set-14	R\$ 49.121,28	R\$ 43.606,24	R\$	5.515,04
out-14	R\$ 49.428,32	R\$ 42.650,50	R\$	6.777,81
nov-14	R\$ 54.714,85	R\$ 46.933,75	R\$	7.781,10
IMPORTE TOTAL ANUAL	R\$ 595.960,79	R\$ 523.744,00	R\$	72.216,80
				ECONOMIA ANUAL DE IMPORTE TOTAL

Fonte: Autoria própria.

A Figura 36 mostra um gráfico com o resumo dos resultados obtidos ao final dessa simulação, comparando o fato de utilizar, ou não, o grupo gerador a diesel no horário de ponta.

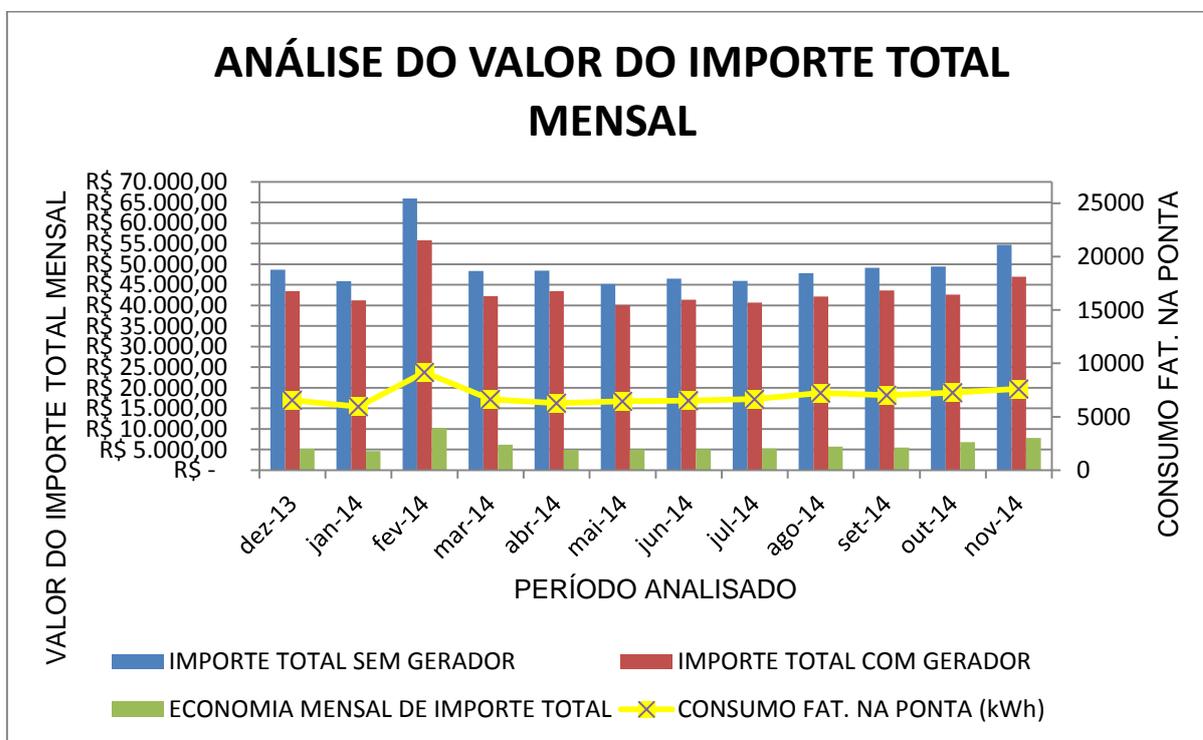


Figura 36 – Análise do valor do importante total mensal.

Fonte: Autoria própria.

5.5.6 Indicadores financeiros

Por fim, índices financeiros foram analisados para verificar se a economia anual com a instalação do gerador é melhor do que o retorno conseguido caso se aplicasse esse valor em outros investimentos.

Para escolher o nível de atratividade mínima do investimento, foi utilizada como referência a porcentagem anual esperada de diversos ativos, mostrados na Tabela 20. Como a porcentagem média anual desses ativos mais a inflação atingem 13,35% ao ano, a taxa de atratividade mínima (TMA) escolhida para os cálculos foi 15% ao ano. A TMA será a taxa de juros, ou taxa de retorno, aplicada no cálculo para saber valores futuros no presente e é comparada com a taxa interna de retorno (TIR), para saber se a instalação do gerador é viável ou não.

Tabela 20 - Outras opções de investimento

Ítem	Acumulado em 1 ano
Selic	12,13%
Poupança	7,53%
CDI	12,08%
Ibovespa	-8,89%
Títulos	7,08%
Média	5,99%
Inflação	7,36%
Média+Inflação	13,35%

Fonte: Banco Central do Brasil, 2015.

5.5.7 Valor Presente Líquido

Uma análise do fluxo de caixa (Receitas-Despesas) anual foi feita considerando um período de dez anos. Para facilitar a análise foi considerado que durante o primeiro ano o fluxo de caixa do hospital foi negativo e igual ao investimento inicial, ou seja, mesmo que o gerador entre em operação em menos de um ano os lucros trazidos por ele serão desconsiderados, bem como possíveis despesas não previstas na atual análise.

Nos anos seguintes assume-se um lucro anual fixo de R\$ 72.2116,80, pois não foram levados em conta possíveis aumentos no preço do diesel ou da tarifa de energia. O valor do VPL é obtido pela fórmula (6) com uma taxa de juros 15%. Como os cálculos foram feitos no *Excel*, existe a fórmula pronta para o cálculo de VPL, basta escolher os fluxos de caixa desejados e a taxa anual que o cálculo é feito automaticamente. Outra opção para calcular o VPL, é usar a fórmula (7) para achar os fluxos descontados de cada ano e então somar esses valores. De uma forma ou de outra o resultado obtido foi R\$ 112.271,11, como mostra a Tabela 21. Esse valor supera o investimento inicial, sendo assim a implementação, do ponto de vista do VPL, é viável.

Tabela 21 - Valor presente líquido

Ano	Fluxo de Caixa	Fluxos Descontados
1	-R\$ 215.476,72	-R\$ 187.371,06
2	R\$ 72.216,80	R\$ 54.606,27
3	R\$ 72.216,80	R\$ 47.483,72
4	R\$ 72.216,80	R\$ 41.290,19
5	R\$ 72.216,80	R\$ 35.904,51
6	R\$ 72.216,80	R\$ 31.221,31
7	R\$ 72.216,80	R\$ 27.148,97
8	R\$ 72.216,80	R\$ 23.607,80
9	R\$ 72.216,80	R\$ 20.528,52
10	R\$ 72.216,80	R\$ 17.850,89
VPL		R\$ 112.271,11

Fonte: Aatoria própria.

5.5.8 Payback

O *payback*, como descrito anteriormente, é o período de tempo necessário para se recuperar o investimento inicial, ou seja, o momento no qual o fluxo de caixa (Receitas-Despesas) acumulado se torna maior que zero. Então, na análise atual o *Payback* simples, não considerando o valor do dinheiro no tempo, demoraria 4 anos para recuperar o dinheiro investido. Como em uma situação real é preciso considerar a desvalorização do dinheiro, deve-se assumir o tempo do *Payback* descontado e nesse caso levaria 5 anos e oito meses para recuperar o investimento, conforme mostra a Tabela 22.

Tabela 22 - Payback

Ano	Payback Simples	Payback Descontado
1	-R\$ 215.476,72	-R\$ 187.371,06
2	-R\$ 143.259,92	-R\$ 132.764,79
3	-R\$ 71.043,13	-R\$ 85.281,07
4	R\$ 1.173,67	-R\$ 43.990,89
5	R\$ 73.390,46	-R\$ 8.086,38
6	R\$ 145.607,26	R\$ 23.134,94
7	R\$ 217.824,05	R\$ 50.283,91
8	R\$ 290.040,85	R\$ 73.891,70
9	R\$ 362.257,64	R\$ 94.420,23
10	R\$ 434.474,44	R\$ 112.271,11
4 anos		5 anos e 8 meses

Fonte: Aatoria própria.

5.5.9 Taxa Interna de retorno

No item 3.7.2 a parte matemática do cálculo foi tratada, como os cálculos foram feitos no Excel bastou escolher a célula na qual seria mostrado o resultado e escolher a fórmula TIR, selecionando as células dos fluxos de caixa mostradas na Tabela 21. Ao final dos 10 anos tem-se uma TIR de 30,452%, o dobro do valor da TMA (15%), mostrando que o projeto também é viável em relação a TIR. Mesmo que seja considerado apenas 6 anos na análise ainda assim a TIR supera a TMA em 5%.

5.5.10 Retorno sobre o investimento

O cálculo do ROI foi feito utilizando a fórmula (8), considerando os fluxos descontados mostrados na tabela 21. Então:

$$ROI = (\text{retorno} - \text{investimento}) / \text{investimento}$$

$$ROI = (54.606,27 + 47.483,72 + 41.290,19 + 35.904,51 + 31.221,31 + 27.148,97 + 23.607,80 + 20.528,52 + 17.850,89 - 187.371,06) / 187.371,06$$

$$ROI = 59,919\%$$

Portanto, ao final da análise financeira conclui-se que a implantação do grupo gerador a diesel no horário de ponta **é viável**.

RESULTADO DA ANÁLISE FINANCEIRA		
VPL	R\$ 112.271,11	Viável
TIR	30,452%	Viável
PAYBACK SIMPLES	4 anos	
PAYBACK DESCONTADO	5 anos e 8 meses	
ROI	59,919%	

Figura 37 – Resultado da Análise Financeira.
Fonte: Autoria própria.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise técnica foi realizada de modo a garantir a viabilidade, eficiência e segurança desejadas pelo cliente, dentro dessa, destaca-se a importância da aprovação do projeto junto à COPEL. O que envolve todas as etapas do estudo de segurança do fornecimento, da instalação e dimensionamento dos equipamentos e ainda a respeito da melhor forma de utilização para garantir um bom funcionamento do grupo gerador e, conseqüentemente, maximizar a vida útil do mesmo.

É importante salientar que a análise de harmônicos do sistema não foi parte do escopo do trabalho, ainda que essa análise seja importante, pois em piores casos, poderia inviabilizar a implementação do gerador.

Para obter a aprovação da COPEL, o projeto teve que atender as normas de segurança e dimensionamentos da concessionária além de garantir um grau aceitável de redundância de fornecimento, isto é, garantir que o fornecimento não seja interrompido por uma falha do gerador, o que se agravaria por se tratar de um hospital.

Essa segurança de fornecimento foi alcançada pelo sistema de transferência instantânea e automática que é acionado pela matriz de comandos, que por sua vez, tem o objetivo de verificar constantemente a tensão gerada. O relé de sincronismo mantém a condição para o fechamento do paralelismo instantâneo, e a transferência ocorre com um nível minimizado de perturbações.

Desse modo, com um gerador de potência nominal adequada, com um cabeamento apropriado e um sistema de controle e monitoramento confiável, espera-se que o projeto seja aprovado e que o gerador funcione de modo a oferecer a máxima segurança à instalação do hospital assim como aos seus usuários.

Na simulação tarifária analisando condição atual em que o projeto ainda não foi concretizado, verificou-se que consumidor não se encontrava no perfil tarifário mais adequado. Isto se deve ao fato dele utilizar a bandeira horossazonal verde (demanda contratada: 180 kW) enquanto ele deveria estar contratando o modelo tarifário convencional (demanda contratada: 190 kW), onde o preço médio geral é inferior. Portanto, é possível gerar uma economia para o hospital somente com a readequação da fatura nos sistemas tarifários.

Na simulação tarifária da condição futura, onde o gerador foi de fato instalado, a melhor escolha de bandeira tarifária para esse novo perfil da instalação

é a horossazonal verde (demanda contratada: 215 kW). Mesmo considerando que o valor do preço médio geral do kWh na bandeira horossazonal azul (demanda FP contratada: 190 kW / demanda P contratada: 0 kW) seja um pouco menor que a verde.

A bandeira horossazonal verde oferece a garantia que um aumento significativo no valor da conta de energia não ocorra em caso de interrupções não programadas no funcionamento do gerador. Pois no caso do gerador sofrer algum tipo de pane onde o fornecimento seja interrompido, se fazendo necessário que o hospital seja alimentado pela COPEL durante o horário de ponta, o hospital não pagaria um aumento expressivo. Essa economia se deve ao fato da bandeira verde ter uma tarifa da demanda na ponta e fora da ponta unificado, diferentemente da azul, onde seria pago um valor consideravelmente alto pela ultrapassagem da demanda contratada.

Do ponto de vista econômico foram feitas análises minuciosas para garantir que todos os custos envolvidos com o projeto fossem considerados, para que dessa maneira o resultado obtido fosse confiável em relação a viabilidade financeira da implantação do gerador. Isso se deve ao fato do hospital ter que investir um grande valor para comprar, instalar e manter o gerador, valor esse que poderia ser aplicado em outro investimento caso a viabilidade financeira não fosse comprovada.

Ao comparar os custos vinculados a fatura sem utilizar o gerador, com a fatura no perfil tarifário adequado utilizando o gerador, foi possível notar que existe uma economia anual de R\$72.216,80. Com essa economia anual ao final do oitavo mês do quinto ano o valor presente líquido já se torna positivo, e a taxa interna de retorno já supera a taxa mínima de atratividade de 15%, fatos esses que já tornam o investimento na utilização do grupo gerador viável.

É importante ressaltar que ao final da vida útil do gerador o hospital não precisará tirar dinheiro dos lucros gerados para compra de um novo. Pois esse valor de depreciação já está incluso dentro do custo da energia gerada. Vale destacar que essa parcela é considerada como uma reserva que foi aplicada com o intuito de gerar um retorno, que auxiliará o hospital na substituição do gerador quando necessário.

A implantação se mostrou viável mesmo considerando situações extremas de mercado, tais como: 1) preço do diesel mais caro do que normalmente pago; 2) não levar em conta o aumento da tarifa de energia, caso continue utilizando energia

da concessionária em horário de ponta; 3) gerador não gera lucro durante o primeiro ano de investimento e 4) Taxa mínima de atratividade utilizada foi 15% sendo maior do que a média de 13,35% dos títulos de investimento do mercado juntamente com a inflação. Caso essas variáveis fossem consideradas o tempo de retorno do investimento e os indicadores financeiros seriam ainda mais atrativos.

REFERÊNCIAS

AES ELETROPAULO. **Nota Técnica 6009**: Requisitos Mínimos para Interligação de Gerador Particular de Consumo Primário com a Rede de Distribuição da AES ELETROPAULO utilizando sistema de Transferência Automática com Paralelismo Permanente. Diretoria de Planejamento e Engenharia. v. 3. Jan. 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Energia no Brasil e no Mundo. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 2007. p.1-12.

_____. Banco de Informações de geração. **Capacidade de Geração do Brasil**. Atualizado 10 mai. 2015. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 13 mai. 2015.

ALVES, Romildo dos Prazeres, **SISTEMAS DE PROTEÇÃO E CONTROLE**. Apresentação parte 2. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

AMBAC, Advantage Series. **Installation Instructions for EC5000 Speed Control Unit**. Elgin, Illinois (USA). Mai. 1999.

BASLER, Electric. **Instruction Manual for Voltage Regulator**. Model AEC42-7. Highland, Illinois. Mai. 1996.

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BCB. **Dados diários Selic**. 2015. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?SELICDIARIOS>>. Acesso em: 8 ago. 2015.

_____. **Relatório de Inflação**. Junho 2015. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/htms/relinf/direita.asp?idioma=P&ano=2015&acaoAno=ABRIR&mes=06&acaoMes=ABRIR>>. Acesso em: 8 ago. 2015.

_____. **Remuneração dos depósitos de poupança**. 2015. Disponível em: <<http://www4.bcb.gov.br/pec/poupanca/poupanca.asp>>. Acesso em: 8 ago. 2015.

BRIGHAM, Eugene F.; GAPENSKI, Luis C.; EHRHARDT, Michael C. **Administração Financeira: teoria e prática**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM ENGENHARIA ELÉTRICA - CPDEE. **Apostila 2 – Disciplina de Conversão de Energia B Introdução à**

Máquina Síncrona. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. 2012. Disponível em: <<http://www.cpdee.ufmg.br/~gbarbosa/Disciplina%20de%20M%E1quinas%20EI%E9tricas/Disciplina%20de%20M%C3%A1quinas%20EI%C3%A9tricas/apost02.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2015.

CHAPMAN, Stephen J. **Fundamentos de Máquinas Elétricas.** 5. ed. Porto Alegre, RS: AMGH, 2013. xix, p. 684.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA - COPEL. **Manual de Eficiência Energética na Indústria.** Diretoria de Distribuição - DDI. Paraná, Nov. 2005. Disponível em: <http://www.sisbin.ufop.br/novoportal/wp-content/uploads/2015/03/Manual_Eficiencia_Energetica_na_Industria-1.pdf>. Acesso em 06 de Abril de 2015.

_____. **Fornecimento em Tensão Primária de Distribuição.** Norma Técnica COPEL 903100. Superintendência Comercial de Distribuição, 2012. Disponível em: <[https://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/6ACD0042883FA54D032578DA00606E34/\\$FILE/NTC903100.pdf](https://www.copel.com/hpcopel/normas/ntcarquivos.nsf/6ACD0042883FA54D032578DA00606E34/$FILE/NTC903100.pdf)> Acesso em: 02 ago. de 2015.

_____. **Operação em Paralelismo Momentâneo.** GERAÇÃO PRÓPRIA. NTC 903105 - SCD/DMEP. Paraná, 2011.

_____. **Taxas e Tarifas COPEL.** 2014. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Ftarifas%2Fpagcopel2.nsf%2Fverdocatual%2F23BF37E67261209C03257488005939EB>>. Acesso em: 5 ago. 2015.

_____. **Terceiro Encontro dos Conselhos de Consumidores.** Distribuição, Paraná, 2014. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/sitearquivos2.nsf/arquivos/22>>. Acesso em 04 de Abril de 2015.

_____. **Tarifas de Energia da COPEL.** Paraná, 2015. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp>>. Acesso em 04 de Abril de 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Entendendo a crise hídrica.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agua-na-agricultura/observatorio-safra-2014-2015>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em:
<<http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Forms/Anurio.aspx>>.
Acesso em: 11 mai. 2015.

FITZGERALD, A. E.; KINGSLEY Jr., C.; UMANS, S. D. **Máquinas Elétricas: Com introdução à eletrônica de potência**. Tradução de Anatólio Laschuk. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

GARCIA, Gabriel. Brasil enfrenta a pior crise energética da história. **O Globo**, São Paulo, 21 jan. 2015. Disponível em:
<<http://noblato.globo.com/geral/noticia/2015/01/brasil-enfrenta-pior-crise-energetica-da-historia.html>>. Acesso em: 13 mai. 2015.

GRUGER. Grupos Geradores. **Orçamento de compra e instalação do grupo gerador**. 2015.

INTERPOWER GERADORES. **Grupos Geradores Unitários e Grupos Geradores Conectados em Paralelo**. 2012. Disponível em:
<<http://interpower-geradores.blogspot.com>>. Acesso em: 07 abr. 2015.

INVESTOPEDIA. **Return on Investment – ROI**. Disponível em:
<<http://www.investopedia.com/terms/r/returnoninvestment.asp>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

INYEN. **Especificações do grupo gerador CNY400**. Cummins serie NTA. 2010. Disponível em:<<http://www.inyen.com.mx/pdf/cummins/400kw/400kw.pdf>>. Acesso em: 6 ago. 2015.

JASPER, Fernando. Governo aposta em queda no consumo e geradores para evitar racionamento. **Gazeta do Povo**. Paraná, 23 mar. 2015. Disponível em:
<<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/governo-aposta-em-queda-no-consumo-e-geradores-para-evitar-acionamento-4iueslgjl1kjdo0cqyq4e7yud>>.
Acesso em: 26 abr. 2015.

MÁQUINAS SÍNCRONAS. Apostila de Máquinas Elétricas 1. STOA. Universidade de São Paulo – USP, 2014. Disponível em:
<http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/183706/mod_resource/content/1/PEA%202400%20Notas%20de%20aula_4_revB.pdf>. Acesso em: 28 mai. 2015.

MARDEGAN, Cláudio. **Interface com a Concessionária**. Proteção e Seletividade –

Capítulo XVI, 2010.

MASSERONI, James; OLIVEIRA, Cristina Maria de. **Utilização de Grupos Geradores Diesel em Horário de Ponta**. Revista Modelos – FACOS/CNEC Osório. Ano 2 –Vol.2 – Nº2, 2012.

MOTA, Henrique de S. **Análise Técnico Econômica de Unidades Geradoras de Energia Distribuída**. 2011. 96 f. Dissertação – Institutos de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2011.

NEDER, Vinicius. **Tarifa de Energia para Industrial Sobe em Média 23,4%**. Revista Exame Online. Editora Abril, Publicado em 06 de Março de 2015. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/brasil/noticias/tarifa-de-energia-para-a-industria-sobe-em-media-23-4>>. Acesso em: 10 mar. 2015.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO - ONS. **Boletim Diário da Operação**. 2015. Disponível em: <http://www.ons.org.br/resultados_operacao/boletim_diario/>. Acesso em: 12 mai. 2015.

PEREIRA, José C. **Princípio de Funcionamento, Instalação, Operação e Manutenção de Grupos Diesel Geradores**. 2009

PREÇO DE COMBUSTÍVEIS. **Preço do diesel em postos de Curitiba**. 2015. Disponível em: <<http://www.precodoscombustiveis.com.br/postos/cidade/4005/pr/curitiba>>. Acesso em: 11 ago. 2015.

PROCEL INDÚSTRIA. **Energia Elétrica: Conceito, Qualidade e Tarifação**. CNI, IEL, Eletrobrás. Guia Básico, 2009. p. 98.

RIBEIRO, Osni M. **Contabilidade Básica Fácil**. 27^o Ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

SOUZA, Rômulo. **Funcionamento do motor**. Instituto Federal do Paraná - IFPR, 2014. Paraná. Disponível em: <<http://image.slidesharecdn.com/03-funcionamentodomotor-140330201723-phpapp01/95/03-funcionamento-do-motor-10-638.jpg?cb=1396210720>>. Acesso em: 27 mai. 2015

STEMAC. Grupos Geradores. **Grupo gerador diesel**. Maio 2013. Disponível em: <http://www.stemac.com.br/pt/produtos/Documents/Lamina%20Comercial-Diesel%2050Hz-pt-Cummins_Serie%20Q.pdf>. Acesso em: 5 ago. 2015.

TUROTTEST. **Catálogo de Sensores Magnéticos**. 2004.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP. **Depreciação, um item importante a se considerar!**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da USP. 2014. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/acom/clipping/arquivos/15-01-14_depreciacao_um_item_importante_a_se_considerar_milk_point_mp.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2015.

WEG INDÚSTRIAS LTDA. **Módulo 4 - Geração De Energia**. 1. ed. Jaraguá do sul, 2013. p. 315.