

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

RODRIGO SCHWEITZER DALMOLIN

**Eficiência energética: diagnóstico energético em uma indústria
de mineração de não ferrosos**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2018

RODRIGO SCHWEITZER DALMOLIN

**Eficiência energética: diagnóstico energético em uma indústria
de mineração de não ferrosos**

Monografia de Especialização
apresentada ao Departamento
Acadêmico de Eletrotécnica da
Universidade Tecnológica Federal do
Paraná como requisito parcial para
obtenção do título de “Especialista em
Eficiência Energética”.

Orientador: Prof. Dr. José Wagner M.
Kaehler

CURITIBA

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EM UMA INDÚSTRIA DE MINERAÇÃO DE NÃO FERROSOS

Por

RODRIGO SCHWEITZER DALMOLIN

Esta monografia foi apresentada às **17 h** do dia **14/06/2018** como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista no CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, **Câmpus Curitiba**. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho:

1		Aprovado
2		Aprovado condicionado às correções Pós-banca, postagem da tarefa e liberação do Orientador.
3		Reprovado

Prof. Joaquim Eloir Rocha
UTFPR - Examinador

Prof. José Wagner M. Kaehler
UTFPR – Orientador

Prof. Luiz Amilton Peplow
UTFPR – Coordenador do Curso

DEDICATÓRIA

Aos meus pais pelo esforço, dedicação e amor por serem a base e o exemplo para a pessoa a qual que me tornei. Dedico também a todos os familiares, noiva e amigos, pelo apoio durante essa jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me manter firme em toda essa trajetória.

Agradeço aos meus pais, familiares e noiva pela confiança e apoio depositados em mim.

Agradeço ao Professor Dr. José Wagner M. Kaehler pelo apoio prestado aos meus estudos e conhecimentos adquiridos para a elaboração deste trabalho. E todos os professores que fizeram parte deste curso pela contribuição.

**“A vitória está reservada para aqueles que estão dispostos a pagar o
preço.”**

(Sun Tzu)

RESUMO

DALMOLIN, Rodrigo S.; Eficiência energética: diagnóstico energético em uma indústria de mineração de não ferrosos. 2018. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Eficiência Energética), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Este trabalho consistiu na realização de um diagnóstico energético em uma indústria de produção de mineração de não ferrosos na região de Colombo, Paraná. Realizou-se pesquisa exploratória, por meio de pesquisa bibliográfica com abordagem descritiva e quantitativa. Foram realizadas visitas técnicas a indústria para levantamento dos processos produtivos e do perfil de consumo de energia, além do levantamento das cargas elétricas empregadas nestes processos. Através de cálculos, determinou-se o potencial de economia com a substituição dos equipamentos antigos por novos de melhor eficiência e para determinação do custo de investimento foram realizados orçamentos com empresas especializadas. Para as análises de investimento do projeto foram utilizados os seguintes indicadores: Payback Simples, Payback Descontado, Taxa Interna de Retorno, Valor Presente Líquido e Índice de Lucratividade. Concluiu-se que a indústria já está enquadrada na melhor opção tarifária do ACR, enquadrada na tarifa horária verde. Com a migração para o mercado livre de energia pode-se obter uma economia mensal média de até 9%, R\$ 5.314,47. O projeto de substituição de todo o sistema de iluminação atual por um sistema de tecnologia LED obteve um Payback Simples de 4 anos e 5 meses, quanto aos outros indicadores, este projeto não se mostrou lucrativo para a empresa. O projeto de substituição do sistema de força motriz atual por motores de alto rendimento apresentou, Payback Simples de 9 anos e 3 meses, Payback Descontado maior que 15 anos, VPL de R\$ - 92.932,57, TIR de 6,83 %, e Índice de Lucratividade de 0,64, a um custo de capital de 14,68 %.

Palavras-Chave: Eficiência Energética. Diagnóstico Energético. Análise Tarifária. Sistema de Iluminação. Sistema de Força Motriz.

ABSTRACT

DALMOLIN, Rodrigo S.; Energy efficiency: energy diagnosis in a nonferrous mining industry. 2018. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Eficiência Energética), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

This work consisted in realization of energy diagnosis in an industry of nonferrous mining production in the region of Colombo, Paraná. Exploratory research was carried out, through bibliographic research with a descriptive and quantitative approach. Technical visits were made to the industry to survey the production processes and profile of energy consumption, as well as the survey of the electric charges used in these processes. Through calculations, the savings potential was determined by replacing old equipment by new ones with better efficiency, and to determine the cost of investment, budgets were made with specialized companies. The following indicators were used for the investment analysis of the project: Simple Payback, Discounted Payback, Internal Rate of Return, Net Present Value and Profitability Index.

It was concluded that the industry is already framed in the best tariff option of the ACR, framed in the green hourly rate. With the migration to the free energy market an average monthly savings of up to 9% can be obtained, R\$ 5.314,47. The project of replacing the entire lighting system with a LED technology resulted in a 4-year and 5-month Simple Payback. For other indicators, this project was not profitable for the company. The Project to replace current powertrain systems by high-performance engines resulted in a 9-year and 3-month Simple Payback, Discounted Payback greater than 15 years, NPV of R\$ - 92.932,57, IRR of 6,83 %, and Profitability Index of 0,64 at a cost of capital of 14,68%.

Keywords: Energy Efficiency. Energy Diagnosis. Tariff Analysis. Illumination System. Powertrain system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Gráfico de tipologia de agentes CCEE.	30
Figura 2 - Consumo por tipo de ambiente de contratação.	30
Figura 3 - Usos finais de energia elétrica no setor industrial.	31
Figura 4 - Evolução de rendimento em motores elétricos.	32
Figura 5 - Custos de um motor elétrico ao longo de 10 anos.	32
Figura 6 - Comparativo de rendimento de motores elétricos.	33
Figura 7 – Classificação de motores elétricos.	34
Figura 8 - Aspecto construtivo de motores de indução trifásicos.	36
Figura 9 - Esquema básico de um sistema trifásico de energia.	37
Figura 10 - Curvas características de um motor de 100 CV.	40
Figura 11 - Usos finais da indústria avaliada.	42
Figura 12 - Gráfico de demandas mensais de energia elétrica – ano 2017.	44
Figura 13 - Gráfico de energia consumida.	45
Figura 14 - Gráfico de custos totais com energia elétrica.	45
Figura 15 - Gráfico de toneladas de produtos vendidos.	46
Figura 16 - Gráfico de toneladas por tipo de produto vendido.	46
Figura 17 - Gráfico de indicadores, Consumo / Produção, Demanda / Produção.	47
Figura 18 - Gráfico de indicadores, Consumo / Produção, Demanda / Produção e Fator de Carga.	48
Figura 19 - Gráfico de potências TR 01 - Fábrica de fertilizantes.	50
Figura 20 - Gráfico de tensões TR 01 – Fábrica de fertilizantes.	51
Figura 21 - Gráfico de correntes TR 01 – Fábrica de fertilizantes.	52
Figura 22 - Gráfico de necessidade capacitiva TR 01 – Fábrica de fertilizantes.	53
Figura 23 - Gráfico de potências TR 02 - Cone de britagem.	55
Figura 24 - Gráfico de tensões TR 02 - Cone de britagem.	56
Figura 25 - Gráfico de correntes TR 02 - Cone de britagem.	57
Figura 26 - Gráfico de necessidade capacitiva TR 02 - Cone de britagem.	58
Figura 27 - Gráfico de potências TR 03 - Britagem.	60
Figura 28 - Gráfico de tensões TR 03 - Britagem.	61
Figura 29 - Gráfico de correntes TR 03 - Britagem.	62

Figura 30 - Gráfico de necessidade capacitiva TR 03 - Britagem.	63
Figura 31 - Gráfico de potências TR 04 - Moinho de calcário.	65
Figura 32 - Gráfico de tensões TR 04 - Moinho de calcário.	66
Figura 33 - Gráfico de correntes TR 04 - Moinho de calcário.	67
Figura 34 - Gráfico de necessidade capacitiva TR 04 - Moinho de calcário.	68
Figura 35 - Gráfico de capacidade de carga dos transformadores	68
Figura 36 - Gráfico de economia Mercado Cativo x Mercado Livre de Energia.	80

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Subgrupos de fornecimento do grupo A.	26
Tabela 2 - Subgrupos de fornecimento do grupo B.	26
Tabela 3 - Comparação entre ACR e ACL.	29
Tabela 4 - Histórico de faturas da empresa.	43
Tabela 5 - Dados dos transformadores da indústria.	48
Tabela 6 - TR 01 - Fábrica de fertilizantes.	49
Tabela 7 - TR 02 - Cone de britagem.	54
Tabela 8 - TR 03 - Britagem.	59
Tabela 9 - TR 04 - Moinho de calcário.	64
Tabela 10 - Dados do levantamento do sistema de iluminação.	69
Tabela 11 - Dados do levantamento do sistema de força motriz.	70
Tabela 12 - Continuação dados do levantamento do sistema de força motriz.	71
Tabela 13 - Dados dos motores selecionados para medição.	72
Tabela 14 - Dados motor 03 - Moinho de calcário.	73
Tabela 15 - Dados motor 04 - Moinho de calcário.	74
Tabela 16 - Dados motores 19 e 20 - Fábrica de granulado.	75
Tabela 17 - Dados motor 60 - Cone de Carregamento.	76
Tabela 18 - Dados motor 70 - Britagem.	77
Tabela 19 - Dados motor 71 - Britagem.	78
Tabela 20 - Comparação entre tarifa horária verde e tarifa horária azul.	79
Tabela 21 - Dados utilizados para análise da migração para o Mercado Livre de Energia.	80
Tabela 22 - Composição de preços com bandeira tarifária verde.	81
Tabela 23 - Composição de preços com bandeira tarifária amarela.	81
Tabela 24 - Composição de preços com bandeira tarifária vermelha patamar 1.	82
Tabela 25 - Composição de preços com bandeira tarifária vermelha patamar 2.	82
Tabela 26 - Análise da substituição da iluminação.	84
Tabela 27 - Análise da substituição da iluminação.	85
Tabela 28 - Análise da substituição do sistema de força motriz.	86
Tabela 29 - Análise da substituição do sistema de força motriz.	87

Tabela 30 - Análise da substituição do sistema de força motriz.	88
Tabela 31 - Análise da substituição do sistema de força motriz (motores não medidos).	90
Tabela 32 - Análise da substituição do sistema de força motriz (motores não medidos).	91

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

A	Ampere
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ACR	Ambiente de Contratação Regulado
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CCEE	Câmara de Comercialização de Energia Elétrica
CV	Cavalo Vapor
$\cos\varphi$	Fator de Potência
EE	Energia Economizada
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FC	Fator de Carga
FC_{ponta}	Fator de Carga na Ponta
$FC_{\text{f. ponta}}$	Fator de Carga Fora de Ponta
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadoria e Serviços
kV	KiloVolt
kvar	KiloVolt Ampere reativo
kW	KiloWatt
kWh	KiloWatt hora
LED	Light Emitting Diode
MME	Ministério de Minas e Energia
M&V	Monitoramento e Verificação
MW	MegaWatt
MWh	MegaWatt hora
n	Rendimento
n_m	Velocidade do rotor
n_s	Velocidade Síncrona
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
P	Potência ativa
P_a	Potência absorvida
P_N	Potência nominal
P_u	Potência útil
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PEE	Programa de Eficiência Energética
PME	Programa de Mobilização Energética
PNE	Plano Nacional de Energia
PNEf	Plano Nacional de Eficiência Energética
Q	Potência reativa
RCB	Relação Custo / Benefício
RDP	Redução da Demanda na Ponta
TIR	Taxa Interna de Retorno
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
V	Volt
VPL	Valor Presente Líquido
W	Watt

LISTA DE ACRÔNIMOS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
EPIA	Associação Europeia da Indústria Fotovoltaica
ESCo	Energy Service Company
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
MDIC	Ministérios do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRODIST	Procedimentos de Distribuição
REN	Resolução Normativa
SIN	Sistema Interligado Nacional

1. SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1. TEMA DE PESQUISA.....	17
1.1.1. Delimitação do tema.....	18
1.2. PROBLEMAS	18
1.3. JUSTIFICATIVA.....	18
1.4. OBJETIVOS	18
1.4.1. Objetivo geral	18
1.4.2. Objetivos específicos.....	19
1.5. METODOLOGIA.....	19
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1. HISTÓRICO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	21
2.2. PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – PEE ANEEL	22
2.3. LEI DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	23
2.4. PLANO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	24
2.5. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO	24
2.6. FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	25
2.6.1. Grupos Tarifários.....	25
2.6.2. Postos Tarifários.....	26
2.6.3. Modalidades Tarifárias	27
2.6.4. Fator de Carga	27
2.6.5. Mercado Livre de Energia.....	28
2.7. MOTOR ELÉTRICO	31
2.7.1. Classificação de motores elétricos.....	34
2.8. FATOR DE POTÊNCIA	38
2.9. ANÁLISE DE CARREGAMENTO DE MOTORES.....	39

2.10. ANÁLISE ECONÔMICA.....	41
3. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DA INDÚSTRIA DE CAL.....	42
3.1. HISTÓRICO DE FATURAS	43
3.2. DADOS DAS INSTALAÇÕES E PROCESSOS	48
3.2.1. Transformadores	48
3.2.1.1. Dados	48
3.2.1.2. Medições.....	49
3.2.2. Sistema de iluminação.....	69
3.2.2.1. Dados	69
3.2.3. Sistema de força motriz	69
3.2.3.1. Dados	69
3.2.3.2. Medições.....	73
4. AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	79
4.1. ANÁLISE TARIFÁRIA	79
4.1.1. Mercado Livre de Energia.....	79
4.2. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO	83
4.3. SISTEMA DE FORÇA MOTRIZ.....	86
5. CONCLUSÃO	92
REFERÊNCIAS	94
ANEXOS.....	101

1. INTRODUÇÃO

1.1. TEMA DE PESQUISA

A matriz energética brasileira, no segmento de energia elétrica tem por base a geração hidrelétrica, porém nos últimos anos a construção de novas usinas com grandes reservatórios foi em sua maioria barrada por questões ambientais. Com essa forte dependência das usinas hidrelétricas, agora com baixa capacidade de reserva hídrica e por conta das condições ambientais desfavoráveis, o País está à beira de uma nova crise energética, a qual só não é mais grave por conta da crise financeira e produção reduzida.

A questão de eficiência energética e a conservação de energia tem se evidenciado pelo alto custo de energia elétrica. Os últimos anos apresentaram um baixo nível pluviométrico no Sistema Elétrico Brasileiro, o que causou o acionamento das usinas térmicas, com um custo produção muito superior ao das hidrelétricas. Com a adoção das bandeiras tarifárias no sistema de tarifação do País este alto custo é repassado mensalmente para os consumidores. Buscando uma solução para a questão energética as indústrias e demais consumidores têm investido em ações de eficiência para reduzir a utilização e conseqüentemente o custo com energia elétrica. As ações de eficiência energética, além de reduzir o consumo e a demanda de energia, também favorece a redução do impacto ambiental com a geração de energia, aumenta a confiabilidade dos processos e melhora a cultura organizacional da empresa.

O primeiro e principal passo para iniciar um projeto de eficiência energética na indústria é a sensibilização e conscientização da alta direção sobre as vantagens que decorrem da gestão de energia nos processos produtivos. Em sendo absorvida esta premissa, passa-se à realização do diagnóstico energético, tem por finalidade analisar a utilização de energia elétrica nos processos produtivos da planta em questão. Visa identificar os tipos de consumo, variáveis de produção e eficiência do uso de energia para a operação da indústria. Com ele pode-se propor medidas corretivas e de eficiência da utilização de energia elétrica e avaliar as conseqüências das medidas tomadas.

1.1.1. Delimitação do tema

Este trabalho visa realizar um diagnóstico dos processos produtivos e dos serviços energéticos de uso final, analisando as oportunidades de eficiência de uma indústria de mineração de não ferrosos.

1.2. PROBLEMAS

A falta de gestão energética das indústrias ocasiona um alto custo e elevado desperdício de energia, particularmente, elétrica utilizada nos processos produtivos. Disto decorreu a necessidade de uma análise mais profunda sobre o tema, o qual ainda possui campo para ser explorado e para evoluir. Assim, o problema de pesquisa é o alto consumo de energia elétrica e a falta de ações de eficiência energética em uma indústria de produção de cal.

1.3. JUSTIFICATIVA

Com a tendência de crescente demanda por energia no Brasil e as restrições de construções de grandes usinas hidrelétricas, a melhor opção tem se mostrado a economia e eficiência no consumo da energia. Indústrias têm percebido que a redução do consumo de energia em seus processos produtivos é um passo inevitável para a saúde financeira da empresa.

Com este trabalho será possível avaliar de forma econômico financeira quais ações de eficiência energética são vantajosas para implementação em uma indústria de cal na cidade de Colombo, Paraná.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo geral

Identificar as oportunidades de eficiência energética em uma indústria do segmento econômico de mineração de não ferrosos.

1.4.2. Objetivos específicos

- Revisão bibliográfica sobre eficiência energética e diagnóstico energético.
- Identificar ações de eficiência energética aplicáveis em indústrias.
- Identificar uma indústria para desenvolvimento de estudo de caso e realização de diagnóstico energético.
- Avaliar possibilidade de aplicar na indústria ações de eficiência energética.
- Avaliar viabilidade técnico econômica.

1.5. METODOLOGIA

- Realizar diagnóstico energético em uma indústria de cal de Colombo Paraná.
- Identificar indústria para realização de diagnóstico energético.
- Levantamento dos dados e processos da indústria.
- Realização de medições nos transformadores e motores da planta.
- Elaboração das curvas de cargas das medições.
- Sugestões de ações de eficiência energética.
- Estudo de viabilidade técnico econômica da implementação das ações.

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em cinco capítulos:

- O primeiro capítulo apresenta a introdução, que consiste no tema de pesquisa, os problemas e premissas, objetivos, justificativa, procedimentos metodológicos e estrutura do trabalho;
- O segundo capítulo descreve a fundamentação teórica sobre o diagnóstico energético, descrevendo o seu processo, os componentes e apresentando os conceitos básicos para a compreensão da análise feita no trabalho;
- O terceiro capítulo apresenta o diagnóstico energético realizado na indústria, expondo os dados das faturas de energia, das instalações e processos e as curvas de cargas da planta analisada;
- No quarto capítulo são descritas as ações de eficiência energéticas a partir dos dados levantados e analisada a viabilidade econômica das ações propostas;

- E o quinto capítulo apresenta as conclusões obtidas com os dados levantados e as análises realizadas para esta indústria.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. HISTÓRICO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

Os cuidados e preocupações com o uso consciente de energia no Brasil evidenciou-se nos últimos anos, porém o país possui um longo histórico de implementação de ações de eficiência energética. Um exemplo de gestão de energia é o horário de verão adotado através do decreto nº 20.466 de 01 de outubro de 1931 em todo o território nacional. Contudo, somente a partir dos anos de 1973 e 1979 com os choques do petróleo é que a conscientização e incentivos ao uso eficiente de energia foram debatidos com vigor (MME, 2007).

Em 1981 foi criado o Programa Conserve, o primeiro programa de iniciativa do poder público para eficiência energética, buscava promover a conservação de energia na indústria, os incentivos as fontes nacionais e a desenvolvimento de produtos mais eficientes. A fim de incentivar a substituição do petróleo por fontes renováveis de energia e impulsionar as medidas de conservação de energia, foi criado em 1982 o PME (Programa de Mobilização Energética) (ALTOÉ, 2017).

No Brasil o Inmetro começou a discutir com a sociedade a criação de programas de avaliação de produtos de acordo com o desempenho energético, criando em 1984 o Programa Brasileiro de Etiquetagem. O PBE funciona aliado ao Plano Nacional de Energia e ao Plano Nacional de Eficiência Energética para incentivar a evolução tecnológica dos produtos nacionais.

Um dos primeiros programas criado pelos Ministérios de Minas e Energia da Indústria e Comércio, em 30 de dezembro de 1985, foi o PROCEL (Programa de Conservação de Energia Elétrica), programa com o objetivo de orientar sobre o uso racional de energia. Para cada setor da economia, o programa desenvolveu ações e formas de atuação para redução do consumo (COSTA, 2015).

O PROCEL possui vários subprogramas, entre eles: PROCEL Info, PROCEL Edifica, PROCEL Indústria, entre outros. Com foco ao consumidor final o mais impactante é o Selo PROCEL Eletrobrás, o qual busca orientar e estimular a aquisição de equipamentos mais eficientes (VIANA, et al., 2012).

Vinculada ao Ministério de Minas e Energia e criada pela lei nº 9.427 de 26 e dezembro de 1996, a Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, tem a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de

energia elétrica no Brasil. Implementa as políticas e diretrizes do governo federal em relação a exploração da energia elétrica e aproveitamento de potencial hidráulico, além de estabelecer tarifas e celebrar a contratação de concessão ou permissão de serviços públicos de energia elétrica.

2.2. PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – PEE ANEEL

Criado em 1998 através da obrigação fixada nos contratos de concessão firmados entre concessionárias de distribuição de energia e a ANEEL, o Programa de Eficiência Energética (PEE) tem o objetivo de promover o uso eficiente de energia elétrica por meio de projetos que demonstram a melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais (ANEEL, 2015).

Em 24 de julho de 2000, foi sancionada a lei nº 9.991, a qual dispõe sobre a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética. Posteriormente atualizada pela lei nº 13.203 de 2015, definiu como percentual mínimo de investimento de 0,50 % da receita operacional líquida das concessionárias de distribuição de energia elétrica em programas de eficiência energética.

Os programas de eficiência energética atendem a vários interesses desde o sistema elétrico, com a energia economizada, a demanda evitada e a postergação de investimentos, chegando até os consumidores com redução no valor da fatura de energia. Além de fortalecer e ampliar o mercado de eficiência energética com as ESCOS, os fabricantes e comerciantes de equipamentos elétricos (POMPERMAYER, 2012).

Através das chamadas públicas as concessionárias buscam promover a transparência dos programas, selecionando projetos com melhores resultados. A avaliação dos projetos leva em consideração, além da Relação Custo/Benefício – RCB, Energia Economizada – EE e Redução da Demanda na Ponta – RDP as ações de gestão, ações educacionais e de divulgação, diversidade de usos finais, entre outros, promovendo assim oportunidade mais isonômicas de participação. As tipologias atendidas pelos projetos são: Industrial; Comércio e serviços; Poder Público, Serviços Públicos; Rural; Residencial; Iluminação Pública (ANEEL, 2015).

No Guia Prático de Chamadas Públicas para Proponentes de Projetos da ANEEL são apresentados os principais itens de uma proposta de projeto de eficiência energética, os quais:

- Apresentação do consumidor e da Energy Service Company - ESCo;
- Avaliação da economia de energia nos usos finais;
- Estratégia de Monitoramento e Verificação - M&V;
- Cronograma;
- Preços e custos;
- Pospostas de ações de marketing e treinamento
- Anexos (catálogos de equipamentos, memória de cálculo, documentos e certidões, etc).

De acordo com a ANEEL, em 1573 projetos concluídos de 2008 até 2015 já foram investidos R\$ 1.993.872.952,20, o que representou em 1.882.446,14 MWh/ano economizados e 576.842,89 kW retirados da ponta (ANEEL, 2015b).

2.3. LEI DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A Lei Federal nº 10.295 de 17 de outubro de 2001, dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, estabelece que o Poder Executivo estabelecerá os níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, das máquinas e aparelhos consumidores de energia (elétricos, derivados de petróleo ou outros insumos energéticos) no país.

Regulamentada pelo Decreto nº 4059 de 19 de dezembro de 2001, o qual instituiu o CGIEE (Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética, composto pela ANEEL, Agência Nacional do Petróleo, MME, Ministérios do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC), Ministério da Ciência e Tecnologia, um representante de universidade e um cidadão brasileiro, têm entre suas competências mais importantes de elaborar regulamentação específica para cada tipo de aparelho e máquina consumidora de energia, acompanhar e avaliar sistematicamente o processo de regulamentação e propor plano de fiscalização.

A Lei de Eficiência Energética constitui um importante marco para o uso de energia elétrica e preservação do meio ambiente, pois faz com que toda a gama de equipamentos fabricados ou comercializados no país tenha um nível mínimo de

eficiência. Além de determinar que sejam tomadas ações de eficiência nas edificações construídas no Brasil (QUEIROZ, 2011).

2.4. PLANO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Com o objetivo de estabelecer as ações de EE para a indústria, edificações, prédios públicos, iluminação pública, saneamento e transporte, o MME juntamente com outros órgãos elaborou o Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf), que visa atender as metas de eficiência energética apresentados no Plano Nacional de Energia (PNE 2030). Tais ações objetivam uma meta de conservação anual de energia de 10 % do consumo energético nacional no horizonte de 2030 (MME, 2018).

Estruturado em 16 diretrizes básicas, tem grande abrangência e envolve a esfera de órgãos governamentais, empresas e outros setores da sociedade, ações e diretrizes que buscam a redução da energia necessária para atender as demandas do mercado. Estas ações abrangem modificações e aperfeiçoamento ao longo dos processos das organizações contribuindo para uma melhor gestão, conversação e organização (MME, 2011).

2.5. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

O diagnóstico energético é a principal ferramenta para projetos de eficiência energética. É por meio dele que se pode verificar quais as deficiências existentes na planta da indústria em análise e que melhorias e benefícios podem ser alcançados, evitando que investimentos sejam feitos em projetos que não trarão o resultado esperado. Estes apontamentos são realizados através de visitas técnicas e levantamentos de dados das principais cargas e processos da instalação da planta.

Segundo a COPEL (2017) um diagnóstico energético deve conter como principais tópicos:

- Identificação da empresa;
- Objetivos do diagnóstico energético;
- Descrição e detalhamento;
- Estratégia de M&V;
- Metas e benefícios;
- Prazos e custos;

- Características dos equipamentos existentes e propostos;
- Memorial de cálculo.

Inicia-se um diagnóstico pelo levantamento de dados onde são encontrados os pontos a serem avaliados, processos de utilização, tipos de utilização, número de equipamentos, dados dos equipamentos, perfil de carga, tempo de utilização, entre outros. A fatura de energia do cliente é uma importante ferramenta para levantamento de dados, além de ser uma fonte confiável (PINTO, 2009).

Assim é possível realizar a análise e tratamento dos dados, obtendo as informações de quais deficiências e problemas foram encontrados na indústria em análise e propor ações para sua solução. As ações propostas devem levar em consideração o valor do investimento para serem realizadas, visto que precisam trazer benefícios em relação a eficiência energética, mas ao mesmo tempo ser um projeto viável em caráter financeiro.

Quanto mais detalhado for o diagnóstico, melhor ele vai expressar as operações, consumos e aplicações de energia dentro da indústria, e com maior clareza será possível avaliar os resultados das ações propostas por ele.

2.6. FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA

Uma das fases na elaboração do diagnóstico energético a análise do fornecimento de energia é utilizada para verificar entre outras características o enquadramento tarifário. Deve-se avaliar o histórico de faturas de energia do consumidor, levando em consideração o perfil de consumo, a demanda contratada, o fator de carga, entre outros fatores determinantes para a opção tarifária de fornecimento de energia. Segundo a REN nº418 da ANEEL de 23 de novembro de 2010, o consumidor que solicitar o fornecimento, a contratação ou o uso do sistema elétrico à distribuidora, esta estará assumindo as obrigações decorrentes deste atendimento.

2.6.1. Grupos Tarifários

Conforme a resolução citada acima, os consumidores são divididos em dois grupos, sendo eles:

- Grupo A – consumidores com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV ou atendidos em sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, atendido em tarifa binômia.

Tabela 1 - Subgrupos de fornecimento do grupo A.

Subgrupos de fornecimento do grupo A	
Subgrupo	Tensão de Fornecimento
A1	Igual ou superior a 230 kV
A2	De 88 kV a 138 kV
A3	69 kV
A3a	De 30 kV a 44 kV
A4	De 2,3 kV a 25 kV
AS	Inferior a 2,3 kV, sistema subterrâneo

Fonte: Autoria própria.

- Grupo B – consumidores com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, atendido em tarifa monômia.

Tabela 2 - Subgrupos de fornecimento do grupo B.

Subgrupos de fornecimento do grupo B	
Subgrupo	Fornecimento
B1	Residencial
B2	Rural
B3	Demais classes
B4	Iluminação Pública

Fonte: Autoria própria.

2.6.2. Postos Tarifários

O posto tarifário é empregado para diferenciar as tarifas cobradas pela concessionária de acordo com o horário de utilização, este não é aplicado aos sábados, domingo e feriados nacionais definidos por lei.

- Horário de Ponta – horário no qual a utilização de energia elétrica tende a ser maior, assim é o horário de maior valor cobrado pela concessionária em relação aos outros. É composto por três horas consecutivas e para a COPEL é estabelecido das 18 horas às 21 horas e durante o horário de verão das 19 horas às 22 horas.

- Horário Intermediário – compreende o período de uma hora anterior e uma posterior ao horário de ponta, aplicado somente a tarifa branca.

- Horário Fora de Ponta – é composto pelo conjunto das horas consecutivas e complementares àquelas do horário de ponta e intermediário.

2.6.3. Modalidades Tarifárias

As modalidades tarifárias podem ser consideradas subgrupos dos subgrupos de fornecimento de energia, são um conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de demanda de potência ativa e de consumo de energia elétrica (ANEEL, 2015a).

Dentro de algumas características o consumidor pode optar por uma modalidade tarifária na qual será enquadrado e é neste ponto que a avaliação tarifária é importante, pois dependendo do perfil de consumo e demanda a escolha da modalidade pode trazer vantagens e desvantagens em relação ao custo de energia, as modalidades tarifárias são:

- Tarifa Horária Azul – Possui tarifas diferenciadas de consumo de energia e demanda de potência, de acordo com o posto tarifário sendo aplicada para unidades consumidoras do grupo A.

- Tarifa Horária Verde - Possui tarifas diferenciadas de consumo de energia de acordo com o posto tarifário e tarifa única de demanda de potência, é aplicada para unidades consumidoras do grupo A.

- Tarifa Convencional – Aplicada a consumidores do grupo B, possui tarifas únicas para consumo de energia e demanda de potência, independentemente do posto tarifário.

- Tarifa Branca – Aplicada a consumidores do grupo B, exceto para as subclasses Baixa Renda do subgrupo B1 e para o subgrupo B4, possui tarifas diferenciadas de consumo de energia, de acordo com o posto horário (Ponta, Intermediário e Fora da Ponta).

2.6.4. Fator de Carga

O Fator de Carga expressa como é utilizada a energia consumida e se está sendo utilizada de forma econômica e racional, é calculado pela relação entre demanda média e demanda máxima. Quanto maior o Fator de Carga, melhor foram

utilizadas as cargas elétricas ao longo do tempo de consumo e assim menor será o custo do kWh. Quando o Fator de Carga é baixo, isto indica que muitos equipamentos são ligados ao mesmo tempo e por um curto período. A equação dada pela REN n°414 da ANEEL de 9 de setembro de 2010 é:

$$FC = \frac{\text{Demanda média}}{\text{Demanda máxima}} \text{ ou} \quad (1)$$

$$FC_{ponta} = \frac{\text{Consumo}_{ponta}}{(\text{Demanda}_{ponta} \cdot 66)} \quad \text{e} \quad FC_{f.ponta} = \frac{\text{Consumo}_{f.ponta}}{(\text{Demanda}_{f.ponta} \cdot 664)} \quad (2)$$

2.6.5. Mercado Livre de Energia

O mercado de energia brasileiro é basicamente dividido em dois sub mercados o ACR (Ambiente de Contratação Regulada) e o ACL (Ambiente de Contratação Livre). No ACR o consumidor é chamado de Cativo, neste sub mercado o consumidor é atendido pela concessionária local onde estão conectados e não tem a possibilidade de negociar o preço da energia, o qual é regulado pela ANEEL. Já no ACL, o consumidor chamado de Livre, pode negociar o valor da energia contratada e optar por um ou outro fornecedor.

Em 1995 através da lei 9.074, ficou estabelecida a figura do Produtor Independente de Energia no artigo 11 e a venda de energia pelo Produtor Independente no artigo 12, também estabeleceu as características dos Consumidores Livres nos artigos 15 e 16. Esta lei, definiu que os consumidores livres deveriam possuir carga superior a 3 MW e tensão acima de 69 kV, para aqueles conectados antes de 08/07/1995, ou qualquer tensão para os conectados após esta data, podendo optar pelo fornecedor de energia. Os consumidores especiais foram criados através da lei 9.648 de 1998 e regulamentados através da REN n° 247 de 21 de dezembro de 2006, onde ficou determinado que o consumidor livre seria a unidade consumidora ou o conjunto de unidades consumidoras pertencentes ao grupo A, cuja carga fosse maior que 500 kW (ANEEL, 2006). A partir de 2004 com estas mudanças o mercado de energia brasileiro ficou chamado de “Novo Modelo”.

Tabela 3 - Comparação entre ACR e ACL.

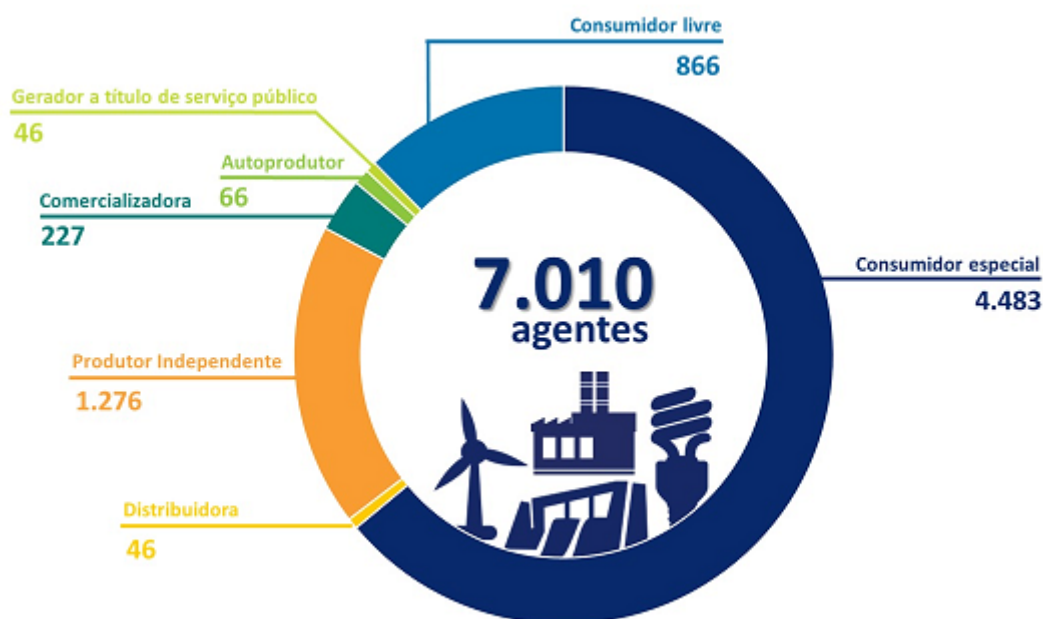
Modelo Antigo (até 1995)	Modelo de Livre Mercado (1995 a 2003)	Novo Modelo (2004)
Financiamento através de recursos públicos	Financiamento através de recursos públicos e privados	Financiamento através de recursos públicos e privados
Empresas verticalizadas	Empresas divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição e comercialização	Empresas divididas por atividade: geração, transmissão, distribuição, comercialização, importação e exportação.
Empresas predominantemente Estatais	Abertura e ênfase na privatização das Empresas	Convivência entre Empresas Estatais e Privadas
Monopólios - Competição inexistente	Competição na geração e comercialização	Competição na geração e comercialização
Consumidores Cativos	Consumidores Livres e Cativos	Consumidores Livres e Cativos
Tarifas reguladas em todos os segmentos	Preços livremente negociados na geração e comercialização	No ambiente livre: Preços livremente negociados na geração e comercialização. No ambiente regulado: leilão e licitação pela menor tarifa
Mercado Regulado	Mercado Livre	Convivência entre Mercados Livre e Regulado
Planejamento Determinativo - Grupo Coordenador do Planejamento dos Sistemas Elétricos (GCPS)	Planejamento Indicativo pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE)	Planejamento pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE)
Contratação: 100% do Mercado	Contratação : 85% do mercado (até agosto/2003) e 95% mercado (até dez./2004)	Contratação: 100% do mercado + reserva
Sobras/déficits do balanço energético rateados entre compradores	Sobras/déficits do balanço energético liquidados no MAE	Sobras/déficits do balanço energético liquidados na CCEE. Mecanismo de Compensação de Sobras e Déficits (MCS D) para as Distribuidoras.

Fonte: Adaptado de CCEE, 2018a.

Instituída através da REN nº 109 de 26 de outubro de 2004 a CCEE (Câmara de Comercialização de Energia Elétrica) tem a finalidade de viabilizar a comercialização de energia elétrica entre concessionários, permissionários e autorizados de serviços e instalações de energia elétrica, é ela que regulamenta e administra os contratos de fornecimento de energia no ACL.

Atualmente a CCEE conta com 7.010 agentes registrados, sendo a maioria, 64 %, de consumidores especiais conforme apresentado na figura 1.

Figura 1 – Gráfico de tipologia de agentes CCEE.

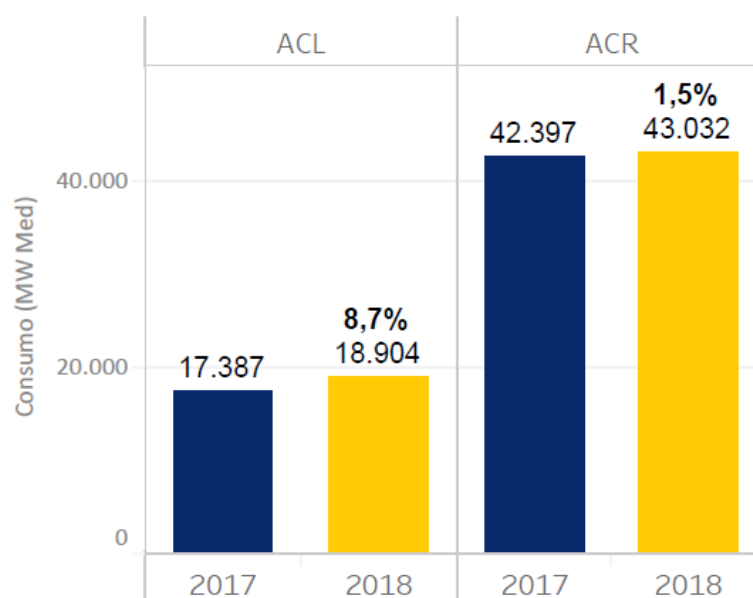


Fonte: CCEE, 2018b.

Segundo a CCEE (2018c) o consumo no ACL aumentou 8,7 % em relação ao ano anterior, representando 30,52 % do consumo nacional com 18.904 MW médios, este aumento é apresentado na figura 2.

Figura 2 - Consumo por tipo de ambiente de contratação.

Consumo por Ambiente

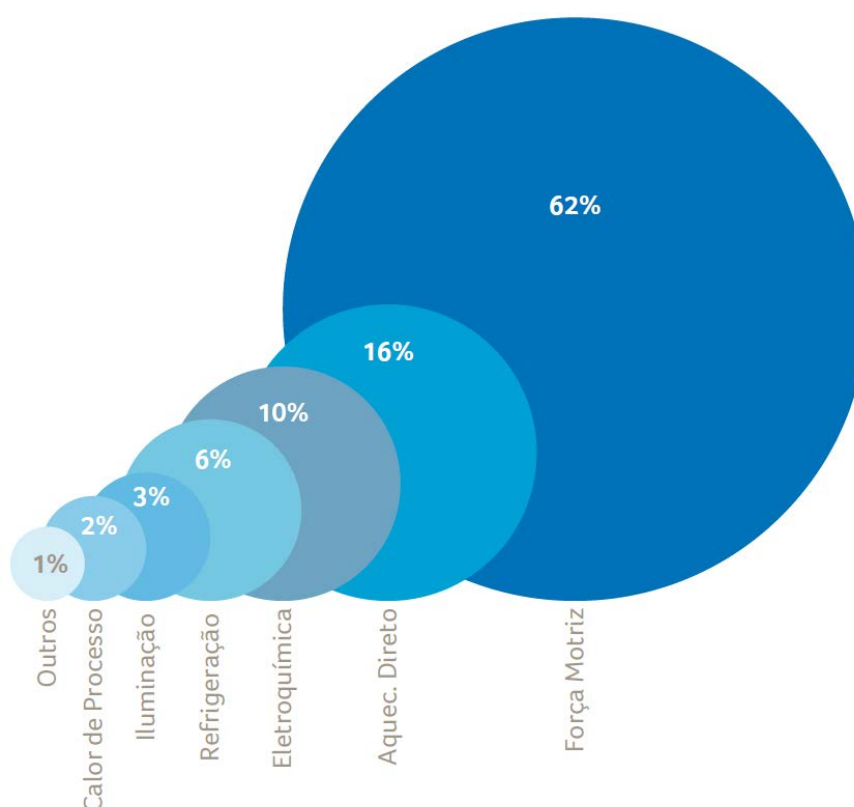


Fonte: CCEE, 2018c.

2.7. MOTOR ELÉTRICO

O motor elétrico é uma máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica e são empregados na maioria dos equipamentos modernos, representado pela força motriz de 62 % do uso final de energia elétrica no setor industrial (FERREIRA, 2016), a comparação com os outros usos finais é apresentada na figura 3.

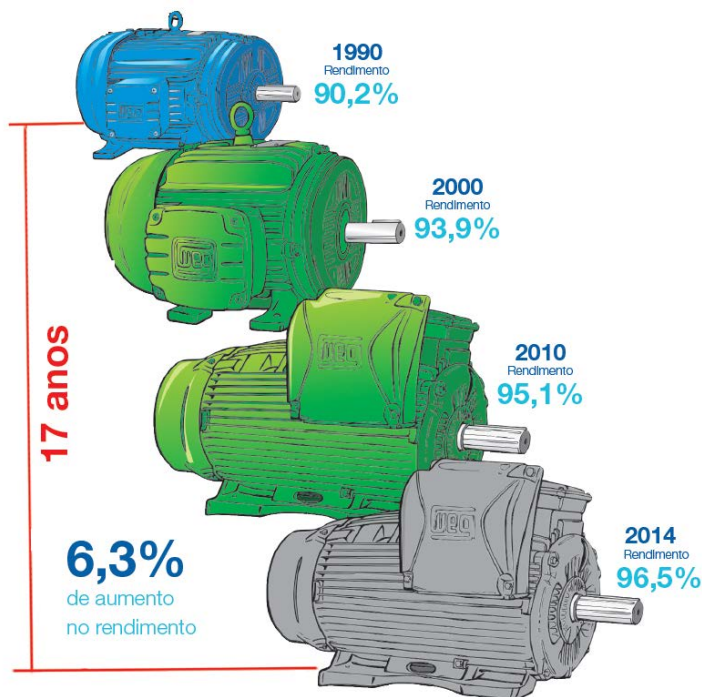
Figura 3 - Usos finais de energia elétrica no setor industrial.



Fonte: FERREIRA, 2016.

As indústrias nacionais possuem uma idade média de 17 anos, considerando que os motores acompanham esta média é possível afirmar que os motores instalados nas indústrias brasileiras estão com rendimento e tecnologia ultrapassados. O rendimento dos motores em 1990 era de 90,2 % e de 96,5 % no ano de 2014, isso acarreta em um ganho de rendimento de 6,3 %, a evolução do rendimento em motores elétricos é apresentada na figura 4 (WEG, 2017).

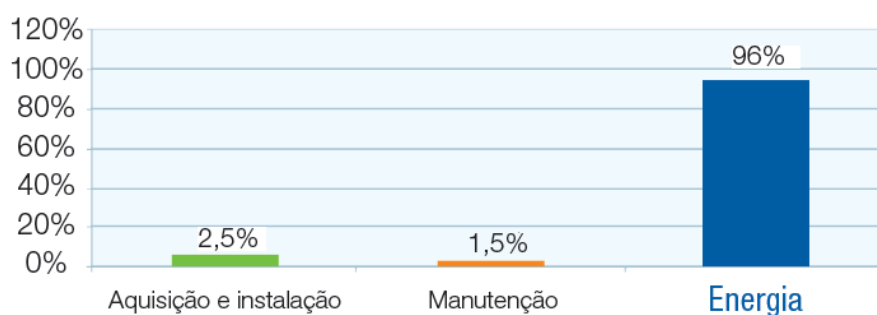
Figura 4 - Evolução de rendimento em motores elétricos.



Fonte: WEG, 2017.

Os motores de alta eficiência têm ganho mercado nas plantas industriais, percebendo-se a vantagem do investimento em motores novos com melhor rendimento frente aos motores antigos, em sua maioria rebobinados e sem manutenção. O custo para aquisição e instalação de um motor elétrico, representa somente 2,5 % do valor total de aquisição e instalação, manutenção e consumo de energia que representa 96 % do custo total em 10 anos. Assim, o consumo com energia elétrica se torna o maior custo na vida útil dos motores elétricos, conforme figura 5 (WEG, 2017).

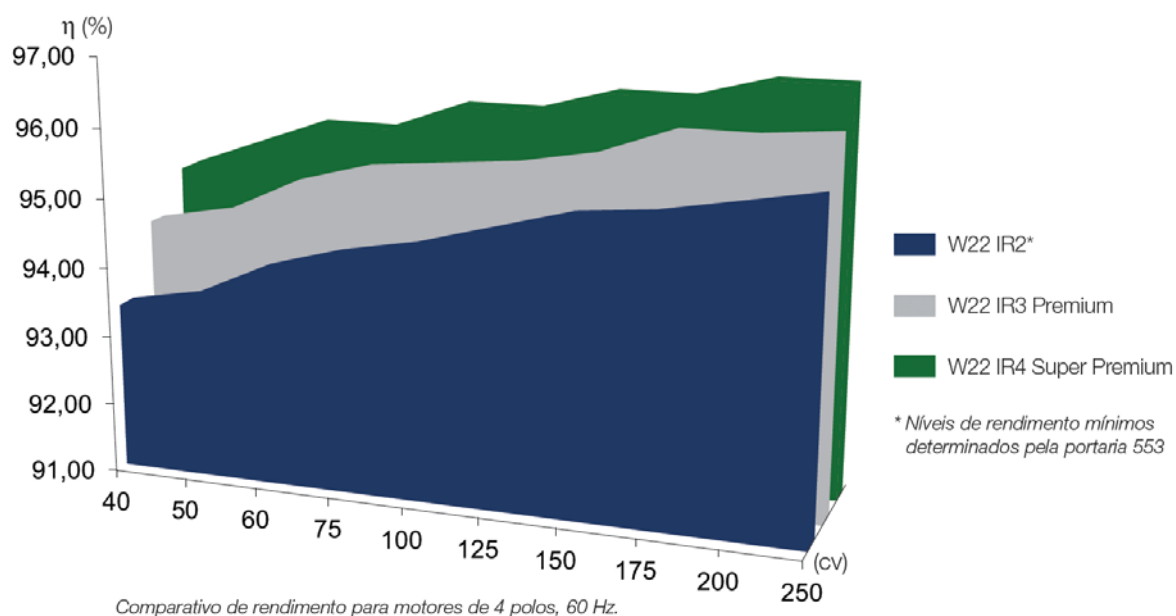
Figura 5 - Custos de um motor elétrico ao longo de 10 anos.



Fonte: WEG, 2017.

Segundo o catálogo da WEG (2016a), os motores Super Premium (IR4) são o que há de mais avançado em termos de rendimento em motores elétricos. Este motor foi desenvolvido levando em consideração os custos de manutenção, instalação e operação dos motores industriais, apresentando perdas de 20 a 40 % menores em comparação aos motores convencionais. Na figura 6 observa-se a comparação de rendimento entre os motores WEG IR2, IR3 e IR4:

Figura 6 - Comparativo de rendimento de motores elétricos.

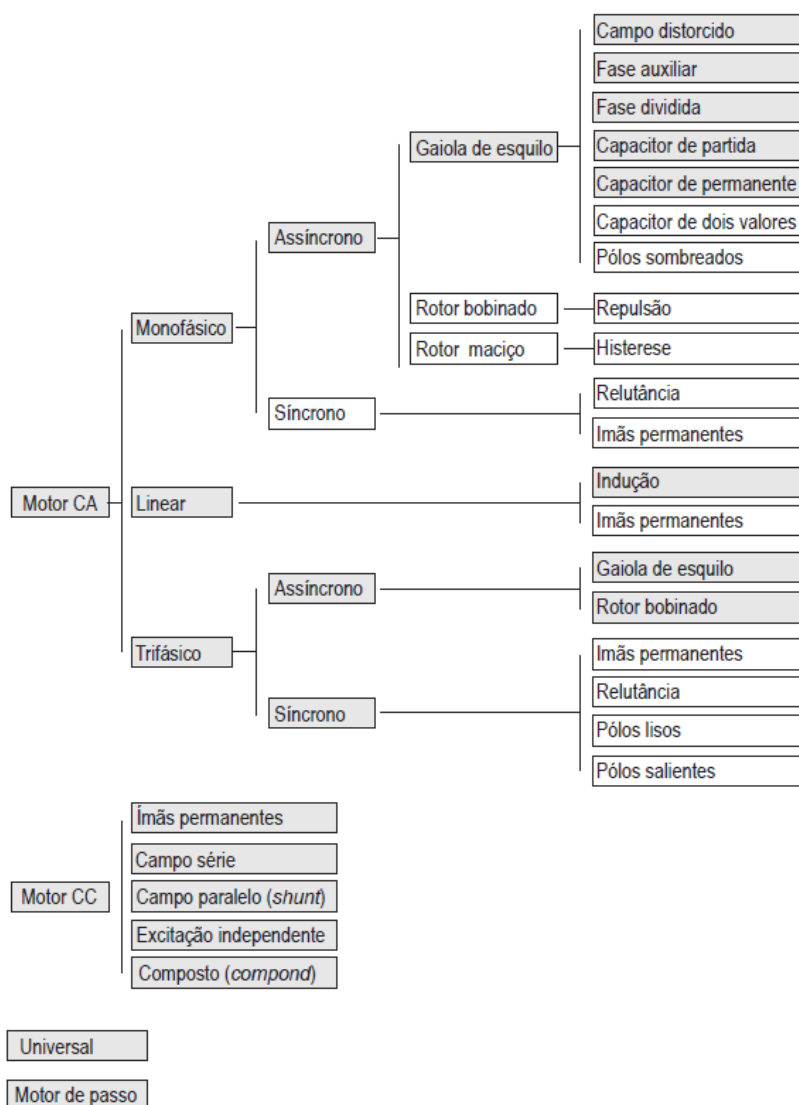


Fonte: WEG, 2016a.

2.7.1. Classificação de motores elétricos

Os motores elétricos podem ser classificados segundo a sua forma de alimentação, motores de corrente alternada, motores de corrente contínua e motores de corrente pulsante, a classificação dos motores elétricos pode ser vista na figura 7.

Figura 7 – Classificação de motores elétricos.



Fonte: ELETROBRÁS, et al., 2009.

Os motores de contínua são acionados por uma fonte de corrente contínua, são utilizados em processos que requerem um controle fino da velocidade (COLVARA, et al., 2014). São divididos em motores de imãs permanentes, motores de campo série, motores de campo paralelo, motores de excitação independente e motores

compostos. Este motor é bastante utilizado em casos que precisa partir com toda a carga, assim são utilizados em guindastes e elevadores (ELETROBRÁS, et al., 2009).

O motor de corrente contínua é composto por:

- Armadura ou induzido (rotor): é a parte girante do motor, é composta pelo eixo, do núcleo da armadura formado por chapas de aço e por um comutador fixado no eixo.

- Indutor ou campo (bobinas): é montado em volta da armadura, responsável pelo campo magnético fixo para interagir com a armadura.

- Carcaça: formada por chapas onde é fixado o enrolamento do campo.

- Escovas: fixadas na carcaça através de molas que as pressionam contra o comutador, são responsáveis por conduzir energia para o rotor.

Os motores de corrente alternada são menos complexos e exigem menos manutenção do que os motores de corrente contínua, pois não possuem contatos móveis em sua estrutura. Funcionam sob a ação de um campo magnético rotativo no estator, gerando uma força magnética no rotor, a sua velocidade de rotação é determinada pela frequência da fonte de alimentação. Podem ser monofásicos, lineares ou trifásicos, porém são divididos principalmente em síncronos e assíncronos (ELETROBRÁS, et al., 2009).

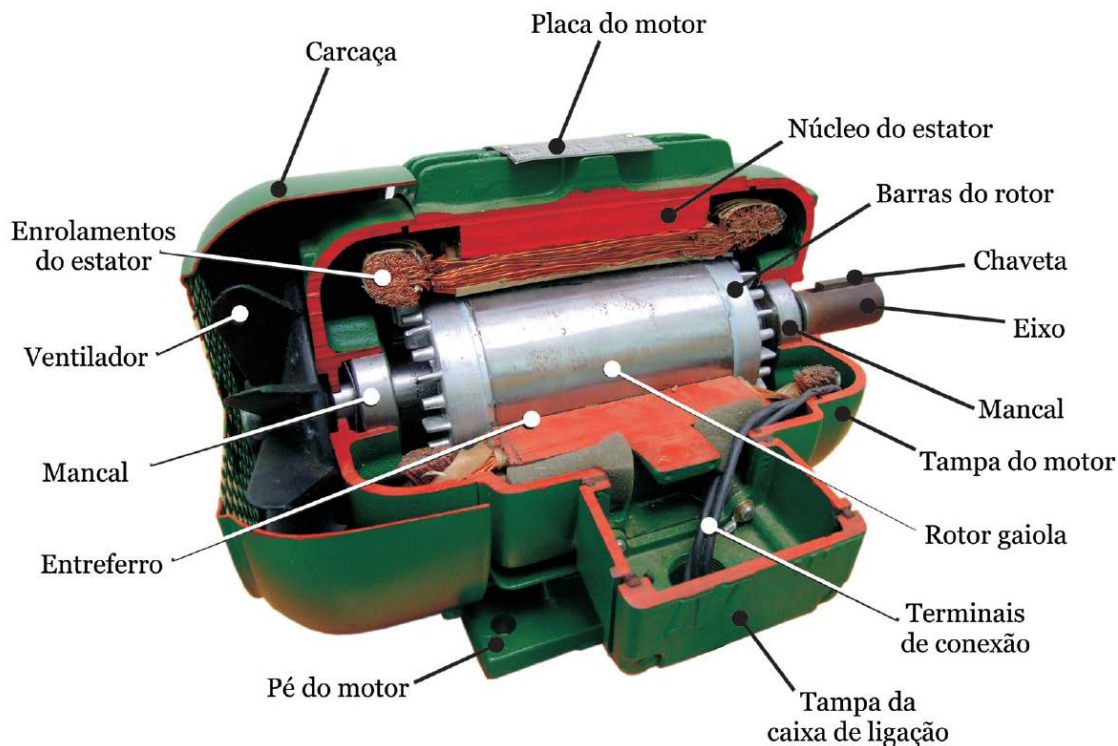
O motor síncrono pode ser usado tanto como motor, convertendo energia elétrica em energia mecânica, quanto como gerador, convertendo energia mecânica em energia elétrica. Este tipo de motor possui excitação dupla, tanto o enrolamento de campo, quanto o enrolamento da armadura são excitados, o que acarreta em uma velocidade de rotação síncrona e em qualquer outra velocidade o torque médio é zero. Em decorrência do seu alto Fator de Potência também pode ser usado para geração de energia reativa. Possui a desvantagem de ter um alto custo de aquisição e exigir mais manutenção do que os motores assíncronos, é utilizado somente em grandes potências (ELETROBRÁS, et al., 2009).

O motor de indução ou assíncrono devido ao baixo custo, robustez e simplicidade, além de ser adequado para quase todos os tipos de máquinas acionadas, é o mais utilizado atualmente. Este funciona normalmente com uma velocidade constante, variando ligeiramente com a carga aplicada ao eixo, contudo sua velocidade pode ser controlada com a aplicação de inversores de frequência (WEG, 2016b).

Os componentes do motor de indução trifásico de rotor gaiola de esquilo (CRUZ, et al., 2015), vistos na figura 8, o qual é o tipo mais empregado na indústria brasileira, são:

- Carcaça: Estrutura que serve de suporte para o motor.
- Estator: É responsável pela geração do campo magnético girante, para maximizar a força magnética é fabricado em aço magnético de alta permeabilidade.
- Enrolamento: É o conjunto de três bobinas de fio de cobre esmaltado, tem a função de formar um sistema trifásico defasado em cento e vinte graus.
- Rotor: Formado por barras longitudinais e paralelas curto – circuitadas por dois anéis condutores nas extremidades.
- Eixo: Fixado ao rotor, possui a função de transmitir a energia mecânica gerada pelo movimento do rotor.
- Outros/Acessórios: Tampa, ventilador, tampa defletora de ar, caixa de ligação, terminais e rolamentos.

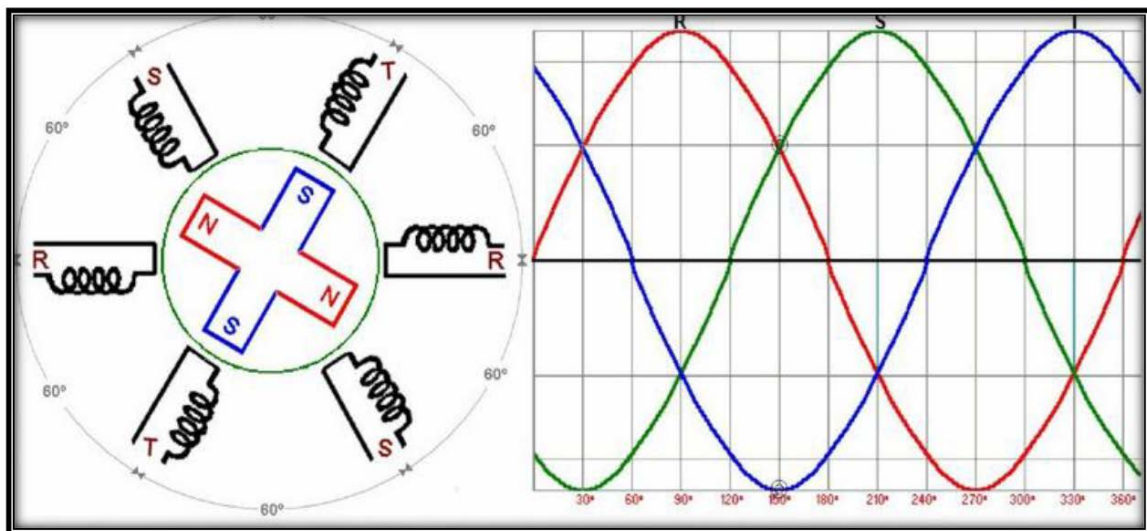
Figura 8 - Aspecto construtivo de motores de indução trifásicos.



Fonte: VIANA, et al., 2012,

Os motores de indução trifásicos funcionam pela presença de três bobinas de fio de cobre esmaltado dispostas equidistantes entre si a cento e vinte graus nas ranhuras do estator. Alimentando o motor, faz-se circular no interior do estator uma corrente elétrica defasada em cento e vinte graus no tempo, gerando um campo magnético no entreferro do estator (CRUZ, et al., 2015).

Figura 9 - Esquema básico de um sistema trifásico de energia.



Fonte: CRUZ, et al., 2015.

A velocidade síncrona do motor de indução é determinada pela quantidade de polos magnéticos e pela frequência da rede de alimentação:

$$n_s = \left(\frac{120}{n^\circ \text{ polos}} \right) \cdot f_e \text{ (rpm)} \quad (3)$$

Onde:

- n_s representa a velocidade síncrona do motor, em rpm;
- f_e representa a frequência da rede de alimentação do motor, em Hz;

No caso do motor de indução com rotor gaiola de esquilo, a velocidade síncrona é diferente da velocidade de rotação do rotor, a diferença entre essas velocidades é chamada de velocidade de escorregamento e a razão entre a velocidade de escorregamento e a velocidade síncrona é chamada de escorregamento, expresso pela fórmula:

$$s = \frac{n_s - n_m}{n_s} \quad (4)$$

Onde:

- s representa o escorregamento;
- n_s representa a velocidade síncrona do motor, em rpm;
- n_m representa a velocidade do rotor, em rpm;

O rendimento representa a eficiência em que a potência elétrica é convertida em potência mecânica na ponta do eixo do motor, é a relação entre potência útil e potência absorvida:

$$n = \frac{P_u (W)}{P_a (W)} \quad (5)$$

Onde:

- n representa o rendimento;
- P_u representa a potência útil, em watts;
- P_a representa a potência absorvida, em watts;

Muitos motores instalados atualmente nas indústrias já foram rebobinados, considera-se uma perda de rendimento de 1 a 5 % a cada rebobinagem (WEG, 2016a).

2.8. FATOR DE POTÊNCIA

Um motor elétrico não consome apenas energia ativa, consome também energia necessária para a magnetização, chamada de energia reativa e esta energia não é transformada em trabalho. O fator de potência é obtido na relação entre potência ativa e potência aparente:

$$\cos \varphi = \frac{P (W)}{S (kVA)} \quad (6)$$

Onde:

- $\cos \varphi$ representa o fator de potência;
- P representa a potência ativa, em watts;
- S representa a potência aparente, em quilovolt ampere;

A energia reativa limita a capacidade de transmissão de energia ativa, assim através da portaria nº 85 do DNAEE, de 25 de março de 1992, buscou-se reduzir a ocupação das linhas de transmissão e distribuição com energia reativa aumentando o Fator de Potência de referência para cargas de 0,85 para 0,92. A correção do Fator de Potência é realizada através da instalação de capacitores ou um motor síncrono super excitado em paralelo com a carga, por conta do custo de instalação o mais utilizado nas plantas industriais é o capacitor (WEG, 2016b). O cálculo para obter a quantidade de capacitores necessários para realizar a correção do fator de potência é (SILVA, 2009):

$$Q = P \cdot (\tan(\arccos(\varphi_1)) - \tan(\arccos(\varphi_2))) \quad (7)$$

Onde:

- Q representa a potência do banco de capacitores a ser instalado, em kVAR;
- P representa a potência ativa demandada pela carga, em kW;
- φ_1 representa o ângulo relativo ao fator de potência antes da correção;
- φ_2 representa o ângulo relativo ao fator de potência requerido após a correção;

A correção do fator de potência também pode ser calculada pelo procedimento simplificado do fabricante de motores (WEG, 2016b), mostrado a seguir:

$$Q = \frac{P \cdot 0,736 \cdot F \cdot 100 \%}{\text{Rend.}\%} \quad (8)$$

Onde:

- Q representa a potência trifásica do banco de capacitores a ser instalado;
- P representa a potência nominal do motor, em CV;
- Rend. % representa o rendimento do motor;
- F representa o fator de correção, obtido da tabela do anexo 1;

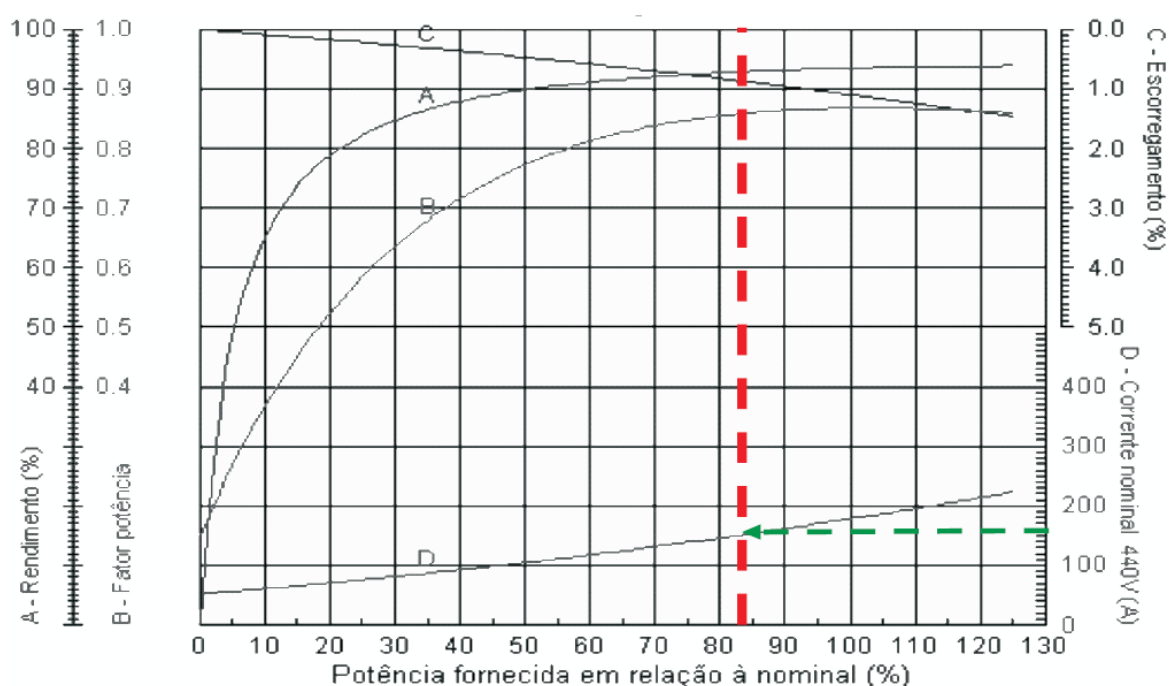
2.9. ANÁLISE DE CARREGAMENTO DE MOTORES

Pelas informações das características de operação dos motores elétricos obtém-se as reais condições de carregamento dos mesmos. O método mais utilizado em campo é a medição dos parâmetros elétricos com um analisador de energia, aliada ao levantamento dos dados de placa e catálogos dos fabricantes, assim com estes

dados e a curva característica do motor é possível determinar o Rendimento, o Fator de Potência, a Corrente Nominal e o Escorregamento para análise.

O livro *Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações* (VIANA, et al., 2012), apresenta, conforme a figura 10, a análise realizada em um motor de 100 CV, 4 polos, alimentado em 440 V. Através da medição, verificou-se que este motor estava operando com uma corrente de 150 A, assim apresentou um rendimento de 93 % potência de trabalho de aproximadamente 83 % em relação a nominal.

Figura 10 - Curvas características de um motor de 100 CV.



Fonte: VIANA, et al., 2012.

Um ponto importante para evitar as perdas nos motores é o equilíbrio de tensões nas fases, este desequilíbrio gera correntes excessivas circulando no motor, o que provoca o aumento das perdas, elevando a temperatura e reduzindo a vida útil do motor. O desequilíbrio de tensões nas fases pode ser corrigido equilibrando circuitos de iluminação, utilizar condutores de bitola e comprimento iguais e sem emendas e conferir o funcionamento dos bancos de capacitores (ELETROBRÁS, et al., 2009). As perdas no motor são proporcionais ao quadrado do desequilíbrio da tensão:

$$L = 2 (V_u)^2 \quad (9)$$

Onde:

- L representa a porcentagem de aumento das perdas;
- V_u representa a porcentagem de desequilíbrio de tensão entre fases;

2.10. ANÁLISE ECONÔMICA

Os investimentos em equipamentos e ações de eficiência energética precisam ser avaliados não só pela contribuição com a redução de consumo, mas também como o custo do projeto será remunerado para a empresa. Essas análises têm por base os fluxos de caixa dos investimentos, usados para projetar os valores e capacidade de pagamentos futuros (GITMAN, 2010).

Indicadores econômicos podem ser usados para avaliar um investimento (DALMOLIN, 2017), alguns deles são:

- Custo de Capital: representa a taxa de rentabilidade mínima exigida pelo investidor para o projeto, demonstra a rentabilidade do capital caso o valor do projeto valor fosse investido em outra aplicação.

- Payback Simples: determina o número de anos necessários para recuperar o valor de um investimento, sem considerar o valor do dinheiro ao longo do tempo do projeto.

- Payback Descontado: este indicador determina o número de anos para se recuperar o valor do investimento, porém considera os fluxos de caixa descontados no tempo de Payback ao custo do capital, analisa ao longo do tempo o valor do dinheiro recuperado.

- TIR: a Taxa Interna de Retorno demonstra a taxa de retorno do investimento caso os fluxos de caixa sejam reinvestidos ao longo do tempo do projeto.

- VPL: o Valor Presente Líquido, considera o custo de capital do investimento e analisa se o fluxo de caixa operacional está remunerando a empresa em função deste custo.

- Índice de Lucratividade: determina o número de vezes que o total de entradas do fluxo de caixa descontado cobrem o total de saídas no fluxo de caixa. Um projeto é aceito para investimento quando este índice é maior que 1 (um).

3. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DA INDÚSTRIA DE CAL

Este diagnóstico energético foi realizado em uma indústria de produção de cal, localizada na cidade de Colombo, Paraná. Foram realizadas visitas técnicas afim de conhecer os processos de produção, realizar os levantamentos e as medições de energia. Apresenta a situação atual dos processos e consumos de energia elétrica da indústria e propõem e analisa ações de eficiência energética para os problemas encontrados, assim foram avaliados os conceitos de análise tarifária, sistema de transformação de energia, sistemas de iluminação e sistemas motrizes.

A planta da indústria possui 4 setores principais:

- A Britagem: é onde são recebidas as pedras maiores que chegam da pedreira, onde são quebradas em pedaços menores e distribuídas por tamanho em grandes peneiras para cada setor.

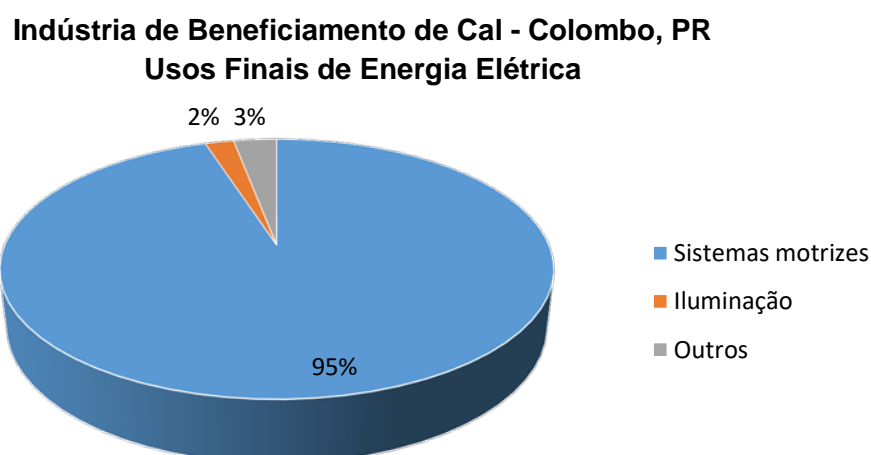
- O Cone de Britagem: onde os pedaços intermediários são quebrados novamente para irem para o Moinho de Calcário.

- O Moinho de Calcário: os pedaços menores que vieram do Cone de Britagem são moídos até virarem pó, se tornando calcário.

- E a Fábrica de Fertilizante: onde o calcário passa por processos de mistura e beneficiamento para ser transformado em fertilizante.

Durante o levantamento, foram avaliados os usos finais da indústria, os quais são basicamente divididos em sistemas motrizes e iluminação, como pode ser visto na figura 11.

Figura 11 - Usos finais da indústria avaliada.



Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos realizados.

3.1. HISTÓRICO DE FATURAS

Tabela 4 - Histórico de faturas da empresa.

Mês	Posto Horário	Energia (kWh)		Demanda (kW)		Fator de Carga (%)	Custo Total (R\$/mês)
		Ativa	Reativa	Cont.	Medida		
Jan.	F. Ponta	116.629	16.573	480	472,17	37%	R\$ 64.118,31
	Ponta	786	0		31	38%	
Fev	F. Ponta	22.496	6.796	480	381,45	9%	R\$ 20.109,94
	Ponta	760	0		31	37%	
Mar	F. Ponta	102.745	9.414	480	463,53	33%	R\$ 56.697,78
	Ponta	533	0		194	4%	
Abr	F. Ponta	18.750	1.778	480	232,84	12%	R\$ 16.328,27
	Ponta	855	45		247	5%	
Mai	F. Ponta	37.774	151	480	346,46	16%	R\$ 23.480,30
	Ponta	559	42		29,00	29%	
Jun	F. Ponta	75.431	1.580	480	465,26	24%	R\$ 43.698,36
	Ponta	1.002	0		123	12%	
Jul	F. Ponta	83.825	1.150	480	459,64	27%	R\$ 49.119,45
	Ponta	739	0		26	42%	
Ago	F. Ponta	87.197	152	480	459,21	29%	R\$ 53.586,15
	Ponta	642	0		22	43%	
Set	F. Ponta	134.819	417	480	472,60	43%	R\$ 77.811,39
	Ponta	863	0		29	46%	
Out	F. Ponta	155.232	216	480	453,60	52%	R\$ 88.803,02
	Ponta	855	0		26	49%	
Nov	F. Ponta	172.910	555	480	483,84	54%	R\$ 102.791,45
	Ponta	847	0		24	53%	
Dez	F. Ponta	146.515	1.124	480	473,47	47%	R\$ 87.814,48
	Ponta	764	0		24	48%	
Média	F. Ponta	96.194	3.326	480	430,34	31,95%	R\$ 57.029,91
	Ponta	767	7		67,28	34,00%	
Total	F. Ponta	1.154.323	39.906				R\$ 684.358,9
	Ponta	9.205	87				

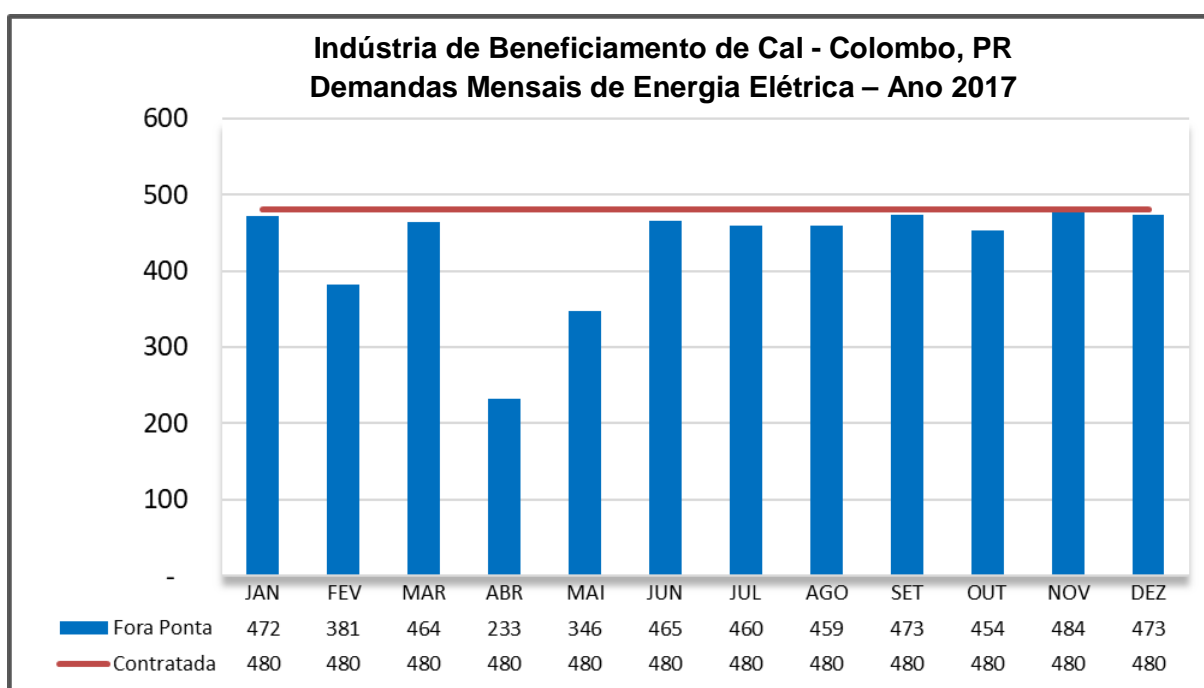
Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

Com o histórico de consumo, observa-se que o consumo durante o horário de ponta é mínimo, quase inexistente, isso é justificado pela parada dos equipamentos neste horário por conta do custo da energia.

Verifica-se que nos três primeiros meses do ano a indústria apresentou sérios problemas por baixo fator de potência e a partir do mês de abril, foram instalados bancos de capacitores nos quadros de distribuição de cada transformador para corrigir o problema. Porém foi constatado que os bancos precisavam de capacitores fixos para a correção dos transformadores a vazio, isto explica o fato de ocorrer consumo de energia reativa nos meses seguintes.

De acordo com legislação atual, toda unidade consumidora do Grupo A é obrigada a contratar uma demanda de potência. Sobre o valor contratado existe uma tolerância de 5%, ou seja, se a demanda exceder os 5% do contrato é cobrada a multa por ultrapassagem de demanda. A demanda faturada é o máximo valor entre a demanda máxima medida e a demanda contratada. A demanda contratada pela empresa encontrasse em um valor aceitável, não apresenta ultrapassagem de demanda e ao mesmo tempo não há excesso de demanda sem utilizar.

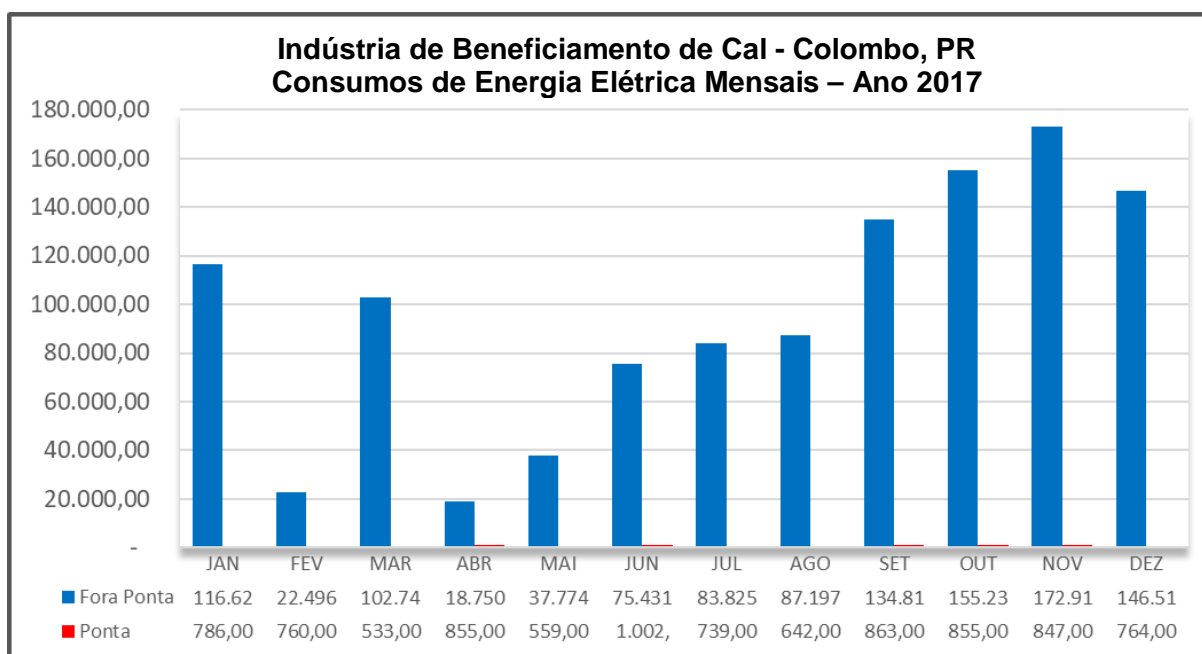
Figura 12 - Gráfico de demandas mensais de energia elétrica – ano 2017.



Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

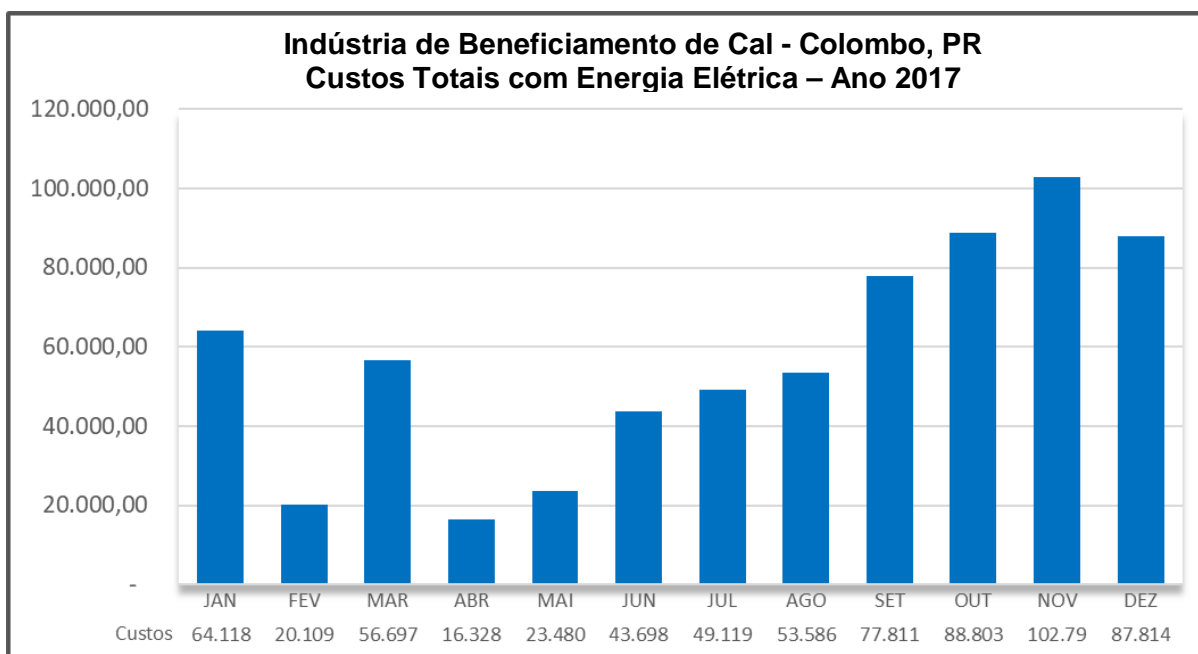
Conforme apresentado na figura 12, nota-se que ao longo do ano de análise a demanda utilizada não sofreu uma variação acentuada, somente nos meses de fevereiro, abril e maio, por conta da redução de produção é que a demanda consequentemente ficou reduzida.

Figura 13 - Gráfico de energia consumida.



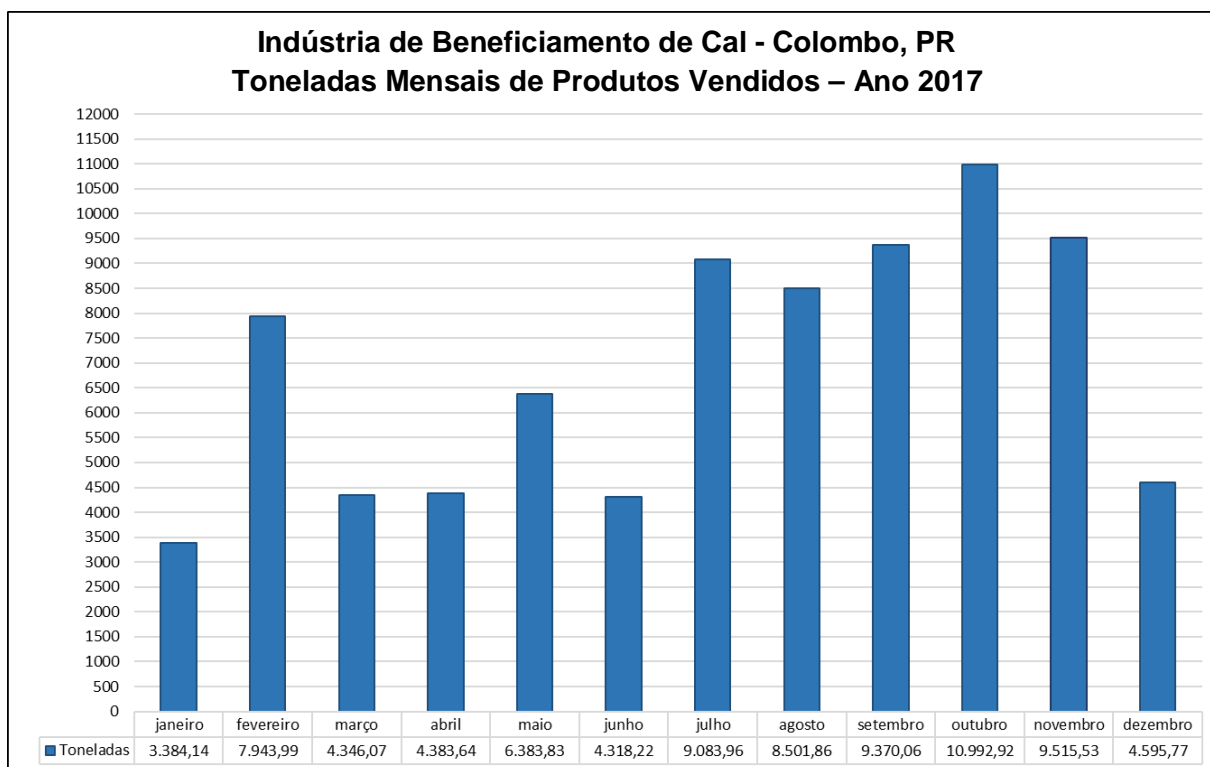
Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

Figura 14 - Gráfico de custos totais com energia elétrica.



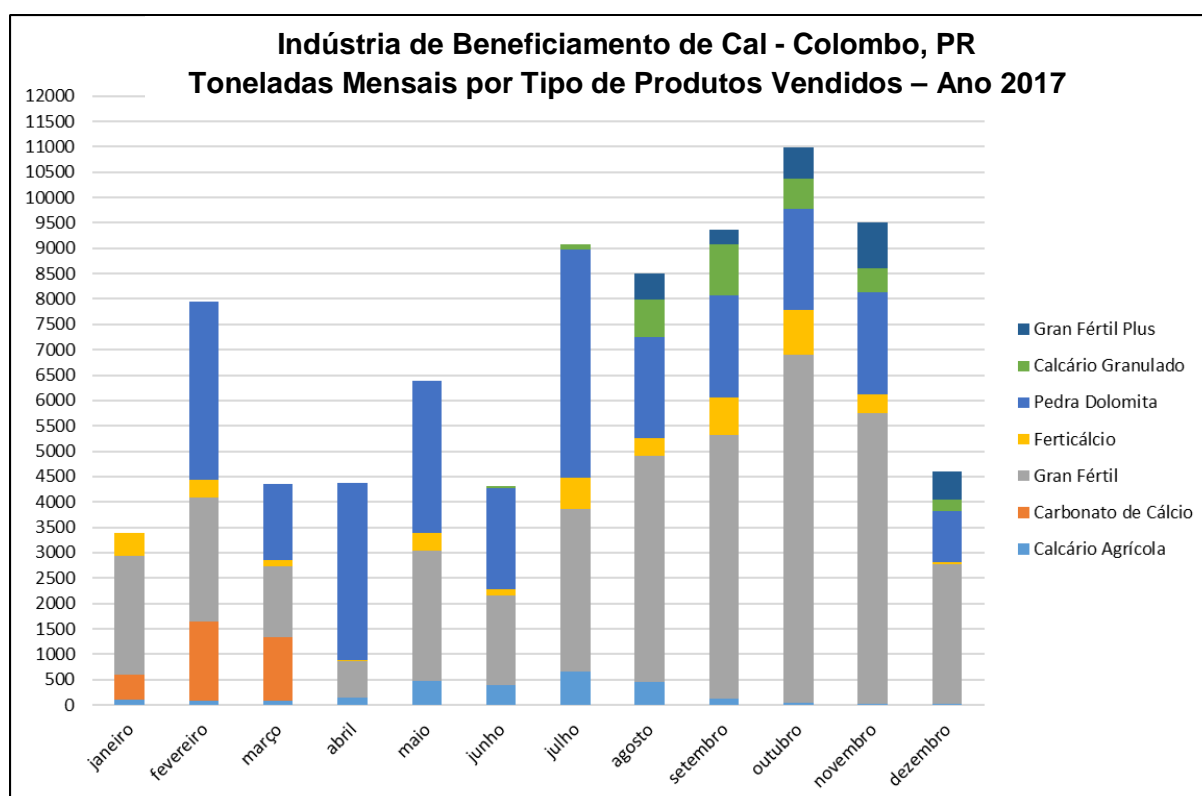
Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

Figura 15 - Gráfico de toneladas de produtos vendidos.



Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

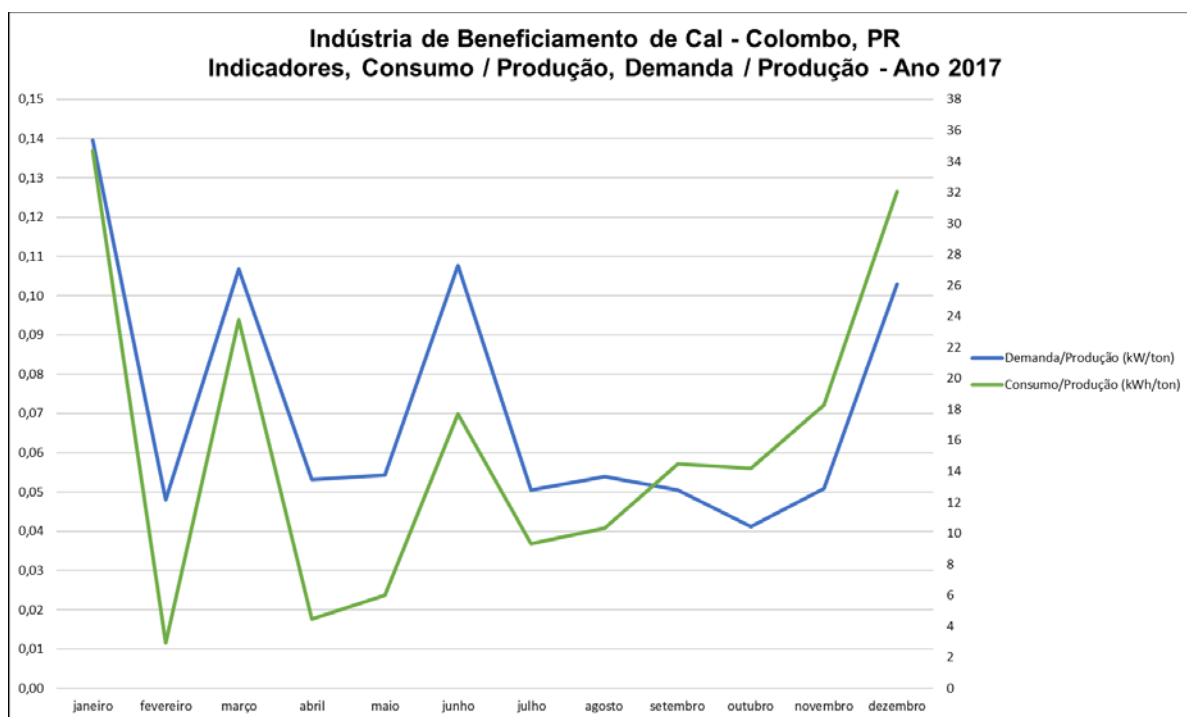
Figura 16 - Gráfico de toneladas por tipo de produto vendido.



Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

O perfil de vendas em toneladas de produto acompanha o perfil de consumo de energia elétrica. Observa-se que os dois produtos mais vendidos e mais influentes sobre o consumo são o fertilizante Gran Fértil e a Pedra Dolomita.

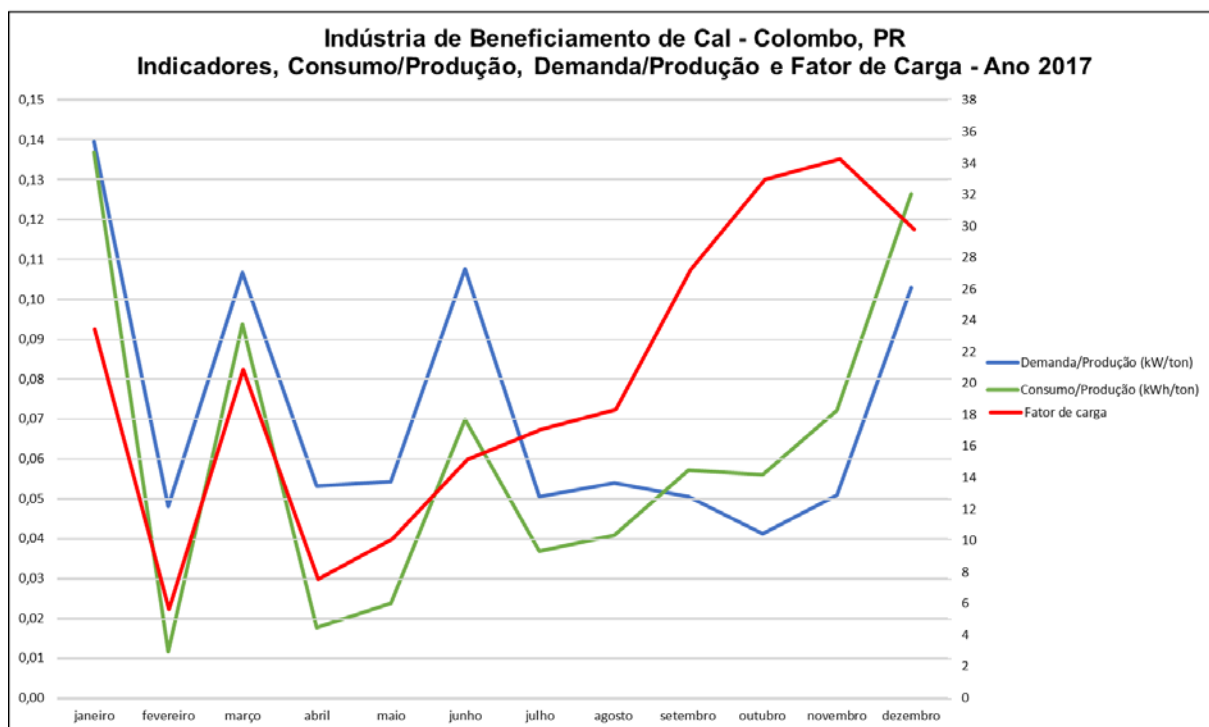
Figura 17 - Gráfico de indicadores, Consumo / Produção, Demanda / Produção.



Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

A figura 17 apresenta as linhas de tendência e o perfil dos indicadores Consumo / Produção e Demanda / Produção, estes indicadores expressam a Intensidade Elétrica do ciclo produtivo da indústria. Nota-se que os dois indicadores sofrem as mesmas variações ao longo do ano de produção, porém analisando-se as linhas de tendência verifica-se que a linha de tendência do Consumo / Produção está aumentando ao longo do ano, ao contrário da Demanda / Produção que está indicando um declínio. No início do mês de setembro verifica-se que as linhas de tendência se cruzam, isto indica que a relação consumo e demanda passou a ser melhor aproveitada.

Figura 18 - Gráfico de indicadores, Consumo / Produção, Demanda / Produção e Fator de Carga.



Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

Quando os gráficos de indicadores são sobrepostos ao gráfico de Fator de Carga confirma-se que a relação consumo demanda está sendo melhor utilizada, nota-se que no momento em que as linhas dos indicadores se cruzam o Fator de Carga obteve um significativo aumento.

3.2. DADOS DAS INSTALAÇÕES E PROCESSOS

3.2.1. Transformadores

3.2.1.1. Dados

A indústria possui quatro transformadores:

Tabela 5 - Dados dos transformadores da indústria.

TR	Setor	Potência	Tensão Sec.	Corrente Nominal	Imp. Percentual
01	Fáb. de Fertilizante	300 kVA	220/127 V	787,30 A	4,0 %
02	Cone de Britagem	225 kVA	220/127 V	590,47 A	3,5 %
03	Britagem	225 kVA	220/127 V	590,47 A	3,5 %
04	Moinho de Calcário	225 kVA	220/127 V	590,47 A	3,5 %

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

3.2.1.2. Medições

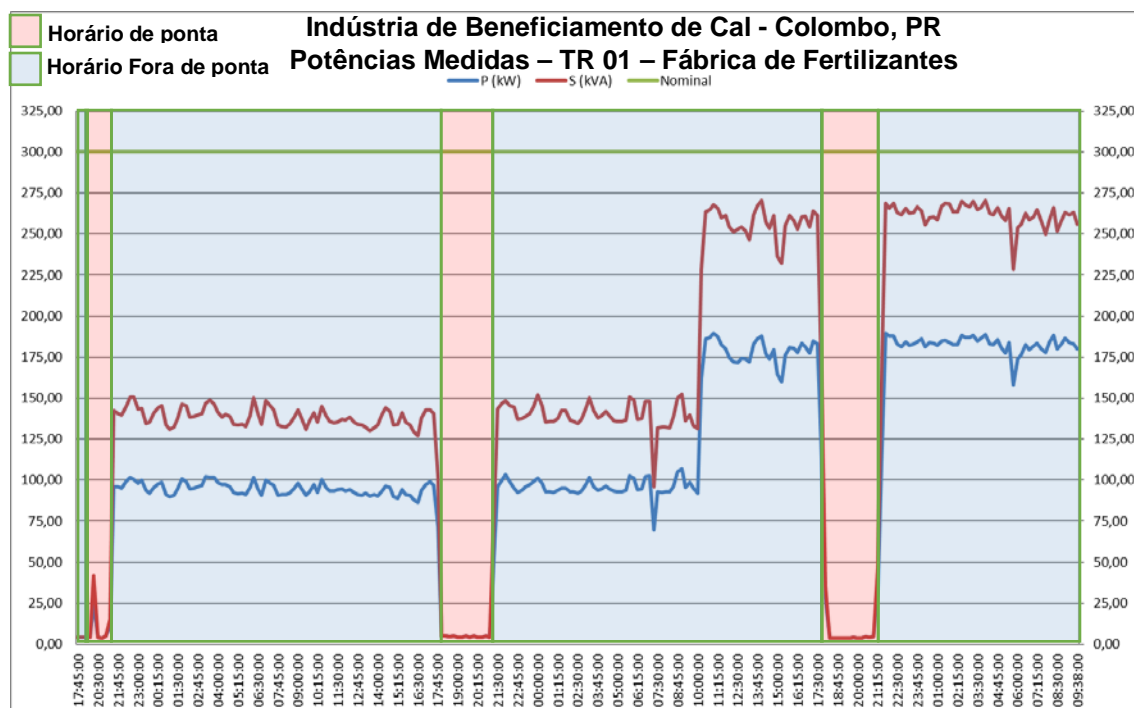
Visando analisar a utilização e a qualidade de energia elétrica na baixa tensão dos transformadores da indústria, foi utilizado um analisador de energia com integração de um minuto. As tabelas e gráficos a seguir mostram os dados obtidos nas medições.

Tabela 6 - TR 01 - Fábrica de fertilizantes.

DADOS DO TRANSFORMADOR	
Tipo de Equipamento	TR 01 - FÁB. DE FERTILIZANTE
Potência Nominal	300 kVA
Impedância Percentual	4,00%
Tensão Nominal	220 V
Corrente Nominal	787,30 A
DADOS DA MEDIÇÃO	
DADOS DE POTÊNCIA	
Demanda Máxima	189,40 kW
Potência Aparente Máxima	270,50 kVA
Carregamento Percentual	90%
DADOS DE TENSÃO	
Tensão Máxima	228,0 V
Tensão Mínima	205,0 V
Variação de Tensão	3,65%
	-6,82%
Desequilíbrio de Tensão	2,08%
DADOS DE CORRENTE	
Corrente Máxima Registrada	746,40 A
Corrente Mínima Registrada	9,4 A
Desequilíbrio de Corrente	19,64%
Corrente Desequilíbrio	80,40 A
DADOS FATOR DE POTÊNCIA	
Fator de Potência desejado	92%
Necessidade Capacitiva	114,7 kvar
Fator de Potência crítico	67%
Liberção de Carga com a Correção	73,50 kVA

Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

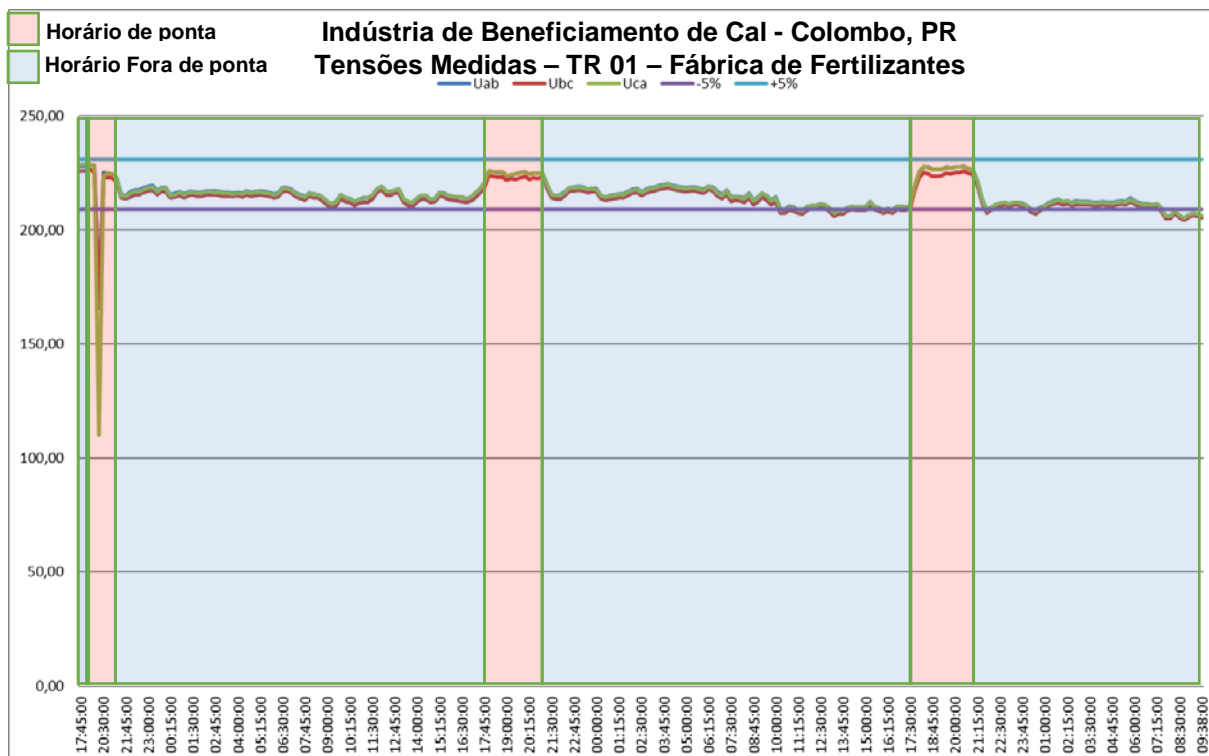
Figura 19 - Gráfico de potências TR 01 - Fábrica de fertilizantes.



Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

A máxima demanda registrada foi de 189,4 kW e a máxima potência aparente registrada que foi de 270,5 kVA, o carregamento percentual do transformador foi de 90 %. Porém grande parte do período de medição o transformador operou com aproximadamente 50 % de carregamento.

Figura 20 - Gráfico de tensões TR 01 – Fábrica de fertilizantes.



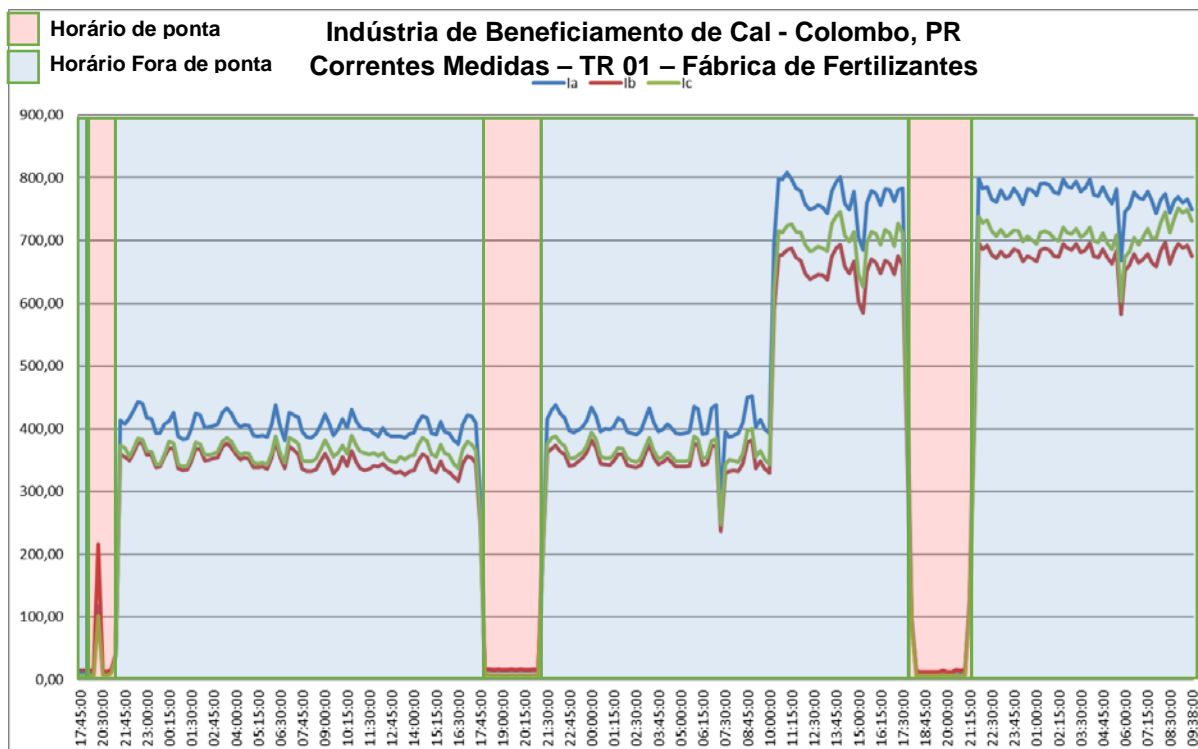
Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

Os níveis de tensão registrados estão fora do recomendado pela IEEE-519 que estabelece que a tensão deva variar entre -5% e + 5% da nominal. Os níveis obtidos foram de 3,65 % (228,0 V) e -6,82 % (205,0 V), esse ponto corresponde a um instante específico de pico de carga.

O maior desequilíbrio de tensão registrado foi de 2,08 %, assim o nível de desequilíbrio de tensão registrado está de acordo com o recomendado pela PRODIST – Módulo 8 de 2014 que estabelece que o desequilíbrio de tensão deva ser menor ou igual a 3 % da nominal.

Tensões desequilibradas provocam consequências na operação de equipamentos trifásicos, principalmente motores elétricos, onde destaca-se o aumento de esforços mecânicos axiais e radiais sobre o eixo com o aparecimento de vibrações, ruídos, batimento, desgaste e o aquecimento excessivo dos mancais (em consequência de correntes parasitas que podem aparecer).

Figura 21 - Gráfico de correntes TR 01 – Fábrica de fertilizantes.

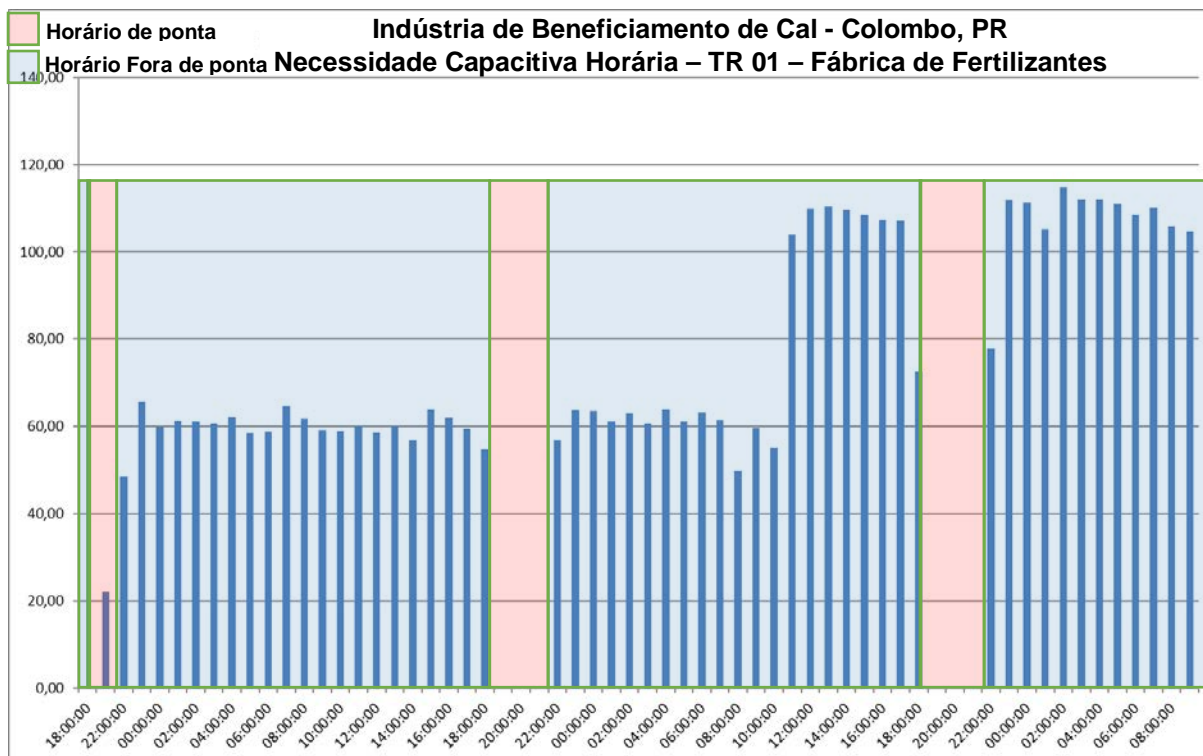


Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

A corrente máxima registrada foi de 746,4 A e o maior desequilíbrio de corrente registrado foi de 19,64 %, visivelmente através do gráfico acima, percebe-se que a fase A está mais carregada que as outras, isto pode ser explicado pela presença de cargas monofásicas e bifásicas alimentadas por esse transformador.

Os principais causadores de desequilíbrios de corrente são distribuição irregular de cargas monofásicas e bifásicas, bancos de capacitores deteriorados, motores elétricos em impedâncias desequilibradas, presença de distorções harmônicas e variações de tensão. Funcionamento inadequado, sobre aquecimento e falhas nos dispositivos de proteção e cabeamento (SENS, 2011).

Figura 22 - Gráfico de necessidade capacitiva TR 01 – Fábrica de fertilizantes.



Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

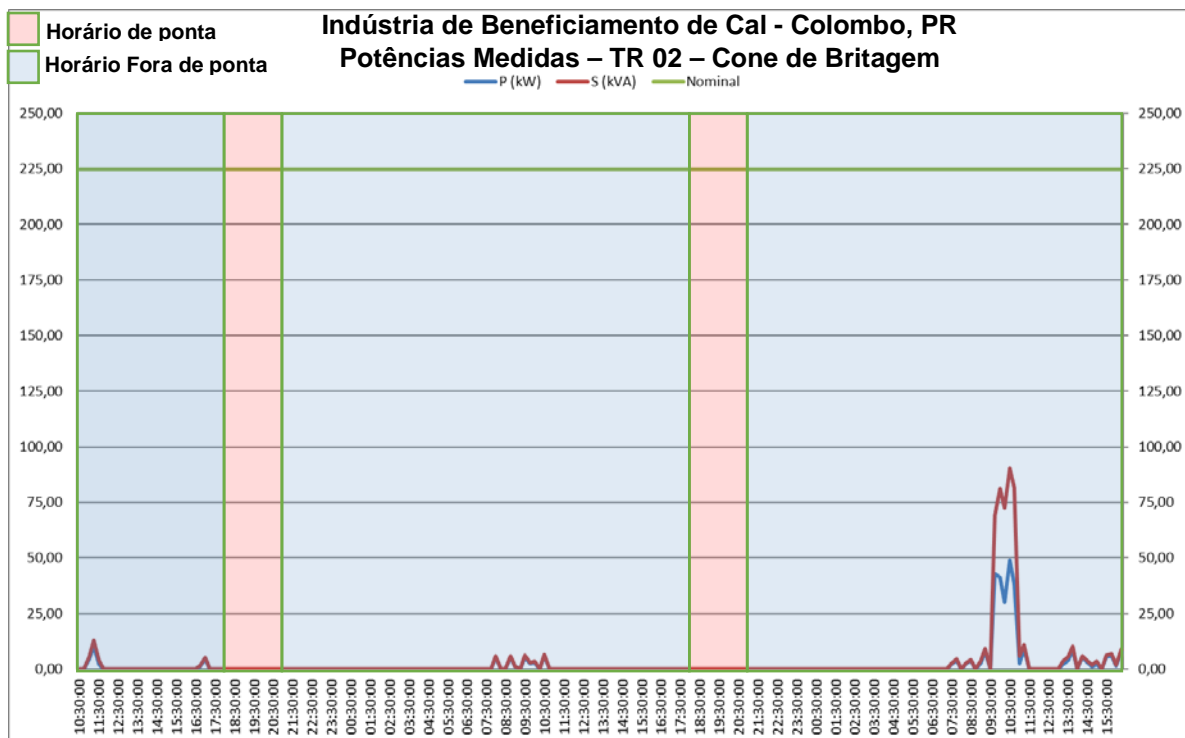
O fator de potência indutivo mais crítico registrado foi de 67 %, ou seja, abaixo do limite estabelecido na REN 414/2010 da ANEEL. O valor total de potência reativa para elevar o fator de potência para 92 % é de 114,7 kvar. Caso o transformador opere em vazio e necessita de um capacitor de 6 kvar para suprir as perdas reativas (WEG, 2009).

Tabela 7 - TR 02 - Cone de britagem.

DADOS DO TRANSFORMADOR	
Tipo de Equipamento	TR 02 - CONE DE BRITAGEM
Potência Nominal	225 kVA
Impedância Percentual	3,50%
Tensão Nominal	220 V
Corrente Nominal	590,47 A
DADOS DA MEDIÇÃO	
DADOS DE POTÊNCIA	
Demanda Máxima	48,84 kW
Potência Aparente Máxima	90,43 kVA
Carregamento Percentual	40%
DADOS DE TENSÃO	
Tensão Máxima	217,4 V
Tensão Mínima	205,2 V
Variação de Tensão	-1,17%
	-6,72%
Desequilíbrio de Tensão	1,64%
DADOS DE CORRENTE	
Corrente Máxima Registrada	253,70 A
Corrente Mínima Registrada	0,0 A
Desequilíbrio de Corrente	21,83%
Corrente Desequilíbrio	44,70 A
DADOS FATOR DE POTÊNCIA	
Fator de Potência desejado	92%
Necessidade Capacitiva	44,16 kvar
Fator de Potência crítico	40%
Liberação de Carga com a Correção	51,11 kVA

Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

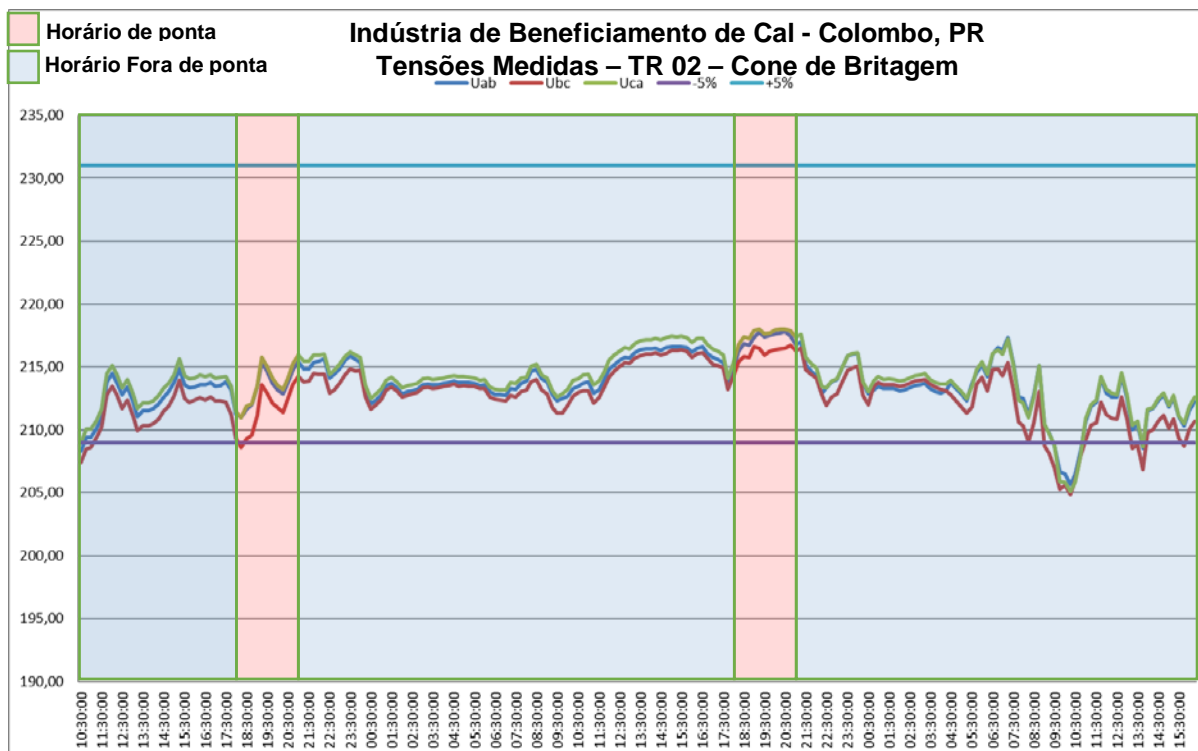
Figura 23 - Gráfico de potências TR 02 - Cone de britagem.



Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

A máxima demanda registrada foi de 48,84 kW e a máxima potência aparente registrada que foi de 90,43 kVA, o carregamento percentual do transformador foi de 40 %. Este transformador apresentou um fator de utilização extremamente baixo durante o período de medição, verificou-se que durante este período o motor de 150 CV alimentado pelo transformador foi posto em operação durante um curto espaço de tempo. A baixa utilização ocorreu, pois, a armazenagem de produtos deste setor estava quase em seu limite total, o acionamento do motor foi realizado para completar totalmente a armazenagem.

Figura 24 - Gráfico de tensões TR 02 - Cone de britagem.

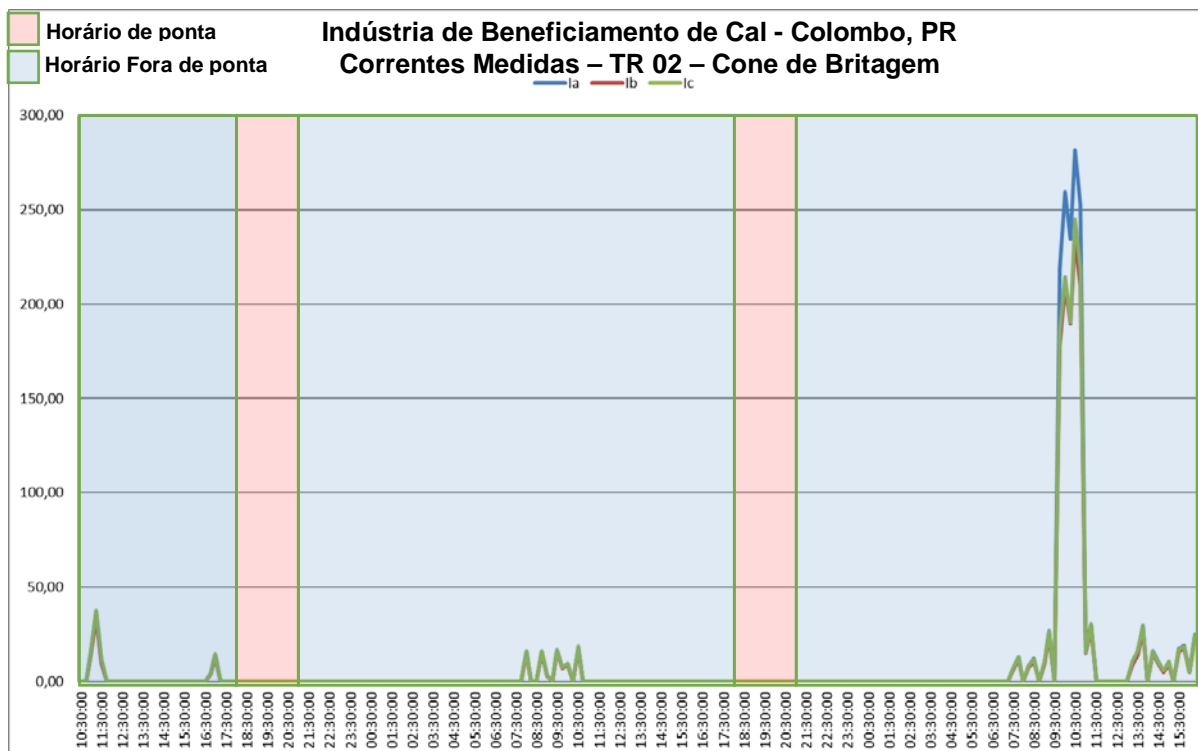


Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

Os níveis de tensão registrados estão fora do recomendado pela IEEE-519 que estabelece que a tensão deva variar entre -5% e + 5% da nominal. Os níveis obtidos foram de -1,17 % (217,4 V) e -6,72 % (205,2 V).

O maior desequilíbrio de tensão registrado foi de 1,64 %, assim o nível de desequilíbrio de tensão registrado está de acordo com o recomendado pela PRODIST – Módulo 8 de 2014 que estabelece que o desequilíbrio de tensão deva ser menor ou igual a 3% da nominal.

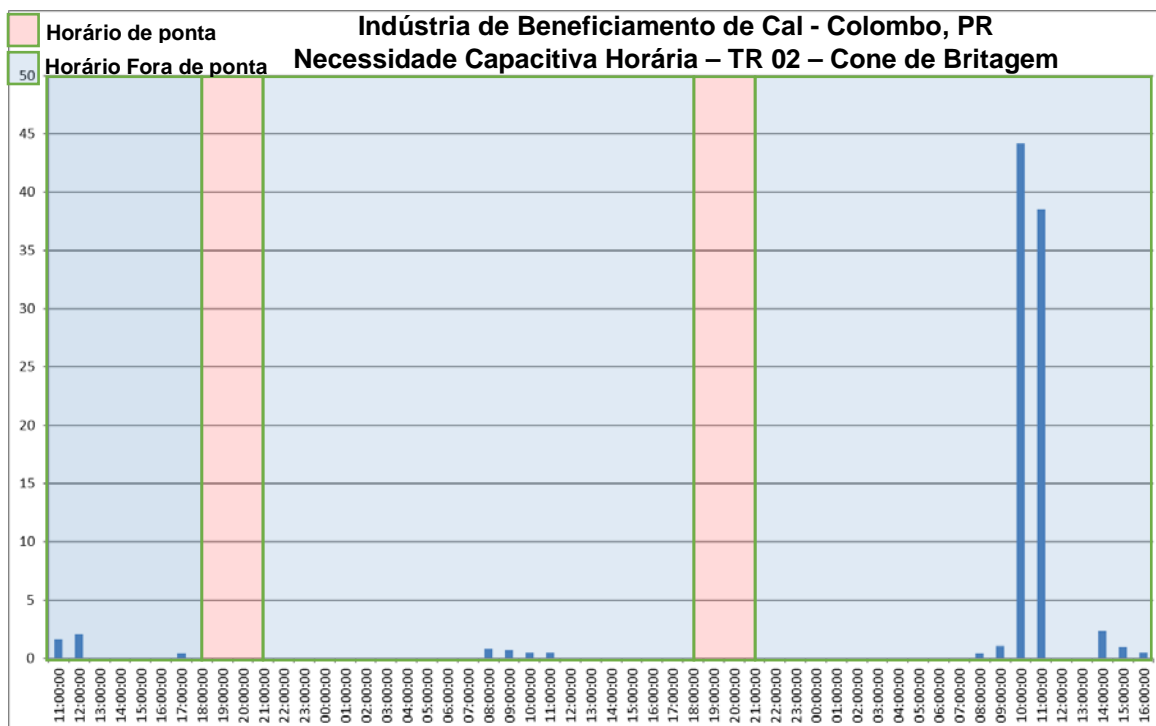
Figura 25 - Gráfico de correntes TR 02 - Cone de britagem.



Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

A corrente máxima registrada foi de 253,7 A e o maior desequilíbrio de corrente registrado foi de 21,83 %, assim como no TR 01 percebe-se que a fase A está mais carregada que as outras.

Figura 26 - Gráfico de necessidade capacitiva TR 02 - Cone de britagem.



Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

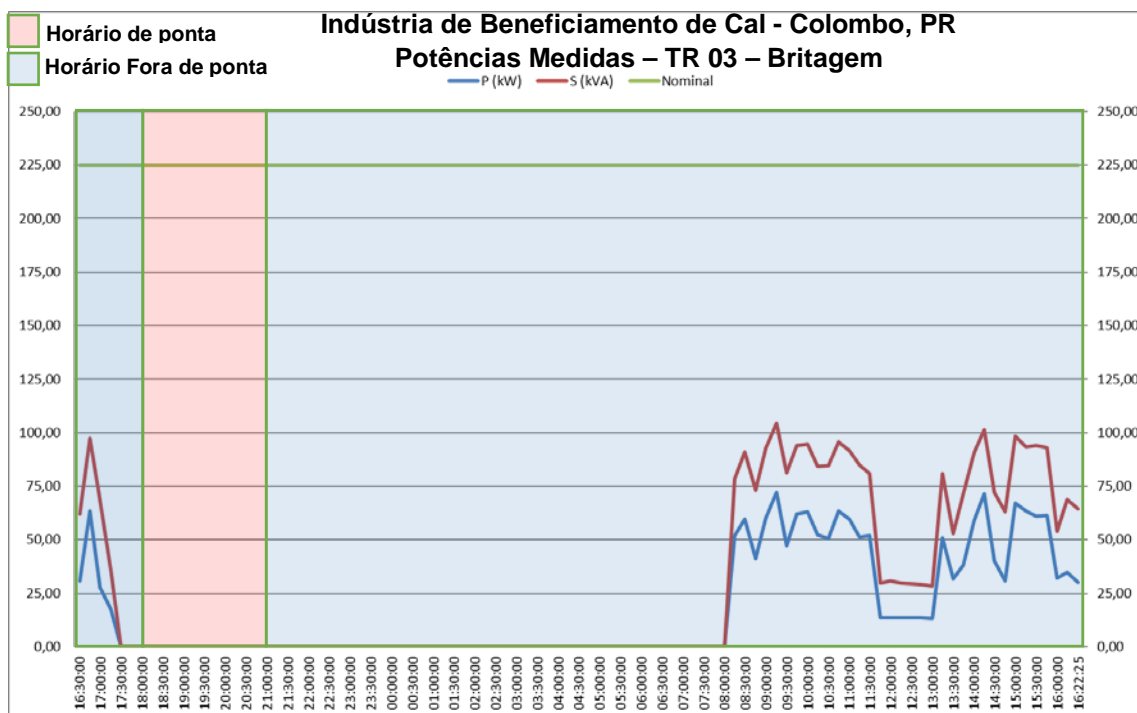
O fator de potência indutivo mais crítico registrado foi de 40,0 %, ou seja, abaixo do limite estabelecido na REN 414/2010 da ANEEL. O valor total de potência reativa para elevar o fator de potência para 92 % é de 44,16 kvar. Caso o transformador opere em vazio e necessita de um capacitor de 5 kvar para suprir as perdas reativas (WEG, 2009).

Tabela 8 - TR 03 - Britagem.

DADOS DO TRANSFORMADOR	
Tipo de Equipamento	TR 03 - BRITAGEM
Potência Nominal	225 kVA
Impedância Percentual	3,50%
Tensão Nominal	220 V
Corrente Nominal	590,47 A
DADOS DA MEDIÇÃO	
DADOS DE POTÊNCIA	
Demanda Máxima	72,19 kW
Potência Aparente Máxima	104,57 kVA
Carregamento Percentual	46%
DADOS DE TENSÃO	
Tensão Máxima	227,4 V
Tensão Mínima	214,9 V
Variação de Tensão	3,37%
	-2,31%
Desequilíbrio de Tensão	2,68%
DADOS DE CORRENTE	
Corrente Máxima Registrada	281,40 A
Corrente Mínima Registrada	0,0 A
Desequilíbrio de Corrente	36,61%
Corrente Desequilíbrio	29,40 A
DADOS FATOR DE POTÊNCIA	
Fator de Potência desejado	92%
Necessidade Capacitiva	46,07 kvar
Fator de Potência crítico	41%
Liberação de Carga com a Correção	57,97 kVA

Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

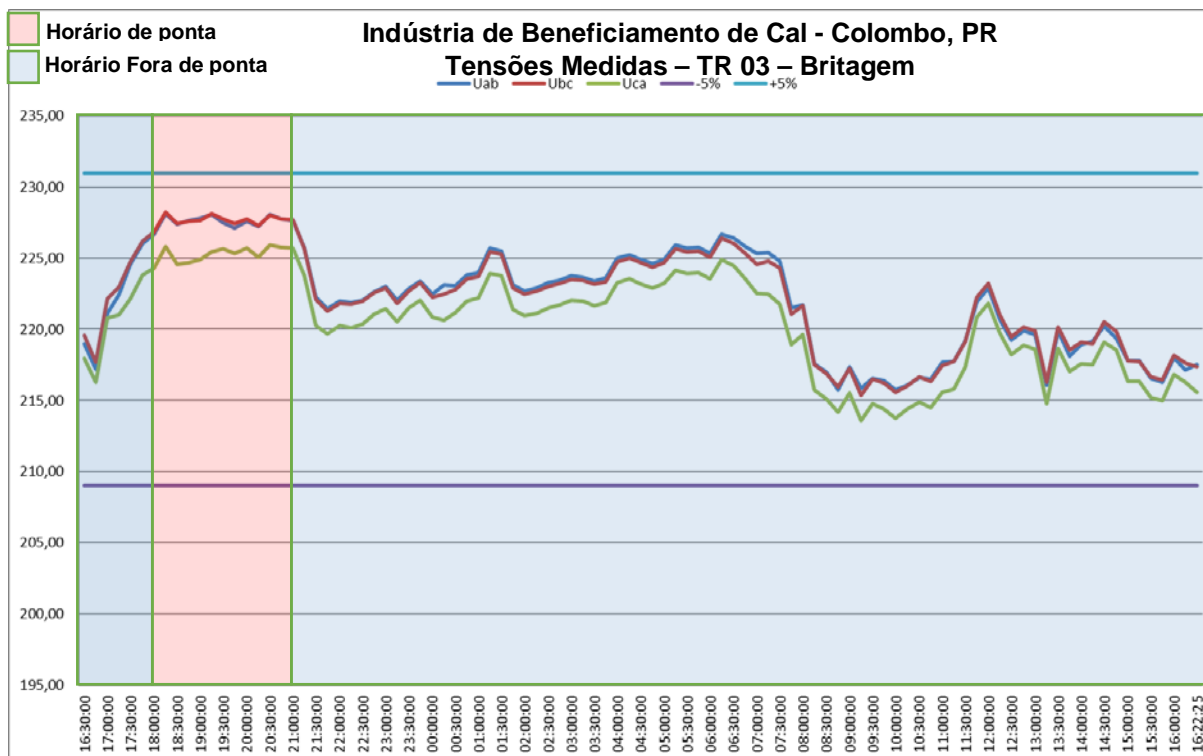
Figura 27 - Gráfico de potências TR 03 - Britagem.



Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

A máxima demanda registrada foi de 72,19 kW e a máxima potência aparente registrada que foi de 104,57 kVA, o carregamento percentual do transformador foi de 46 %. Este transformador também apresentou um fator de utilização baixo, pelo mesmo motivo do transformador TR 02, a sua carga foi acionada parcialmente somente para completar o sistema de armazenagem de produto.

Figura 28 - Gráfico de tensões TR 03 - Britagem.

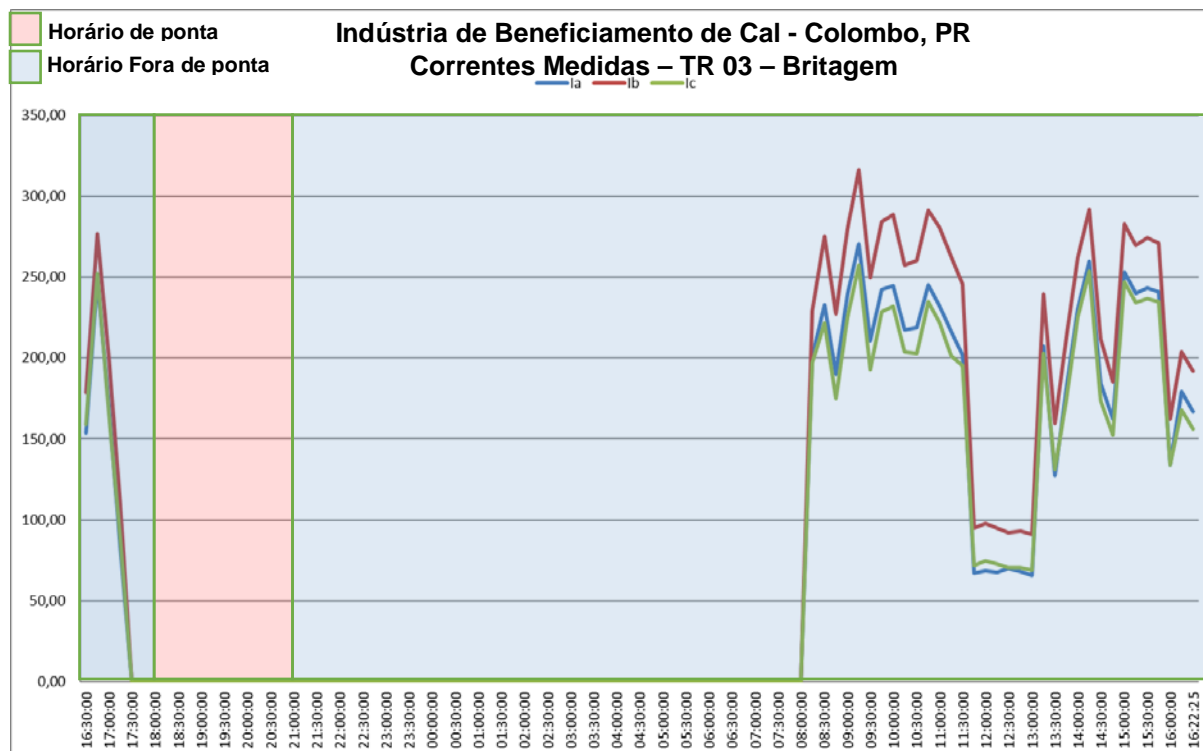


Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

Os níveis de tensão registrados estão dentro do recomendado pela IEEE-519 que estabelece que a tensão deva variar entre -5% e + 5% da nominal. Os níveis obtidos foram de 3,37 % (227,4 V) e -2,31 % (214,9 V), esse ponto corresponde a um instante específico de pico de carga (queda na tensão).

O maior desequilíbrio de tensão registrado foi de 2,68 %, assim o nível de desequilíbrio de tensão registrado está de acordo com o recomendado pela PRODIST – Módulo 8 de 2014 que estabelece que o desequilíbrio de tensão deva ser menor ou igual a 3% da nominal.

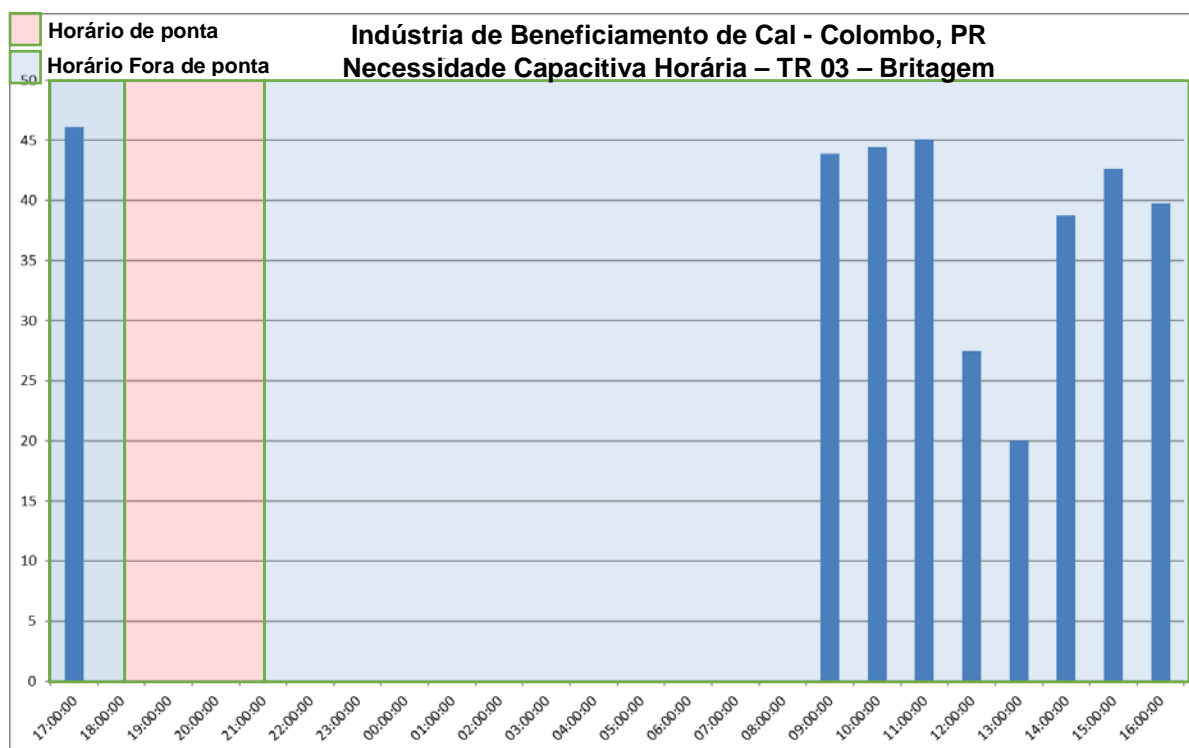
Figura 29 - Gráfico de correntes TR 03 - Britagem.



Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

A corrente máxima registrada foi de 281,4 A e o maior desequilíbrio de corrente registrado foi de 36,61 %, visivelmente através do gráfico acima, percebe-se que a fase B está mais carregada que as outras, isto pode ser explicado pela presença de cargas monofásicas e bifásicas alimentadas por esse transformador.

Figura 30 - Gráfico de necessidade capacitiva TR 03 - Britagem.



Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

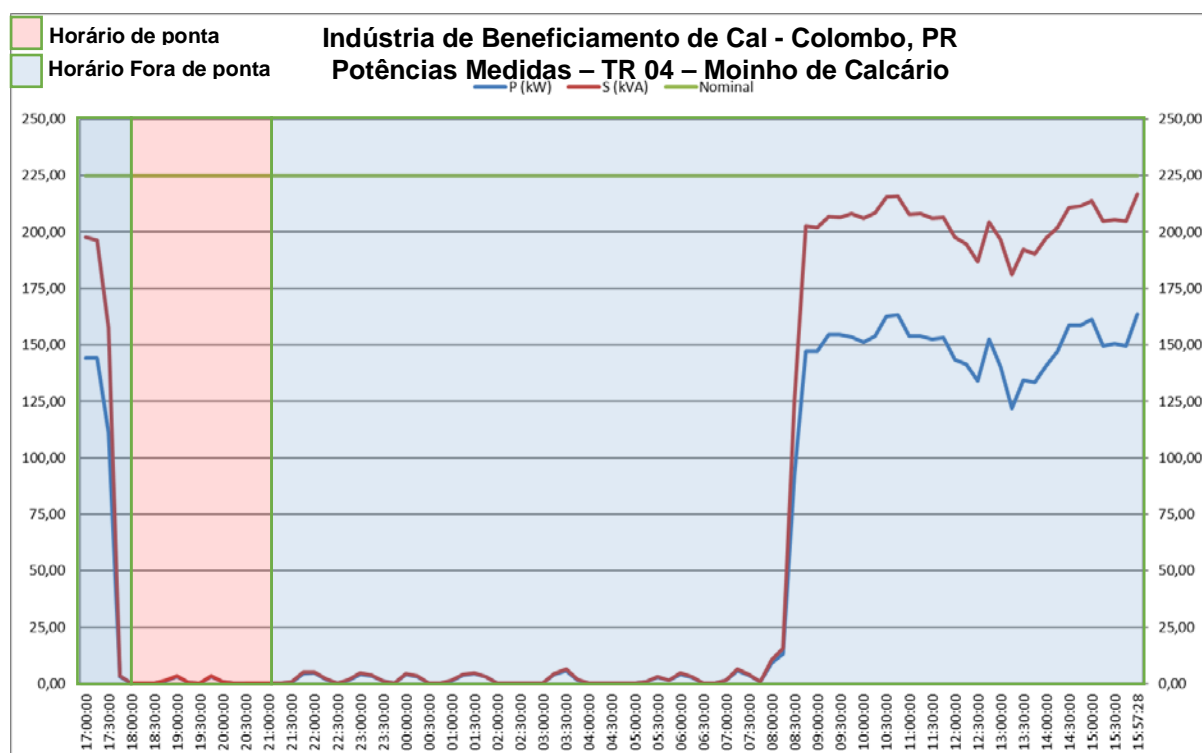
O fator de potência indutivo mais crítico registrado foi de 41 %, ou seja, abaixo do limite estabelecido na REN 414/2010 da ANEEL. O valor total de potência reativa para elevar o fator de potência para 92 % é de 46,07 kvar. Caso o transformador opere em vazio e necessita de um capacitor de 5 kvar para suprir as perdas reativas (WEG, 2009).

Tabela 9 - TR 04 - Moinho de calcário.

DADOS DO TRANSFORMADOR	
Tipo de Equipamento	TR 04 - MOINHO DE CALCÁRIO
Potência Nominal	225 kVA
Impedância Percentual	3,50%
Tensão Nominal	220 V
Corrente Nominal	590,47 A
DADOS DA MEDIÇÃO	
DADOS DE POTÊNCIA	
Demanda Máxima	163,71 kW
Potência Aparente Máxima	216,71 kVA
Carregamento Percentual	96%
DADOS DE TENSÃO	
Tensão Máxima	228,6 V
Tensão Mínima	208,6 V
Variação de Tensão	3,90%
	-5,17%
Desequilíbrio de Tensão	3,79%
DADOS DE CORRENTE	
Corrente Máxima Registrada	593,90 A
Corrente Mínima Registrada	0,0 A
Desequilíbrio de Corrente	30,15%
Corrente Desequilíbrio	102,60 A
DADOS FATOR DE POTÊNCIA	
Fator de Potência desejado	92%
Necessidade Capacitiva	79,86 kvar
Fator de Potência crítico	71%
Liberção de Carga com a Correção	48,83 kVA

Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

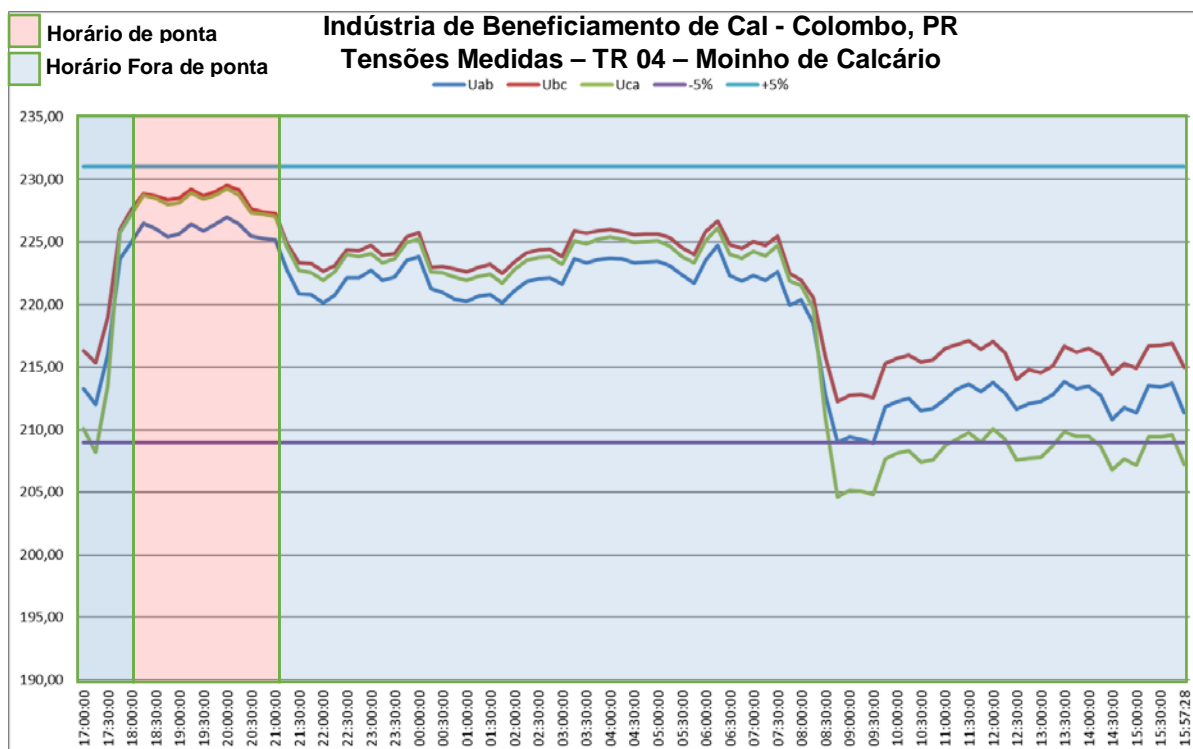
Figura 31 - Gráfico de potências TR 04 - Moinho de calcário.



Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

A máxima demanda registrada foi de 163,71 kW e a máxima potência aparente registrada que foi de 216,71 kVA, o carregamento percentual do transformador foi de 96 %. Este transformador foi o qual apresentou melhor nível de carregamento durante o período da medição.

Figura 32 - Gráfico de tensões TR 04 - Moinho de calcário.

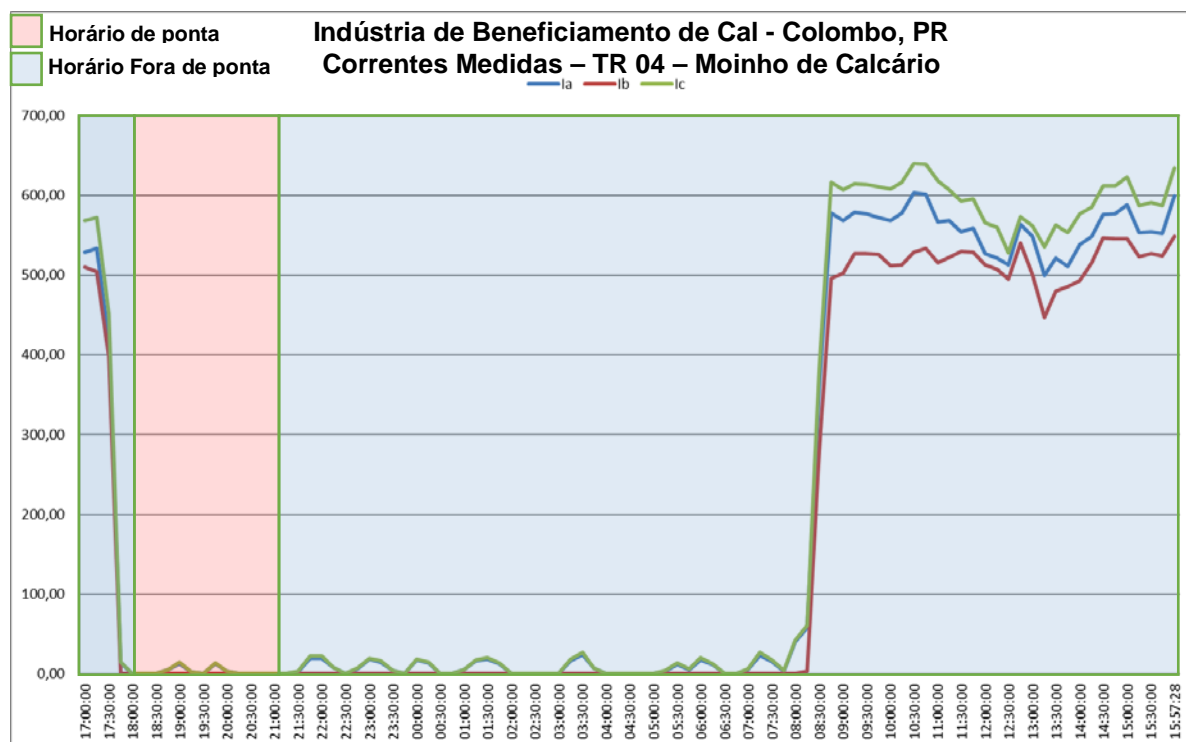


Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

Os níveis de tensão registrados estão fora do recomendado pela IEEE-519 que estabelece que a tensão deva variar entre -5% e + 5% da nominal. Os níveis obtidos foram de 3,90 % (228,6 V) e -5,17 % (208,6 V), esse ponto corresponde a um instante específico de pico de carga (queda na tensão).

O maior desequilíbrio de tensão registrado foi de 3,79 %, assim o nível de desequilíbrio de tensão registrado está fora do recomendado pela PRODIST – Módulo 8 de 2014 que estabelece que o desequilíbrio de tensão deva ser menor ou igual a 3% da nominal.

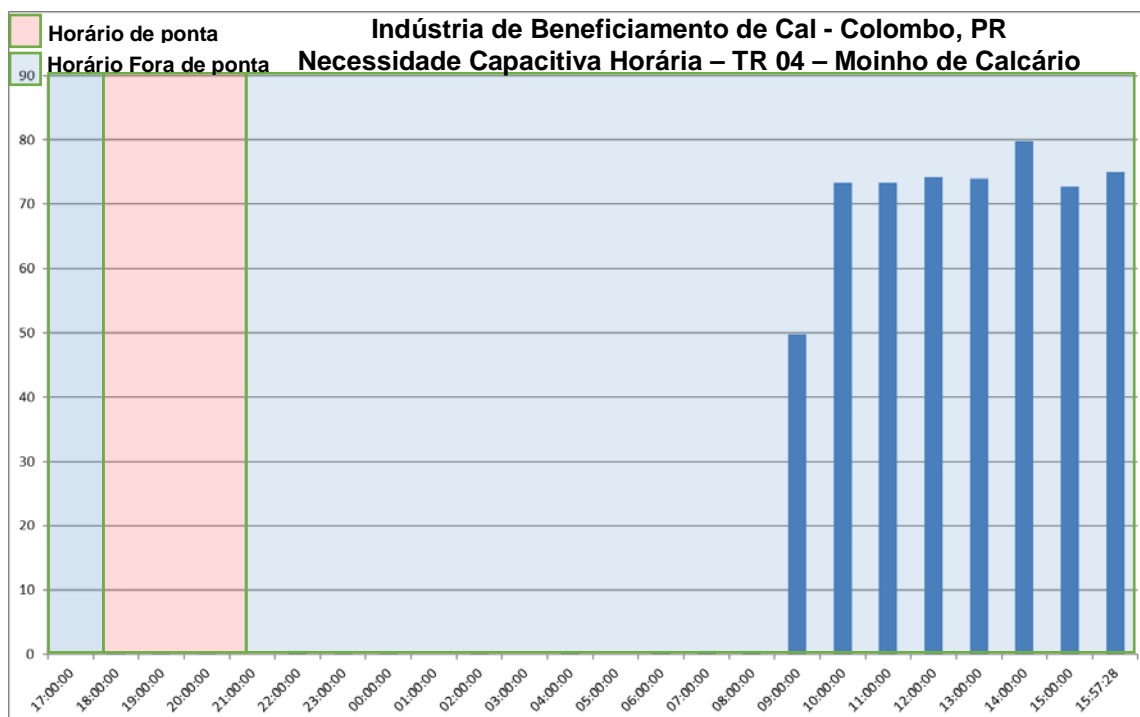
Figura 33 - Gráfico de correntes TR 04 - Moinho de calcário.



Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

A corrente máxima registrada foi de 593,9 A e o maior desequilíbrio de corrente registrado foi de 30,15 %, visivelmente através do gráfico acima, percebe-se que a fase C está mais carregada que as outras, isto pode ser explicado pela presença de cargas monofásicas e bifásicas alimentadas por esse transformador. Além disso, as cargas do escritório, administração e balança de caminhões são alimentados por esse transformador.

Figura 34 - Gráfico de necessidade capacitiva TR 04 - Moinho de calcário.

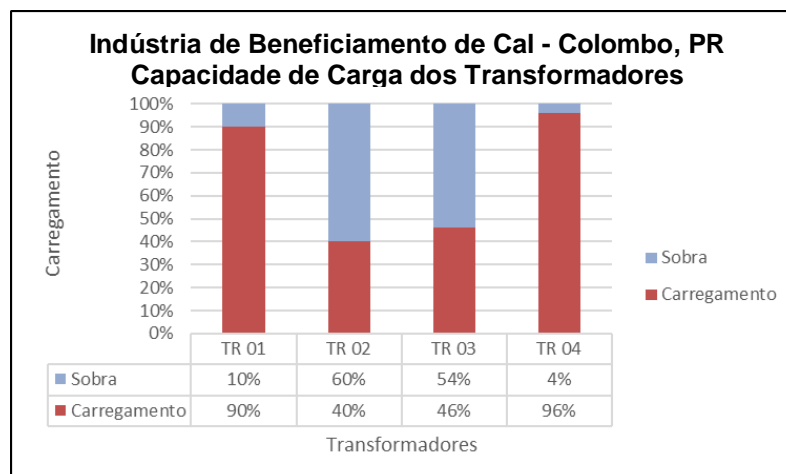


Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

O fator de potência indutivo mais crítico registrado foi de 71 %, ou seja, abaixo do limite estabelecido na REN 414/2010 da ANEEL. O valor total de potência reativa para elevar o fator de potência para 92 % é de 79,86 kvar. Caso o transformador opere em vazio e necessita de um capacitor de 5 kvar para suprir as perdas reativas (WEG, 2009).

Ao realizar uma verificação da carga utilizada em cada transformador notou-se que pelo menos dois transformadores estão subutilizados.

Figura 35 - Gráfico de capacidade de carga dos transformadores



Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

O gráfico acima apresenta o carregamento de cada transformador indicando na cor vermelha o percentual que está em utilização e em azul o que está disponível. Através deste gráfico observa-se que os transformadores não estão sendo bem utilizados pois possuem grande capacidade que se encontra ociosa.

3.2.2. Sistema de iluminação

3.2.2.1. Dados

O sistema de iluminação da indústria é pouco representativo, visto que a maior parte da produção é realizada durante o período diurno e em ambientes ao ar livre:

Tabela 10 - Dados do levantamento do sistema de iluminação.

LOCAL	EQUIPAMENTO	TIPO	ESPECIFICAÇÃO				POT. INSTALADA (kW)	REG. DE TRAB. (h)		DIAS TRABALHO ANO	
								PONTA	F. PONTA		
ÁREA EXTERNA	REFLETOR	VM	10	x	1	x	400 W	4,00	3	7	251
FÁB. DE FERTILIZANTE	LUMINÁRIA TIPO CHAPÉU	MISTA	8	x	1	x	250 W	2,00	0	8	251
CONE DE BRITAGEM	LUMINÁRIA TIPO CHAPÉU	MISTA	4	x	1	x	250 W	1,00	0	8	251
BRITAGEM	LUMINÁRIA TIPO CHAPÉU	MISTA	4	x	1	x	250 W	1,00	0	8	251
MOINHO DE CALCÁRIO	LUMINÁRIA TIPO CHAPÉU	MISTA	5	x	1	x	250 W	1,25	0	8	251

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

3.2.3. Sistema de força motriz

3.2.3.1. Dados

O sistema de força motriz da indústria representa 95 % do consumo total mensal, assim este trabalho apresentou um foco especial neste tipo de consumo. Durante o levantamento foram registrados todos os motores que participam efetivamente do processo de produção da indústria:

Tabela 11 - Dados do levantamento do sistema de força motriz.

SETOR	MOTOR	MARCA	POT. (CV)	TENSÃO (V)	RENDIM. NOM. 75 %	FATOR DE POTÊNCIA 75%	I-NOM	REG. DE TRAB. (h)		DIAS TRABALHO ANO
								PONTA	F. PONTA	
COMPRESSOR	1	WEG	10,0	220	88%	0,77	26,6	0	8	251
BOMBA	2	WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
MOINHO CALCÁRIO	3	WEG	150,0	220	-	-	-	0	8	251
	4	WEG	150,0	220	-	-	-	0	8	251
	5	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	6	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	7	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	8	WEG	3,0	220	82%	0,75	8,7	0	8	251
	9	WEG	10,0	220	88%	0,77	26,6	0	8	251
	10	WEG	3,0	220	82%	0,75	8,7	0	8	251
	11	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	12	WEG	3,0	220	82%	0,75	8,7	0	8	251
	13	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	14	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	15	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	16	WEG	30,0	220	90%	0,8	75,5	0	8	251
	17	WEG	10,0	220	88%	0,77	26,6	0	8	251
	18	WEG	10,0	220	88%	0,77	26,6	0	8	251
FÁBRICA GRANULADO I	19	WEG	60,0	220	-	-	-	3	21	251
	20	WEG	60,0	220	-	-	-	3	21	251
	21	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	3	21	251
	22	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	3	21	251
	23	WEG	3,0	220	82%	0,75	8,7	3	21	251
	24	WEG	2,0	220	81%	0,72	6,1	3	21	251
	25	WEG	2,0	220	81%	0,72	6,1	3	21	251
	26	WEG	2,0	220	81%	0,72	6,1	3	21	251
	27	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	3	21	251
	28	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	3	21	251
	29	WEG	15,0	220	88%	0,8	39,3	3	21	251
	30	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	3	21	251
	31	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	3	21	251

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

Tabela 12 - Continuação dados do levantamento do sistema de força motriz.

SETOR	MOTOR	MARCA	POT. (CV)	TENSÃO (V)	RENDIM. NOM. 75 %	FATOR DE POTÊNCIA 75%	I-NOM	REG. DE TRAB. (h)		DIAS TRABALHO ANO
								PONTA	F. PONTA	
FÁBRICA GRANULADO II	32	WEG	10,0	220	88%	0,77	26,6	0	8	251
	33	WEG	10,0	220	88%	0,77	26,6	0	8	251
	34	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	35	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	36	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	37	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	38	WEG	20,0	220	89%	0,79	52,6	0	8	251
	39	WEG	20,0	220	89%	0,79	52,6	0	8	251
	40	WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
	41	WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
	42	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	43	WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
	44	WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
	45	WEG	15,0	220	88%	0,8	39,3	0	8	251
	46	WEG	10,0	220	88%	0,77	26,6	0	8	251
	47	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	48	WEG	30,0	220	90%	0,8	75,5	0	8	251
	49	WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
	50	WEG	3,0	220	82%	0,75	8,7	0	8	251
	51	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	52	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	53	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	54	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	55	WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
	56	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	57	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	58	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	59	WEG	12,5	220	88%	0,73	33,3	0	8	251
	CONE CARREG.	60	WEG	150,0	220	-	-	-	0	8
61		WEG	10,0	220	88%	0,77	26,6	0	8	251
62		WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
63		WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
64		WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
65		WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
66		WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
CARREG. GRANULADO	67	WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
	68	WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
	69	WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
BRITAGEM	70	WEG	150,0	220	-	-	-	0	8	251
	71	WEG	60,0	220	-	-	-	0	8	251
	72	WEG	30,0	220	90%	0,8	75,5	0	8	251
	73	WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
	74	WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
	75	WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
	76	WEG	7,5	220	88%	0,74	20,0	0	8	251
	77	WEG	10,0	220	88%	0,77	26,6	0	8	251
OFICINA	78	WEG	10,0	220	88%	0,77	26,6	0	8	251
	79	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
	80	WEG	3,0	220	82%	0,75	8,7	0	8	251
	81	WEG	3,0	220	82%	0,75	8,7	0	8	251
	82	WEG	5,0	220	84%	0,75	14,0	0	8	251
BOMBA ÁGUA	83	WEG	30,0	220	90%	0,8	75,5	0	8	251
TOTAL			1.384,50							

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

Foram selecionados os motores de maior potência e utilização para serem realizadas medições para determinação dos parâmetros de trabalho.

Tabela 13 - Dados dos motores selecionados para medição.

SETOR	MOTOR	MARCA	POT. (CV)	TENSÃO (V)	ROTAÇÃO (RPM)	RENDIM. NOM.	FATOR DE POTÊNCIA	I-NOM (A)	REG. DE TRAB. (h)		DIAS TRABALHO ANO
									PONTA	F. PONTA	
MOINHO CALCÁRIO	3	WEG	150,0	220	1185	93,0%	0,83	374,0	0	8	251
	4	WEG	150,0	220	1185	93,0%	0,83	374,0	0	8	251
FÁBRICA GRANULADO I	19	WEG	60,0	220	1780	93,1%	0,87	146,0	3	21	251
	20	WEG	60,0	220	1780	93,1%	0,87	146,0	3	21	251
CONE CARREG.	60	WEG	150,0	220	1185	92,5%	0,82	380,0	0	8	251
BRITAGEM	70	WEG	150,0	220	1185	92,5%	0,82	380,0	0	8	251
	71	WEG	60,0	220	1780	93,1%	0,87	146,0	0	8	251

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

3.2.3.2. Medições

Através das medições realizadas nos motores citados acima, dos dados de placa e catálogos dos fabricantes, obteve-se os seguintes dados:

Tabela 14 - Dados motor 03 - Moinho de calcário.

MOTOR 3 - MOINHO CALCÁRIO	
DADOS DO MOTOR	
Potência Nominal	150 CV
Potência Nominal	110,4 kW
Tensão Nominal	220 V
RPM	1185 rpm
FP	0,83
Corrente Nominal	374 A
Rendimento Nominal	93,00 %
DADOS DA MEDIÇÃO	
Potência Média	121,31 kW
Carregamento	109,88661 %
DADOS DE TENSÃO	
Tensão Máxima	220,8 V
Tensão Mínima	210,4 V
Variação de Tensão	0,38%
	-4,37%
Desequilíbrio de Tensão	1,53%
DADOS DE CORRENTE	
Corrente Máxima Registrada	466,73 A
Corrente Mínima Registrada	366,6 A
Desequilíbrio de Corrente	14,18%
Corrente Desequilíbrio	51,98 A
Maior Corrente Desequilíbrio	393,72 A
Menor Corrente Desequilíbrio	341,74 A

Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

O motor 3 de 150 CV instalado, marca WEG, modelo Standard IR2, encontra-se com condição de carregamento de 109,88 %, valor este acima da faixa indicada de carregamento que é de 75 a 100 %, este fato implica em uma redução da vida útil. Considerando este carregamento e as características obtidas do catálogo de um motor WEG, Super Premium, IR4 de alto rendimento, optou-se por manter a potência de 150 CV já que o fator de serviço do novo motor é de 1,25.

Tabela 15 - Dados motor 04 - Moinho de calcário.

MOTOR 4 - MOINHO CALCÁRIO	
DADOS DO MOTOR	
Potência Nominal	150 CV
Potência Nominal	110,4 kW
Tensão Nominal	220 V
RPM	1185 rpm
FP	0,83
Corrente Nominal	374 A
Rendimento Nominal	93,00 %
DADOS DA MEDIÇÃO	
Potência Média	88,65 kW
Carregamento	80,294898 %
DADOS DE TENSÃO	
Tensão Máxima	222,6 V
Tensão Mínima	211,8 V
Variação de Tensão	1,17%
	-3,73%
Desequilíbrio de Tensão	1,44%
DADOS DE CORRENTE	
Corrente Máxima Registrada	357,40 A
Corrente Mínima Registrada	178,9 A
Desequilíbrio de Corrente	10,04%
Corrente Desequilíbrio	18,00 A
Maior Corrente Desequilíbrio	188,70 A
Menor Corrente Desequilíbrio	170,70 A

Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

O motor 4 de 150 CV instalado, marca WEG, modelo Standard IR2, encontra-se com condição de carregamento de 80,29 %, valor este dentro da faixa indicada de carregamento que é de 75 a 100 %. Considerando este carregamento e as características obtidas do catálogo de um motor WEG, Super Premium, IR4 de alto rendimento, optou-se por manter a potência de 150 CV.

Tabela 16 - Dados motores 19 e 20 - Fábrica de granulado.

MOTOR 19/20 - FÁB. GRANULADO I	
DADOS DO MOTOR	
Potência Nominal	60 CV
Potência Nominal	44,16 kW
Tensão Nominal	220 V
RPM	1780 rpm
FP	0,87
Corrente Nominal	146 A
Rendimento Nominal	93,10 %
DADOS DA MEDIÇÃO	
Potência Média	52,99 kW
Carregamento	119,98938 %
DADOS DE TENSÃO	
Tensão Máxima	222,6 V
Tensão Mínima	219,3 V
Variação de Tensão	1,19%
	-0,32%
Desequilíbrio de Tensão	0,21%
DADOS DE CORRENTE	
Corrente Máxima Registrada	162,07 A
Corrente Mínima Registrada	156,9 A
Desequilíbrio de Corrente	3,28%
Corrente Desequilíbrio	5,18 A
Maior Corrente Desequilíbrio	161,20 A
Menor Corrente Desequilíbrio	156,02 A

Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

Os motores 19 e 20 de 60 CV instalados, marca WEG, modelo Standard IR2, encontra-se com condição de carregamento de 119,98 %, valor este acima da faixa indicada de carregamento que é de 75 à 100 %, este fato implica em uma redução da vida útil. Considerando este carregamento e as características obtidas do catálogo de um motor WEG, Super Premium, IR4 de alto rendimento, optou-se por manter a potência de 60 CV já que o fator de serviço do novo motor é de 1,25.

Tabela 17 - Dados motor 60 - Cone de Carregamento.

MOTOR 60 - CONE CARREGAMENTO	
DADOS DO MOTOR	
Potência Nominal	150 CV
Potência Nominal	110,4 kW
Tensão Nominal	220 V
RPM	1185 rpm
FP	0,82
Corrente Nominal	380 A
Rendimento Nominal	92,50 %
DADOS DA MEDIÇÃO	
Potência Média	50,70 kW
Carregamento	45,923427 %
DADOS DE TENSÃO	
Tensão Máxima	212,8 V
Tensão Mínima	207,9 V
Variação de Tensão	-3,29%
	-5,48%
Desequilíbrio de Tensão	1,45%
DADOS DE CORRENTE	
Corrente Máxima Registrada	416,23 A
Corrente Mínima Registrada	239,4 A
Desequilíbrio de Corrente	22,03%
Corrente Desequilíbrio	79,18 A
Maior Corrente Desequilíbrio	397,68 A
Menor Corrente Desequilíbrio	318,50 A

Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

O motor 60 de 150 CV instalado, marca WEG, modelo Standard IR2, encontra-se com condição de carregamento de 45,92 %, valor este abaixo da faixa indicada de carregamento que é de 75 à 100 %, este fato implica em um rendimento baixo para este motor. Considerando este carregamento e as características obtidas do catálogo de um motor WEG, Super Premium, IR4 de alto rendimento, optou-se por substituir por um de potência de 75 CV com carregamento de 91,84 %.

Tabela 18 - Dados motor 70 - Britagem.

MOTOR 70 - BRITAGEM	
DADOS DO MOTOR	
Potência Nominal	150 CV
Potência Nominal	110,4 kW
Tensão Nominal	220 V
RPM	1185 rpm
FP	0,82
Corrente Nominal	380 A
Rendimento Nominal	92,50 %
DADOS DA MEDIÇÃO	
Potência Média	33,16 kW
Carregamento	30,040692 %
DADOS DE TENSÃO	
Tensão Máxima	223,8 V
Tensão Mínima	214,0 V
Variação de Tensão	1,72%
	-2,73%
Desequilíbrio de Tensão	1,01%
DADOS DE CORRENTE	
Corrente Máxima Registrada	343,50 A
Corrente Mínima Registrada	72,1 A
Desequilíbrio de Corrente	94,10%
Corrente Desequilíbrio	100,50 A
Maior Corrente Desequilíbrio	156,30 A
Menor Corrente Desequilíbrio	55,80 A

Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

O motor 70 de 150 CV instalado, marca WEG, modelo Standard IR2, encontra-se com condição de carregamento de 30,04 %, valor este abaixo da faixa indicada de carregamento que é de 75 à 100 %, este fato implica em um rendimento baixo para este motor. Considerando este carregamento e as características obtidas do catálogo de um motor WEG, Super Premium, IR4 de alto rendimento, optou-se por substituir por um de potência de 60 CV com carregamento de 75,10 %.

Tabela 19 - Dados motor 71 - Britagem.

MOTOR 71 - BRITAGEM	
DADOS DO MOTOR	
Potência Nominal	60 CV
Potência Nominal	44,16 kW
Tensão Nominal	220 V
RPM	1780 rpm
FP	0,87
Corrente Nominal	146 A
Rendimento Nominal	93,10 %
DADOS DA MEDIÇÃO	
Potência Média	24,31 kW
Carregamento	55,056709 %
DADOS DE TENSÃO	
Tensão Máxima	229,7 V
Tensão Mínima	220,9 V
Variação de Tensão	4,40%
	0,43%
Desequilíbrio de Tensão	1,10%
DADOS DE CORRENTE	
Corrente Máxima Registrada	107,30 A
Corrente Mínima Registrada	0,0 A
Desequilíbrio de Corrente	13,04%
Corrente Desequilíbrio	3,63 A
Maior Corrente Desequilíbrio	29,55 A
Menor Corrente Desequilíbrio	25,92 A

Fonte: Autoria própria, com base nas medições realizadas.

O motor 71 de 60 CV instalado, marca WEG, modelo Standard IR2, encontra-se com condição de carregamento de 55,05 %, valor este abaixo da faixa indicada de carregamento que é de 75 à 100 %, este fato implica em um rendimento baixo para este motor. Considerando este carregamento e as características obtidas do catálogo de um motor WEG, Super Premium, IR4 de alto rendimento, optou-se por substituir por um de potência de 40 CV com carregamento de 82,58 %.

4. AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

4.1. ANÁLISE TARIFÁRIA

A indústria é atendida pela COPEL, fornecimento em 13,8 kV, grupo A4, foi realizada a simulação para comparação entre as modalidades tarifárias Verde e Azul.

Tabela 20 - Comparação entre tarifa horária verde e tarifa horária azul.

	Tarifa Horária Verde (R\$)	Tarifa Horária Azul (R\$)	Economia na Tarifa Horária Verde
JAN.	R\$ 61.516,49	R\$ 83.890,85	R\$ 22.374,37
FEV.	R\$ 21.361,94	R\$ 43.766,91	R\$ 22.404,97
MAR.	R\$ 55.146,38	R\$ 77.818,57	R\$ 22.672,20
ABR.	R\$ 19.936,50	R\$ 42.229,64	R\$ 22.293,14
MAI.	R\$ 27.510,47	R\$ 50.152,06	R\$ 22.641,59
JUN.	R\$ 44.350,99	R\$ 66.471,09	R\$ 22.120,09
JUL.	R\$ 47.455,05	R\$ 69.884,75	R\$ 22.429,70
AGO.	R\$ 48.717,54	R\$ 71.261,42	R\$ 22.543,88
SET.	R\$ 69.405,13	R\$ 91.688,85	R\$ 22.283,72
OUT.	R\$ 78.088,26	R\$ 100.381,40	R\$ 22.293,14
NOV.	R\$ 85.606,06	R\$ 107.908,62	R\$ 22.302,56
DEZ.	R\$ 74.210,69	R\$ 96.610,95	R\$ 22.400,27
TOTAL	R\$ 633.305,49	R\$ 902.065,12	R\$ 268.759,63

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

A indústria já está na melhor opção tarifária no mercado cativo de energia, que é a tarifa horária verde.

4.1.1. Mercado Livre de Energia

Para a análise de migração para o mercado livre de energia foi considerado o consumo médio obtido através do histórico de faturas e um preço médio para o valor da energia no mercado livre.

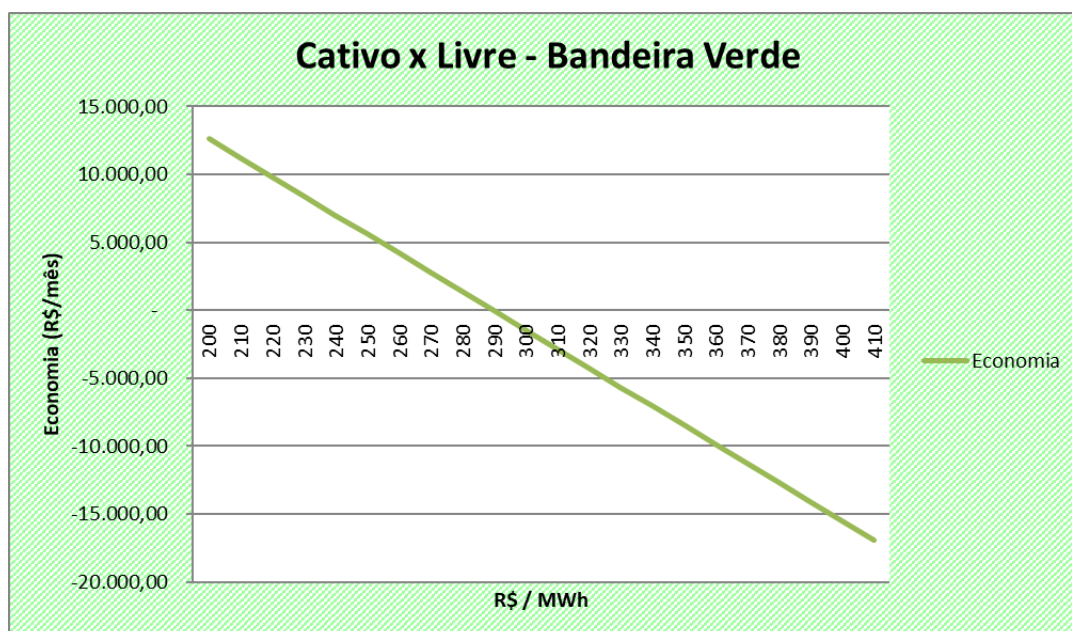
Tabela 21 - Dados utilizados para análise da migração para o Mercado Livre de Energia.

Dados utilizados na análise	
Tipo de Enquadramento:	Especial
Agente de Conexão:	Copel
Subgrupo:	A4
Tarifa Cativo:	Verde
Tarifa Livre:	Verde
Desconto TUSD-D:	50%
Bandeira Tarifária:	Verde
Demanda Ponta:	500 kW
Demanda Fora de Ponta:	500 kW
Consumo Ponta:	767 kWh
Consumo Fora de Ponta:	96.194 kWh
Consumo Médio:	0,13 MWm

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

Considerando os dados obtidos é possível encontrar o ponto de equilíbrio para o preço da energia no mercado livre e no mercado cativo, para o perfil de carga da indústria observa-se que este valor é de aproximadamente R\$ 290,00 / MWh.

Figura 36 - Gráfico de economia Mercado Cativo x Mercado Livre de Energia.



Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

Com o objetivo de verificar a economia obtida com as diferentes bandeiras tarifárias incidentes no mercado cativo de energia, foram simuladas cada um dos quatro tipos de bandeiras considerando-se o preço médio de R\$ 290,00 / MWh, apresentadas nas tabelas a seguir:

Tabela 22 - Composição de preços com bandeira tarifária verde.

Composição de Preços			
Preço de Energia (R\$/MWh)	290,00		
Bandeira Tarifária	Verde		
Descrição	Cativo	Livre	Diferença
Demanda	6.801,60	3.542,50	3.259,10
Encargos	4.422,76	4.127,81	294,95
Energia	23.251,91	28.962,15	- 5.710,25
Bandeira	-	-	-
Impostos	18.159,25	15.869,70	2.289,56
Total	52.635,52	52.502,15	133,36
Custo Unitário (R\$/MWh)	542,85	541,48	1,38
Economia Média (%)	0%		
R\$ / mês	133,36		

Fonte: Aatoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

Tabela 23 - Composição de preços com bandeira tarifária amarela.

Composição de Preços			
Preço de Energia (R\$/MWh)	290,00		
Bandeira Tarifária	Amarela		
Descrição	Cativo	Livre	Diferença
Demanda	6.801,60	3.542,50	3.259,10
Encargos	4.422,76	4.127,81	294,95
Energia	23.251,91	28.962,15	- 5.710,25
Bandeira	1.939,21	-	1.939,21
Impostos	19.180,67	15.869,70	3.310,97
Total	55.596,15	52.502,15	3.093,99
Custo Unitário (R\$/MWh)	573,39	541,48	31,91
Economia Média (%)	6%		
R\$ / mês	3.093,99		

Fonte: Aatoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

Tabela 24 - Composição de preços com bandeira tarifária vermelha patamar 1.

Composição de Preços			
Preço de Energia (R\$/MWh)	290,00		
Bandeira Tarifária	Vermelha 1		
Descrição	Cativo	Livre	Diferença
Demanda	6.801,60	3.542,50	3.259,10
Encargos	4.422,76	4.127,81	294,95
Energia	23.251,91	28.962,15	- 5.710,25
Bandeira	2.908,82	-	2.908,82
Impostos	19.691,38	15.869,70	3.821,68
Total	57.076,46	52.502,15	4.574,31
Custo Unitário (R\$/MWh)	588,66	541,48	47,18
Economia Média (%)	8%		
R\$ / mês	4.574,31		

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

Tabela 25 - Composição de preços com bandeira tarifária vermelha patamar 2.

Composição de Preços			
Preço de Energia (R\$/MWh)	290,00		
Bandeira Tarifária	Vermelha 2		
Descrição	Cativo	Livre	Diferença
Demanda	6.801,60	3.542,50	3.259,10
Encargos	4.422,76	4.127,81	294,95
Energia	23.251,91	28.962,15	- 5.710,25
Bandeira	3.393,62	-	3.393,62
Impostos	19.946,73	15.869,70	4.077,04
Total	57.816,62	52.502,15	5.314,47
Custo Unitário (R\$/MWh)	596,29	541,48	54,81
Economia Média (%)	9%		
R\$ / mês	5.314,47		

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

Pode-se verificar que mesmo com o preço de energia no mercado livre no ponto de equilíbrio é possível obter uma economia considerável com a implantação das bandeiras tarifárias.

4.2. SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Mesmo que o sistema de iluminação represente uma parcela pequena do consumo da indústria, não podemos desprezar os ganhos com a eficiência deste sistema. A proposta prevê a substituição de 21 luminárias com lâmpada mista de 250 W por luminárias LED de 110 W e a substituição de 10 refletores com lâmpada vapor metálico de 400 W por 20 projetor LED de 150 W, cada refletor com lâmpada vapor metálico foi substituído por dois projetores LED, a fim de suprir o fluxo luminoso e obter uma melhor distribuição de iluminamento. A vida útil considerada para o sistema de iluminação foi de 15.000 horas, considerando a utilização de cada tipo de lâmpada, estimou-se a vida útil das luminárias LED de 110 W em 7 anos e para as luminárias LED de 150 W em 6 anos. Para a valoração dos benefícios da substituição dos equipamentos, os custos unitários de energia e demanda são aqueles correspondentes ao efetivamente pago na tarifa de energia pelo consumidor, de acordo com sua modalidade tarifária incluindo encargos e impostos, correspondentes à bandeira tarifária verde.

Tabela 26 - Análise da substituição da iluminação.

ILUMINAÇÃO			ATUAL	PROPOSTO	
Tipo de equipamento / tecnologia			MISTA-250W	LED - 110W	
Quantidade de luminárias			21	21	
Lâmpadas	Potência	W	250,00	110,00	
Quantidade			21	21	
Potência instalada			kW	5,25	2,31
Tempo de utilização do sistema, em um dia			h/dia	8,00	8,00
Dias de utilização do sistema, em um ano			dia/ano	251,00	251,00
Funcionamento			h/ano	2.008,00	2.008,00
Energia consumida			MWh/ano	10,54	4,64
ECONOMIA					
Demanda			kW/ano	35,28	
Tarifa de demanda (R\$/kW)			22,23	R\$/ano	784,27
Consumo na ponta			MWh/ano	0,00	
Consumo fora de ponta			MWh/ano	5,90	
Tarifa de consumo na ponta (R\$/kWh)			1,84101	R\$/ano	0,00
Tarifa de consumo fora de ponta (R\$/kWh)			0,43668	R\$/ano	2.577,95
Economia anual			R\$	3.362,22	
Investimento			R\$	8.912,19	
Payback Simples			anos	2 anos e 8 meses	
Payback Descontado			anos	3 anos e 7 meses	
TIR			%	32,45	
VPL			R\$	5.211,40	
Índice de Lucratividade				1,58	

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

A troca das luminárias de lâmpada mista de 250 W por luminárias LED de 110 W tem um custo de R\$ 8.912,19 e uma economia anual de R\$ 3.362,22. A um custo de capital de 14,68 % (DALMOLIN, 2017), o projeto apresenta um Payback Simples de 2 anos e 8 meses, Payback Descontado de 3 anos e 7 meses, TIR de 32,45 %, VPL de R\$ 5.211,40 e Índice de Lucratividade 1,58, considerando estes indicadores o projeto seria aceito para realização.

Tabela 27 - Análise da substituição da iluminação.

ILUMINAÇÃO			
		ATUAL	PROPOSTO
Tipo de equipamento / tecnologia		VM-400W	LED - 150W
Quantidade de luminárias		10	20
Lâmpadas + Reator	Potência W	430,00	150,00
		Quantidade	10
Potência instalada kW		4,30	3,00
Tempo de utilização do sistema, em um dia	Ponta h/dia	3,00	3,00
	Fora de Ponta h/dia	7,00	7,00
Dias de utilização do sistema, em um ano dia/ano		251,00	251,00
Funcionamento	Ponta h/ano	753,00	753,00
	Fora de Ponta h/ano	1.757,00	1.757,00
Energia consumida	Ponta MWh/ano	3,24	2,26
	Fora de Ponta MWh/ano	7,56	5,27
ECONOMIA			
Demanda kW/ano		15,60	
Tarifa de demanda (R\$/kW) 22,23		R\$/ano 346,79	
Consumo na ponta MWh/ano		0,98	
Consumo fora de ponta MWh/ano		2,28	
Tarifa de consumo na ponta (R\$/kWh) 1,84101		R\$/ano 1.802,16	
Tarifa de consumo fora de ponta (R\$/kWh) 0,43668		R\$/ano 997,42	
Economia anual R\$		3.146,37	
Investimento R\$		19.608,20	
Payback Simples anos		6 anos e 3 meses	
Payback Descontado anos		> 7 anos	
TIR %		2,99	
VPL R\$		-6.391,33	
Índice de Lucratividade		0,61	

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

A troca dos refletores de lâmpada vapor metálico de 400 W por refletores LED de 150 W tem um custo de R\$ 19.608,20 e uma economia anual de R\$ 3.146,37. A um custo de capital de 14,68 % (DALMOLIN, 2017), o projeto apresenta um Payback Simples de 6 anos e 3 meses, Payback Descontado maior que 7 anos, TIR de 2,99 %, VPL de R\$ - 6.391,33 e Índice de Lucratividade 0,61. Considerando estes indicadores, o projeto só seria aceito pela análise do Payback Simples, através dos outros indicadores este projeto seria reprovado.

O projeto de substituição de todo o sistema de iluminação provê uma economia total anual de R\$ 6.508,59 com um investimento total de R\$ 28.520,39. A um custo de capital de 14,68 % (DALMOLIN, 2017), o projeto apresenta um Payback Simples de 4 anos e 5 meses, Payback Descontado maior que 7 anos, TIR de 13,30 %, VPL de R\$

- 1.179,93 e Índice de Lucratividade 0,95. Considerando estes indicadores, o projeto só seria aceito pela análise do Payback Simples, através dos outros indicadores este projeto seria reprovado.

4.3. SISTEMA DE FORÇA MOTRIZ

Para os cálculos de rendimento no ponto de carregamento, dos motores selecionados para medição, foi utilizado o software de dimensionamento de motores BDMotor fornecido gratuitamente no PROCEL. Os dados dos motores atualmente instalados foram obtidos através das medições, dados de placa e do banco de dados do próprio software, já os dados dos motores propostos foram obtidos do site do fabricante e simulados no software para obter-se o rendimento no ponto de carregamento. Os motores propostos foram motores da marca WEG, motores Super Premium e a vida útil considerada foi de 15 anos.

Tabela 28 - Análise da substituição do sistema de força motriz.

SISTEMAS MOTRIZES				MOTOR 3		MOTOR 4	
				ATUAL	PROPOSTO	ATUAL	PROPOSTO
Potência do motor	CV			150	150	150	150
Carregamento	%			109,88%	109,88%	80,29%	80,29%
Rendimento nominal	%			93,00%	96,20%	93,00%	96,20%
Rendimento no ponto de carregamento	%			93,16%	96,45%	92,66%	96,00%
Quantidade				1	1	1	1
Potência instalada	kW			118,71	114,76	118,71	114,76
Potência média utilizada	kW			130,21	125,77	95,66	92,33
Tempo de utilização em um dia	Ponta	h/dia		0,00	0,00	0,00	0,00
	Fora de Ponta	h/dia		8,00	8,00	8,00	8,00
Dias de utilização em um ano	dia/ano			251,00	251,00	251,00	251,00
Funcionamento	Ponta	h/ano		0,00	0,00	0,00	0,00
	Fora de Ponta	h/ano		2.008,00	2.008,00	2.008,00	2.008,00
Energia consumida	Ponta	MWh/ano		0,00	0,00	0,00	0,00
	Fora de Ponta	MWh/ano		261,47	252,55	192,09	185,41
ECONOMIA							
Demanda		kW/ano		53,30		39,94	
Tarifa de demanda (R\$/kW)	22,23	R\$/ano		1.184,88		887,84	
Consumo na ponta		MWh/ano		0,00		0,00	
Consumo fora de ponta		MWh/ano		8,92		6,68	
Tarifa de consumo na ponta (R\$/kWh)	1,84101	R\$/ano		0,00		0,00	
arifa de cons. fora de ponta (R\$/kWh)	0,43668	R\$/ano		3.894,74		2.918,37	
Economia anual		R\$		5.079,62		3.806,21	
Investimento		R\$		60.979,99		60.979,99	
Payback Simples				12 anos		> 15 anos	
Payback Descontado				> 15 anos		> 15 anos	
TIR				2,92%		-0,81%	
VPL		R\$		-30.811,62		-38.374,53	
Índice de Lucratividade				0,49		0,37	

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

A substituição do motor 3 de 150 CV Standard por outro motor de 150 CV Super Premium tem um custo de R\$ 60.979,99 e uma economia anual de R\$ 5.079,62. A um custo de capital de 14,68 % (DALMOLIN, 2017), o projeto apresenta um Payback Simples de 12 anos, Payback Descontado maior que 15 anos, TIR de 2,92 %, VPL de R\$ - 30.811,62 e Índice de Lucratividade 0,49. Considerando estes indicadores, o projeto só seria aceito pela análise do Payback Simples, através dos outros indicadores este projeto seria reprovado.

A troca do motor 4 de 150 CV Standard por outro motor de 150 CV Super Premium tem um custo de R\$ 60.979,99 e uma economia anual de R\$ 3.806,21. A um custo de capital de 14,68 % (DALMOLIN, 2017), o projeto apresenta um Payback Simples maior que 15 anos, Payback Descontado também maior que 15 anos, TIR de - 0,81 %, VPL de R\$ - 38.374,53 e Índice de Lucratividade 0,37. Considerando estes indicadores, o projeto não seria aceito para implantação.

Tabela 29 - Análise da substituição do sistema de força motriz.

SISTEMAS MOTRIZES						
		MOTOR 19 / 20		MOTOR 60		
		ATUAL	PROPOSTO	ATUAL	PROPOSTO	
Potência do motor	CV	60	60	150	75	
Carregamento	%	119,98%	119,98%	45,92%	91,84%	
Rendimento nominal	%	93,10%	95,40%	92,50%	95,80%	
Rendimento no ponto de carregamento	%	93,30%	95,50%	89,20%	95,40%	
Quantidade		2	2	1	1	
Potência instalada	kW	94,87	92,58	119,35	57,62	
Potência média utilizada	kW	113,58	110,96	56,83	53,14	
Tempo de utilização em um dia	Ponta	h/dia	3,00	3,00	0,00	0,00
	Fora de Ponta	h/dia	21,00	21,00	8,00	8,00
Dias de utilização em um ano	dia/ano	251,00	251,00	251,00	251,00	
Funcionamento	Ponta	h/ano	753,00	753,00	0,00	0,00
	Fora de Ponta	h/ano	5.271,00	5.271,00	2.008,00	2.008,00
Energia consumida	Ponta	MWh/ano	85,52	83,55	0,00	0,00
	Fora de Ponta	MWh/ano	598,66	584,87	114,12	106,71
ECONOMIA						
Demanda		kW/ano	31,40	44,32		
Tarifa de demanda (R\$/kW)	22,23	R\$/ano	697,95	985,30		
Consumo na ponta		MWh/ano	1,97	0,00		
Consumo fora de ponta		MWh/ano	13,79	7,42		
Tarifa de consumo na ponta (R\$/kWh)	1,84101	R\$/ano	3.627,08	0,00		
arifa de cons. fora de ponta (R\$/kWh)	0,43668	R\$/ano	6.022,29	3.238,74		
Economia anual		R\$	10.347,32	4.224,05		
Investimento		R\$	67.904,00	24.384,99		
Payback Simples			6 anos e 7 meses	5 anos e 9 meses		
Payback Descontado			> 15 anos	13 anos e 9 meses		
TIR			12,70%	15,27%		
VPL		R\$	-6.450,21	702,05		
Índice de Lucratividade			0,91	1,03		

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

A substituição dos motores 19 e 20 de 60 CV Standard por outros motores de 60 CV Super Premium tem um custo de R\$ 67.904,00 e uma economia anual de R\$ 10.347,32. A um custo de capital de 14,68 % (DALMOLIN, 2017), o projeto apresenta um Payback Simples de 6 anos e 7 meses, Payback Descontado maior que 15 anos, TIR de 12,70 %, VPL de R\$ - 6.450,21 e Índice de Lucratividade 0,91. Considerando estes indicadores, o projeto só seria aceito pela análise do Payback Simples, através dos outros indicadores este projeto seria reprovado.

Substituindo o motor 60 de 150 CV Standard por outro motor de 75 CV Super Premium o projeto tem um custo de R\$ 24.384,99 e uma economia anual de R\$ 4.224,05. A um custo de capital de 14,68 % (DALMOLIN, 2017), o projeto apresenta um Payback Simples de 5 anos e 9 meses, Payback Descontado de 13 anos e 9 meses, TIR de 15,27 %, VPL de R\$ 702,05 e Índice de Lucratividade 1,03, considerando estes indicadores o projeto seria aceito para realização.

Tabela 30 - Análise da substituição do sistema de força motriz.

SISTEMAS MOTRIZES					
		MOTOR 70		MOTOR 71	
		ATUAL	PROPOSTO	ATUAL	PROPOSTO
Potência do motor	CV	150	60	60	40
Carregamento	%	30,04%	75,10%	55,05%	82,58%
Rendimento nominal	%	92,50%	95,40%	93,10%	95,00%
Rendimento no ponto de carregamento	%	86,40%	94,90%	91,20%	94,40%
Quantidade		1	1	1	1
Potência instalada	kW	119,35	46,29	47,43	30,99
Potência média utilizada	kW	38,38	34,95	26,66	25,75
Tempo de utilização em um dia	Ponta	h/dia	0,00	0,00	0,00
	Fora de Ponta	h/dia	8,00	8,00	8,00
Dias de utilização em um ano	dia/ano	251,00	251,00	251,00	251,00
Funcionamento	Ponta	h/ano	0,00	0,00	0,00
	Fora de Ponta	h/ano	2.008,00	2.008,00	2.008,00
Energia consumida	Ponta	MWh/ano	0,00	0,00	0,00
	Fora de Ponta	MWh/ano	77,08	70,17	53,52
ECONOMIA					
Demanda		kW/ano	41,26	10,82	
Tarifa de demanda (R\$/kW)	22,23	R\$/ano	917,13	240,62	
Consumo na ponta		MWh/ano	0,00	0,00	
Consumo fora de ponta		MWh/ano	6,90	1,81	
Tarifa de consumo na ponta (R\$/kWh)	1,84101	R\$/ano	0,00	0,00	
Tarifa de cons. fora de ponta (R\$/kWh)	0,43668	R\$/ano	3.014,64	790,95	
Economia anual		R\$	3.931,76	1.031,57	
Investimento		R\$	33.952,00	13.523,99	
Payback Simples			8 anos e 8 meses	13 anos e 1 mês	
Payback Descontado			> 15 anos	> 15 anos	
TIR			7,86%	1,73%	
VPL		R\$	-10.600,87	-7.397,39	
Índice de Lucratividade			0,69	0,45	

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

A substituição do motor 70 de 150 CV Standard por outro motor de 60 CV Super Premium tem um custo de R\$ 33.952,00 e uma economia anual de R\$ 3.931,76. A um custo de capital de 14,68 % (DALMOLIN, 2017), o projeto apresenta um Payback Simples de 8 anos e 8 meses, Payback Descontado maior que 15 anos, TIR de 7,86 %, VPL de R\$ - 10.600,87 e Índice de Lucratividade 0,69. Considerando estes indicadores, o projeto só seria aceito pela análise do Payback Simples, através dos outros indicadores este projeto seria reprovado.

Substituindo o motor 71 de 60 CV Standard por outro motor de 40 CV Super Premium o projeto tem um custo de R\$ 13.523,99 e uma economia anual de R\$ 1.031,57. A um custo de capital de 14,68 % (DALMOLIN, 2017), o projeto apresenta um Payback Simples de 13 anos e 1 mês, Payback Descontado maior que 15 anos, TIR de 1,73 %, VPL de R\$ - 7.397,39 e Índice de Lucratividade 0,45. Considerando estes indicadores, o projeto só seria aceito pela análise do Payback Simples, através dos outros indicadores este projeto seria reprovado.

Verifica-se que somente a troca do motor 60 seria aceita conforme os indicadores analisados. A economia total anual obtida com a troca de todo o sistema motriz medido é de R\$ 28.420,53, considerando um investimento total de R\$ 261.724,96. A um custo de capital de 14,68 % (DALMOLIN, 2017), o projeto apresenta um Payback Simples de 9 anos e 3 meses, Payback Descontado maior que 15 anos, TIR de 6,83 %, VPL de R\$ - 92.932,57 e Índice de Lucratividade 0,64. Considerando estes indicadores, o projeto só seria aceito pela análise do Payback Simples, através dos outros indicadores este projeto seria reprovado.

Para a comparação dos motores que não foram medidos, foram considerados os dados dos catálogos do fabricante para motores Standard, sem considerar o redimensionamento de potência. O fabricante não fornece motores Super Premium em potência menores, assim todos os motores propostos para a troca foram considerados motores Premium. Considerou-se também que todos os motores já foram rebobinados pelo menos uma vez, reduzindo o rendimento nominal em 3 %.

Tabela 31 - Análise da substituição do sistema de força motriz (motores não medidos).

SETOR	MOTOR	MARCA	POT. (CV)	POT. (kW)	SISTEMA ATUAL				SISTEMA PROPOSTO				ECONOMIA					
					REND. 75%	REND. APÓS REB.	POT. ÚTIL (kW)	CONS. (kWh/ANO)		REND. 75%	POT. ÚTIL (kW)	CONS. (kWh/ANO)		CONS. (kWh/ANO)		VALOR (R\$/ANO)		
								PONTA	F. PONTA			PONTA	F. PONTA	PONTA	F. PONTA	PONTA	F. PONTA	
COMPRESSOR	1	WEG	10,0	7,4	88,0%	85,0%	8,7	0,0	8693,5	91,6%	8,0	0,0	8067,1	0,0	626,4	R\$ -	R\$ 273,53	
BOMBA	2	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ 183,96	
MOINHO CALCÁRIO	3	WEG	150,0	110,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	4	WEG	150,0	110,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	5	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	6	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	7	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	8	WEG	3,0	2,2	82,0%	79,0%	2,8	0,0	2806,1	86,5%	2,6	0,0	2562,8	0,0	243,3	R\$ -	R\$ 106,25	
	9	WEG	10,0	7,4	88,0%	85,0%	8,7	0,0	8693,5	91,6%	8,0	0,0	8067,1	0,0	626,4	R\$ -	R\$ 273,53	
	10	WEG	3,0	2,2	82,0%	79,0%	2,8	0,0	2806,1	86,5%	2,6	0,0	2562,8	0,0	243,3	R\$ -	R\$ 106,25	
	11	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	12	WEG	3,0	2,2	82,0%	79,0%	2,8	0,0	2806,1	86,5%	2,6	0,0	2562,8	0,0	243,3	R\$ -	R\$ 106,25	
	13	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	14	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	15	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	16	WEG	30,0	22,1	90,0%	87,0%	25,4	0,0	25480,8	93,8%	23,5	0,0	23633,6	0,0	1847,2	R\$ -	R\$ 806,65	
	17	WEG	10,0	7,4	88,0%	85,0%	8,7	0,0	8693,5	91,6%	8,0	0,0	8067,1	0,0	626,4	R\$ -	R\$ 273,53	
	18	WEG	10,0	7,4	88,0%	85,0%	8,7	0,0	8693,5	91,6%	8,0	0,0	8067,1	0,0	626,4	R\$ -	R\$ 273,53	
	FÁBRICA GRANULADO I	19	WEG	60,0	44,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		20	WEG	60,0	44,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		21	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	1704,2	11929,4	88,5%	4,2	1565,6	10958,9	138,6	970,5	R\$ 255,25	R\$ 423,81
22		WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	1704,2	11929,4	88,5%	4,2	1565,6	10958,9	138,6	970,5	R\$ 255,25	R\$ 423,81	
23		WEG	3,0	2,2	82,0%	79,0%	2,8	1052,3	7366,1	86,5%	2,6	961,1	6727,4	91,2	638,7	R\$ 167,97	R\$ 278,90	
24		WEG	2,0	1,5	81,0%	78,0%	1,9	710,5	4973,7	86,0%	1,7	644,4	4511,0	66,1	462,7	R\$ 121,68	R\$ 202,04	
25		WEG	2,0	1,5	81,0%	78,0%	1,9	710,5	4973,7	86,0%	1,7	644,4	4511,0	66,1	462,7	R\$ 121,68	R\$ 202,04	
26		WEG	2,0	1,5	81,0%	78,0%	1,9	710,5	4973,7	86,0%	1,7	644,4	4511,0	66,1	462,7	R\$ 121,68	R\$ 202,04	
27		WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	1704,2	11929,4	88,5%	4,2	1565,6	10958,9	138,6	970,5	R\$ 255,25	R\$ 423,81	
28		WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	1704,2	11929,4	88,5%	4,2	1565,6	10958,9	138,6	970,5	R\$ 255,25	R\$ 423,81	
29		WEG	15,0	11,0	88,2%	85,2%	13,0	4878,6	34150,1	91,5%	12,1	4542,7	31798,8	335,9	2351,3	R\$ 618,40	R\$ 1.026,77	
30		WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	1704,2	11929,4	88,5%	4,2	1565,6	10958,9	138,6	970,5	R\$ 255,25	R\$ 423,81	
31		WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	1704,2	11929,4	88,5%	4,2	1565,6	10958,9	138,6	970,5	R\$ 255,25	R\$ 423,81	
FÁBRICA GRANULADO II	32	WEG	10,0	7,4	88,0%	85,0%	8,7	0,0	8693,5	91,6%	8,0	0,0	8067,1	0,0	626,4	R\$ -	R\$ 273,53	
	33	WEG	10,0	7,4	88,0%	85,0%	8,7	0,0	8693,5	91,6%	8,0	0,0	8067,1	0,0	626,4	R\$ -	R\$ 273,53	
	34	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	35	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	36	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	37	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	38	WEG	20,0	14,7	89,3%	86,3%	17,1	0,0	17125,0	93,2%	15,8	0,0	15857,2	0,0	1267,8	R\$ -	R\$ 553,64	
	39	WEG	20,0	14,7	89,3%	86,3%	17,1	0,0	17125,0	93,2%	15,8	0,0	15857,2	0,0	1267,8	R\$ -	R\$ 553,64	
	40	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ 183,96	
	41	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ 183,96	
	42	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	43	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ 183,96	
	44	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ 183,96	
	45	WEG	15,0	11,0	88,2%	85,2%	13,0	0,0	13009,6	91,5%	12,1	0,0	12113,8	0,0	895,7	R\$ -	R\$ 391,15	
	46	WEG	10,0	7,4	88,0%	85,0%	8,7	0,0	8693,5	91,6%	8,0	0,0	8067,1	0,0	626,4	R\$ -	R\$ 273,53	
	47	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	48	WEG	30,0	22,1	90,0%	87,0%	25,4	0,0	25480,8	93,8%	23,5	0,0	23633,6	0,0	1847,2	R\$ -	R\$ 806,65	
	49	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ 183,96	
	50	WEG	3,0	2,2	82,0%	79,0%	2,8	0,0	2806,1	86,5%	2,6	0,0	2562,8	0,0	243,3	R\$ -	R\$ 106,25	
	51	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	52	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	53	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	54	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	55	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ 183,96	
	56	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	57	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	58	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ 161,45	
	59	WEG	12,5	9,2	87,8%	84,8%	10,8	0,0	10892,5	91,8%	10,0	0,0	10061,9	0,0	830,6	R\$ -	R\$ 362,70	

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

Tabela 32 - Análise da substituição do sistema de força motriz (motores não medidos).

SETOR	MOTOR	MARCA	POT. (CV)	POT. (kW)	SISTEMA ATUAL				SISTEMA PROPOSTO				ECONOMIA					
					REND. 75%	REND. APÓS REB.	POT. ÚTIL (kW)	CONS. (kWh/ANO)		REND. 75%	POT. ÚTIL (kW)	CONS. (kWh/ANO)		CONS. (kWh/ANO)		VALOR (R\$/ANO)		
								PONTA	F. PONTA			PONTA	F. PONTA	PONTA	F. PONTA	PONTA	F. PONTA	
CONE CARREG.	60	WEG	150,0	110,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	61	WEG	10,0	7,4	88,0%	85,0%	8,7	0,0	8693,5	91,6%	8,0	0,0	8067,1	0,0	626,4	R\$ -	R\$ -	R\$ 273,53
	62	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ -	R\$ 161,45
	63	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ -	R\$ 161,45
	64	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ -	R\$ 161,45
	65	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ -	R\$ 183,96
	66	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ -	R\$ 183,96
CARREG. GRANULADO	67	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ -	R\$ 183,96
	68	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ -	R\$ 183,96
	69	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ -	R\$ 183,96
BRITAGEM	70	WEG	150,0	110,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	71	WEG	60,0	44,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	72	WEG	30,0	22,1	90,0%	87,0%	25,4	0,0	25480,8	93,8%	23,5	0,0	23633,6	0,0	1847,2	R\$ -	R\$ -	R\$ 806,65
	73	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ -	R\$ 183,96
	74	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ -	R\$ 183,96
	75	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ -	R\$ 183,96
	76	WEG	7,5	5,5	87,5%	84,5%	6,5	0,0	6558,7	90,3%	6,1	0,0	6137,4	0,0	421,3	R\$ -	R\$ -	R\$ 183,96
OFICINA	77	WEG	10,0	7,4	88,0%	85,0%	8,7	0,0	8693,5	91,6%	8,0	0,0	8067,1	0,0	626,4	R\$ -	R\$ -	R\$ 273,53
	78	WEG	10,0	7,4	88,0%	85,0%	8,7	0,0	8693,5	91,6%	8,0	0,0	8067,1	0,0	626,4	R\$ -	R\$ -	R\$ 273,53
	79	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ -	R\$ 161,45
	80	WEG	3,0	2,2	82,0%	79,0%	2,8	0,0	2806,1	86,5%	2,6	0,0	2562,8	0,0	243,3	R\$ -	R\$ -	R\$ 106,25
	81	WEG	3,0	2,2	82,0%	79,0%	2,8	0,0	2806,1	86,5%	2,6	0,0	2562,8	0,0	243,3	R\$ -	R\$ -	R\$ 106,25
BOMBA ÁGUA	82	WEG	5,0	3,7	84,3%	81,3%	4,5	0,0	4544,6	88,5%	4,2	0,0	4174,8	0,0	369,7	R\$ -	R\$ -	R\$ 161,45
	83	WEG	30,0	22,1	90,0%	87,0%	25,4	0,0	25480,8	93,8%	23,5	0,0	23633,6	0,0	1847,2	R\$ -	R\$ -	R\$ 806,65

Fonte: Autoria própria, com base nos levantamentos de dados realizados.

O consumo anual economizado com a troca de todos os motores é de 1.457,31 kWh na ponta e 45.559,16 kWh fora de ponta, representando um valor economizado de R\$ 2.682,93 e R\$ 19.894,77 respectivamente.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho buscou apresentar, através do diagnóstico energético da indústria analisada, os principais pontos de consumo e possíveis ações de eficiência energética aplicáveis ao perfil da empresa instalada em Colombo, Paraná.

Foi realizado estudo para fundamentação teórica em livros, trabalhos publicados e material de aula do curso, com isso buscou-se apresentar breve histórico sobre eficiência energética no Brasil, descrição de diagnóstico energético, além de fundamentar as ações e análises para redução do consumo. Para desenvolvimento do diagnóstico energético, foram levantados os dados dos processos, histórico de faturas e os dados dos equipamentos a serem eficientizados.

A análise tarifária mostrou que a empresa já está enquadrada na melhor opção tarifária para o mercado cativo de energia, porém caso opte por migrar para o mercado livre de energia pode alcançar uma economia mensal de até R\$ 5.314,47, ou seja, 9 % com um custo de R\$ 290,00 / MWh.

O projeto de substituição de todo o sistema de iluminação provê uma economia total anual de R\$ 6.508,59 com um investimento total de R\$ 28.520,39. A um custo de capital de 14,68 % (DALMOLIN, 2017), o projeto apresenta um Payback Simples de 4 anos e 5 meses, Payback Descontado maior que 7 anos, TIR de 13,30 %, VPL de R\$ - 1.179,93 e Índice de Lucratividade 0,95. Considerando estes indicadores, o projeto só seria aceito pela análise do Payback Simples, através dos outros indicadores este projeto seria reprovado.

O sistema de força motriz é o consumo mais representativo na planta analisada, porém este não apresentou grande possibilidade de economia. Na análise da troca de todos os dos motores antigos de maior potência por motores novos de alto rendimento, resultou em uma economia anual de R\$ 28.420,53, considerando um investimento total de R\$ 261.724,96. A um custo de capital de 14,68 % (DALMOLIN, 2017), o projeto apresenta um Payback Simples de 9 anos e 3 meses, Payback Descontado maior que 15 anos, TIR de 6,83 %, VPL de R\$ - 92.932,57 e Índice de Lucratividade 0,64. Considerando estes indicadores, o projeto só seria aceito pela análise do Payback Simples, através dos outros indicadores este projeto seria reprovado. Este fato pode ser explicado pelo baixo tempo de utilização da maioria dos motores, aproximadamente 8 horas por dia, caso a utilização fosse maior, conseqüentemente

a economia de energia seria maior, o que poderia viabilizar a substituição desses motores.

Mesmo que as oportunidades de economia encontradas não tenham apresentado um grande nível de aceitação através dos indicadores econômicos, pode-se concluir que a elaboração deste diagnóstico expôs possibilidades de economia e melhoria dos processos de consumo de energia da empresa. Portanto, é notório que antes de se implementar ações de eficiência, deve-se realizar uma análise aprofundada da utilização de energia e dos processos envolvidos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução N° 109, de 26 de outubro de 2004.** Institui a Convenção de Comercialização de Energia Elétrica. ANEEL, 2004. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2004109.pdf>>. Acesso em: 11 abr. 2018.

_____. **Resolução N° 247, de 21 de dezembro de 2006.** Estabelece as condições para a comercialização de energia elétrica, oriunda de empreendimentos de geração que utilizem fontes primárias incentivadas, com unidade ou conjunto de unidades consumidoras cuja carga seja maior ou igual a 500 kW e dá outras providências. ANEEL, 2006. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2006247.pdf>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

_____. **Modalidades Tarifárias.** ANEEL, 2015a. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/alta-tensao/-/asset_publisher/zNaRBjCLDgbE/content/modalidade/654800?inheritRedirect=false&redirect=http%3A%2F%2Fwww.aneel.gov.br%2Falta-tensao%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_zNaRBjCLDgbE%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D2%26p_p_col_count%3D3>. Acesso em: 20 abr. 2018.

_____. **Programa de Eficiência Energética.** ANEEL, 2015b. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica/-/asset_publisher/94kK2bHDLPMo/content/gestao-do-programa/656831?inheritRedirect=false>. Acesso em: 20 abr. 2018.

_____. **Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST – Módulo 8 – Acesso ao Sistema de Distribuição.** ANEEL, 2015c. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/M%C3%B3dulo8_Revis%C3%A3o_7.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2018.

_____. **Resolução N°414, de 09 de setembro de 2010.** Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. ANEEL, 2010b. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?Version=1.0>>. Acesso em: 17 mai. 2018.

_____. **Resolução N°418, de 23 de novembro de 2010.** Retifica a Resolução Normativa ANEEL n° 414, de 2010. ANEEL, 2010b. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010418.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2018.

ALTOÉ, Leandra et al. **Políticas Públicas de Incentivo à Eficiência Energética.** Abril de 2017. Estudos Avançados, São Paulo, v. 31, n. 89, p. 285-297.. ISSN 1806-9592. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/132432/128566>>. Acesso em: 21 abr. 2018.

BRASIL. LEI Nº 9.074, DE 07 DE JULHO DE 1995. **Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências.** Brasília, DF, jul. 1995. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9074cons.htm>. Acesso em: 10 fev. 2018.

_____. LEI Nº 9.427, DE 26 DE DEZEMBRO DE 1996. **Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências.** Brasília, DF, dez 1996. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/lei19969427.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2018.

_____. LEI Nº 9.648, DE 27 DE MAIO DE 1998. **Altera dispositivos das Leis no 3.890-A, de 25 de abril de 1961, no 8.666, de 21 de junho de 1993, no 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, no 9.074, de 7 de julho de 1995, no 9.427, de 26 de dezembro de 1996, e autoriza o Poder Executivo a promover a reestruturação da Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS e de suas subsidiárias e dá outras providências.** Brasília, DF, mai 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/19648cons.htm>. Acesso em: 22 fev. 2018.

_____. LEI Nº 9.991, DE 24 DE JULHO DE 2000. **Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências.** Brasília, DF, jul 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9991.htm>. Acesso em: 25 fev. 2018.

_____. LEI Nº 10.295, DE 17 DE OUTUBRO DE 2001. **Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências.** Brasília, DF, out. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/LEIS_2001/L10295.htm>. Acesso em: 22 fev. 2018.

_____. DECRETO Nº 4.059, DE 19 DEZEMBRO DE 2001. **Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências.** Brasília, DF, dez. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/d4059.htm>. Acesso em: 23 fev. 2018.

_____. LEI Nº 13.203, DE 08 DE DEZEMBRO DE 2015. **Dispõe sobre a repactuação do risco hidrológico de geração de energia elétrica; institui a bonificação pela outorga; e altera as Leis nos 12.783, de 11 de janeiro de 2013, que dispõe sobre as concessões de energia elétrica, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, que disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica, 9.478, de 6 de agosto de 1997, que institui o Conselho Nacional de Política Energética, 9.991, de 24 de julho de 2000, que dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, 10.438, de 26 de abril de 2002, 10.848, de 15 de março de 2004, que dispõe sobre a comercialização de energia elétrica, e 11.488, de 15 de junho de 2007, que equipara a autoprodutor o consumidor que atenda a requisitos que especifica.** Brasília, DF, dez 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/l13203.htm>. Acesso em: 25 fev. 2018.

CCEE - CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Setor Elétrico.** CCEE, 2018a. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/setor_eletrico?_adf.ctrl-state=vtrfeys63_1&_afLoop=85134545320934#!%40%40%3F_afLoop%3D85134545320934%26_adf.ctrl-state%3Dvtrfeys63_5>. Acesso em: 12 fev. 2018.

_____. **Câmara de Comercialização Supera 7 mil Agentes e Atinge Marca Histórica.** CCEE, 2018b. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/noticias-opinio/noticias/noticialeitura?contentid=CCEE_640173&_adf.ctrl-state=vtrfeys63_14&_afLoop=85663763801938#!%40%40%3Fcontentid%3DCCEE_640173%26_afLoop%3D85663763801938%26_adf.ctrl-state%3Dvtrfeys63_18>. Acesso em: 10 fev. 2018.

_____. **InfoMercado Semanal – 178 – 4ª Semana – Abril/2018.** CCEE, 2018c. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/o-que-fazemos/infomercado/info_mercado_interativo?contentId=CCEE_640417&_adf.ctrl-state=vtrfeys63_27&_afLoop=85908479145737#!%40%40%3F_afLoop%3D85908479145737%26contentId%3DCCEE_640417%26_adf.ctrl-state%3Dvtrfeys63_31>. Acesso em: 27 abr. 2018.

COLVARA, Carlos M. G.; SALVADOR, Cesar A. V.; **Análise de Redução no Consumo de Energia Elétrica no Processo de Resfriamento de Ração.** Santa Maria, 2014. Dissertação (Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivo). Universidade Federal de Santa Maria.

COPEL - COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. **Roteiro para Elaboração de Diagnóstico Energético.** 2017. Disponível em: <<http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2F8C663D9AFB28C866832581B000661F1A>>. Acesso em: 02 mai. 2018.

COSTA, Haroldo J. M.; **Roteiro de Pré-Diagnóstico para Otimizar o Uso de Energia Elétrica em Empresas de Pequeno Porte**. Curitiba 2015. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial). Universidade Federal do Paraná.

CRUZ, Adelson M.; BERWANGER, Diego; **Sistema Automatizado para Teste em Motores Elétricos de Indução Trifásicos de Baixa Potência**. Curitiba 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial). Universidade Federal do Paraná.

DALMOLIN, Rodrigo S.; **Análise da Viabilidade Econômico Financeira da Implantação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede em Residências**. Curitiba, 2017. Monografia (Especialização em Gestão Financeira). Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ELETROBRAS – CENTRAIS ELÉTRICA BRASILEIRAS S.A.; PROCEL – PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA; CNI – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA; IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. **Motor Elétrico – Guia Básico**. Brasília: IEL/NC, 2009.

FERREIRA, Carlos A.; **Motor Elétrico Premium**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Copper Alliance, 2016.

GITMAN, Lawrence J.; **Princípios de Administração Financeira**. 12ª. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers, Std - **519™ Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems**. 2014. Disponível em: <<http://standards.ieee.org/>>. Acesso em: 20 mai. de 2018.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1139260/Plano+Nacional+de+Energia+2030+%28PDF%29/ba957ba9-2439-4b28-ade5-60cf94612092?version=1.1>>. Acesso em: 10 fev. de 2018.

_____. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1432134/Plano+Nacional+Efici%C3%AAncia+Energ%C3%A9tica+%28PDF%29/74cc9843-cda5-4427-b623-b8d094ebf863?version=1.1>>. Acesso em: 12 fev. de 2018.

_____. **Planejamento e Desenvolvimento Energético**. 2018. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/acoes/planejamento-e-desenvolvimento-energetico>>. Acesso em: 24 fev. de 2018.

PINTO, Patricia M. M.; **Diagnóstico Energético em um Prédio Comercial**. Rio de Janeiro, 2009. Projeto (Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001047.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2018.

POMPERMAYER, Máximo L. **Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição de Energia Elétrica - PEE**. In: FORÚM DE SUSTENTABILIDADE, ENERGIAS ALTERNATIVAS E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 03 a 05 de setembro de 2012, São Paulo. Disponível em: <<http://www.tec.abinee.org.br/2012/arquivos/s2b.pdf>>. Acesso em: 13 fev. 2018.

QUEIROZ, Patrícia V. S.; **Mensuração do Consumo de Energia Elétrica: Algoritmo para Detecção de Potenciais Usuários da Termoacumulação como Alternativa para Deslocamento de Carga**. Rio de Janeiro, 2011. Dissertação (Mestrado em Metrologia). Pontifícia universidade Católica do Rio de Janeiro.

SENS, Leonardo P.; **Motor de Indução Trifásico com Capacitor e Alimentação Monofásica**. Rio de Janeiro, 2011. Projeto (Graduação em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011.

SILVA, Marcos C. I.; **Correção do Fator de Potência de Cargas industriais com Dinâmica Rápida**. Belo Horizonte 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Minas Gerais.

VIANA, Augusto N. C.; BORTONI, Edson C.; NOGUEIRA, Fábio j. H.; HADDAD, Jamil; NOGUEIRA, Luiz A. H.; VENTURINI, Osvaldo J.; YAMACHITA, Roberto A.; **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. 1ª ed. Campinas: Elektro, 2012.

WEG. **Manual para Correção do Fator de Potência**. 2009. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-correcao-do-fator-de-potencia-958-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 07 mai. 2018.

_____. **W22 IR4 Super Premium – Motor de Indução Trifásico**. 2016a. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-w22-super-premium-50041203-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2018.

_____. **Motores Elétricos – Guia de Especificação**. 2016b. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-guia-de-especificacao-de-motores-eletricos-50032749-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 05 mai. 2018.

_____. **Gestão Eficiente de Energia Elétrica**. 2017. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/he1/h04/WEG-gestao-eficiente-da-energia-eletrica-50030292-brochure-portuguese-web.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2018.

ANEXOS

Anexo 1 –

Tabela para obtenção do fator de correção

Fator de potência original	Fator de potência desejado																				
	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1,00
0,50	0,982	1,008	1,034	1,060	1,086	1,112	1,139	1,165	1,192	1,220	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,442	1,481	1,529	1,590	1,732
0,51	0,937	0,962	0,989	1,015	1,041	1,067	1,094	1,120	1,147	1,175	1,203	1,231	1,261	1,292	1,324	1,358	1,395	1,436	1,484	1,544	1,687
0,52	0,893	0,919	0,945	0,971	0,997	1,023	1,060	1,076	1,103	1,131	1,159	1,187	1,217	1,248	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500	1,643
0,53	0,850	0,876	0,902	0,928	0,954	0,980	1,007	1,033	1,060	1,088	1,116	1,144	1,174	1,205	1,237	1,271	1,308	1,349	1,397	1,457	1,600
0,54	0,809	0,835	0,861	0,887	0,913	0,939	0,966	0,992	1,019	1,047	1,075	1,103	1,133	1,164	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416	1,559
0,55	0,769	0,795	0,821	0,847	0,873	0,899	0,926	0,952	0,979	1,007	1,035	1,063	1,090	1,124	1,456	1,190	1,228	1,268	1,316	1,377	1,519
0,56	0,730	0,756	0,782	0,808	0,834	0,860	0,887	0,913	0,940	0,968	0,996	1,024	1,051	1,085	1,117	1,151	1,189	1,229	1,277	1,338	1,480
0,57	0,692	0,718	0,744	0,770	0,796	0,822	0,849	0,875	0,902	0,930	0,958	0,986	1,013	1,047	1,079	1,113	1,151	1,191	1,239	1,300	1,442
0,58	0,655	0,681	0,707	0,733	0,759	0,785	0,812	0,838	0,865	0,893	0,921	0,949	0,976	1,010	1,042	1,076	1,114	1,154	1,202	1,263	1,405
0,59	0,618	0,644	0,670	0,696	0,722	0,748	0,775	0,801	0,828	0,856	0,884	0,912	0,943	0,973	1,005	1,039	1,077	1,117	1,165	1,226	1,368
0,60	0,584	0,610	0,636	0,662	0,688	0,714	0,741	0,767	0,794	0,822	0,850	0,878	0,905	0,939	0,971	1,005	1,043	1,083	1,131	1,192	1,334
0,61	0,549	0,575	0,601	0,627	0,653	0,679	0,706	0,732	0,759	0,787	0,815	0,843	0,870	0,904	0,936	0,970	1,008	1,048	1,096	1,157	1,299
0,62	0,515	0,541	0,567	0,593	0,619	0,645	0,672	0,698	0,725	0,753	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
0,63	0,483	0,509	0,535	0,561	0,587	0,613	0,640	0,666	0,693	0,721	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,000	1,091	1,233
0,64	0,450	0,476	0,502	0,528	0,554	0,580	0,607	0,633	0,660	0,688	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,066	1,200
0,65	0,419	0,445	0,471	0,497	0,523	0,549	0,576	0,602	0,629	0,657	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,027	1,169
0,66	0,388	0,414	0,440	0,466	0,492	0,518	0,545	0,571	0,598	0,626	0,654	0,692	0,709	0,742	0,755	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
0,67	0,358	0,384	0,410	0,436	0,462	0,488	0,515	0,541	0,568	0,596	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,906	0,966	1,108
0,68	0,329	0,355	0,381	0,407	0,433	0,459	0,486	0,512	0,539	0,567	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
0,69	0,299	0,325	0,351	0,377	0,403	0,429	0,456	0,482	0,509	0,537	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049
0,70	0,270	0,296	0,322	0,348	0,374	0,400	0,427	0,453	0,480	0,508	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,769	0,811	0,878	1,020
0,71	0,242	0,268	0,294	0,320	0,346	0,372	0,399	0,425	0,452	0,480	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,72	0,213	0,239	0,265	0,291	0,317	0,343	0,370	0,396	0,423	0,451	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,624	0,672	0,712	0,754	0,821	0,963
0,73	0,186	0,212	0,238	0,264	0,290	0,316	0,343	0,369	0,396	0,424	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,74	0,159	0,185	0,211	0,237	0,263	0,289	0,316	0,342	0,369	0,397	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,75	0,132	0,158	0,184	0,210	0,236	0,262	0,289	0,315	0,342	0,370	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,76	0,106	0,131	0,157	0,183	0,209	0,235	0,262	0,288	0,315	0,343	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,77	0,079	0,106	0,131	0,157	0,183	0,209	0,236	0,262	0,289	0,317	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,686	0,829
0,78	0,053	0,079	0,105	0,131	0,157	0,183	0,210	0,236	0,263	0,291	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,562	0,594	0,661	0,803
0,79	0,026	0,062	0,078	0,104	0,130	0,153	0,183	0,209	0,236	0,264	0,292	0,320	0,347	0,381	0,403	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,80	0,000	0,026	0,062	0,078	0,104	0,130	0,157	0,183	0,210	0,238	0,266	0,264	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750
0,81		0,000	0,026	0,062	0,078	0,104	0,131	0,157	0,184	0,212	0,240	0,268	0,295	0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724
0,82			0,000	0,026	0,062	0,078	0,105	0,131	0,158	0,186	0,214	0,242	0,269	0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,496	0,556	0,696
0,83				0,000	0,026	0,062	0,079	0,105	0,132	0,160	0,188	0,216	0,243	0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,536	0,672
0,84					0,000	0,026	0,053	0,079	0,106	0,14	0,162	0,190	0,217	0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,645
0,85						0,000	0,027	0,053	0,080	0,108	0,136	0,164	0,194	0,225	0,257	0,291	0,329	0,369	0,417	0,476	0,620
0,86							0,000	0,026	0,053	0,081	0,109	0,137	0,167	0,198	0,230	0,265	0,301	0,343	0,390	0,451	0,593
0,87								0,027	0,055	0,082	0,111	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,425	0,567	
0,88									0,028	0,056	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,290	0,337	0,398	0,540	
0,89										0,028	0,056	0,086	0,117	0,149	0,183	0,220	0,262	0,309	0,370	0,512	
0,90											0,028	0,058	0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,342	0,484	
0,91													0,030	0,061	0,093	0,127	0,164	0,206	0,253	0,314	0,456
0,92														0,031	0,063	0,097	0,134	0,176	0,223	0,284	0,426
0,93															0,032	0,068	0,103	0,145	0,192	0,253	0,395
0,94																0,034	0,071	0,113	0,160	0,221	0,363
0,95																	0,037	0,079	0,126	0,187	0,328
0,96																		0,042	0,089	0,149	0,292
0,97																			0,047	0,108	0,251
0,98																				0,061	0,203
0,99																					0,142

Fonte: WEG, 2016b.