

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

WILSON SALVINO FERREIRA

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO APLICADO EM AERAÇÃO DE GRÃOS EM SILOS
VERTICAIS**

MONOGRAFIA

CURITIBA

2018

WILSON SALVINO FERREIRA

**DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO APLICADO EM AERAÇÃO DE GRÃOS EM SILOS
VERTICAIS**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no curso Especialização em Eficiência Energética, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Eng. Me. Luiz Amilton Peplow.

CURITIBA

2018

Folha destinada à inclusão da **Ficha Catalográfica** por meio de solicitação ao Departamento de Biblioteca da UTFPR e posteriormente inserida nesse espaço: verso da Folha de Rosto (folha anterior).

Espaço para a ficha catalográfica sob responsabilidade exclusiva do Departamento de Biblioteca da UTFPR



TERMO DE APROVAÇÃO

Diagnóstico Energético Aplicado em Aeração de Grãos em Silos Verticais

Wilson Salvino Ferreira

Esta monografia foi apresentada às **17h:30min h** do dia **22/06/2018** 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. Dr. Eng. Roberto Cesar Betini
UTFPR – Examinador

Prof. M. Eng. Daniel Balieiro Silva
UTFPR – Examinador

Prof. M. Eng. Luiz Amilton Peplow
UTFPR – Orientador

Prof. M. Eng. Luiz Amilton Peplow
UTFPR – Coordenador do Curso

RESUMO

FERREIRA, Wilson S. AERAÇÃO DE GRÃOS EM SILOS VERTICAIS: análise energética de Unidade de armazenamento de grãos, estudo de substituição de motores antigos para motores de alto rendimento e controle de velocidade através de inversores de frequência, análise da viabilidade econômica e cronograma de implantação. 2018. 47 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Eficiência Energética), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

Este trabalho tem por objetivo demonstrar as oportunidades de eficiência energética em processos de aeração de grãos em silos verticais de armazenagem de soja, mantendo a qualidade do produto. O desenvolvimento das atividades teve como base o levantamento energético das instalações do processo, medições da energia elétrica consumida nos motores, históricos de medição de nível e de tempo de operação dos motores e literatura de aeração. A aeração de grãos em processos agropecuários de armazenagem é uma das principais atividades, onde são consumidos grande parte da energia elétrica do processo. A aeração consiste basicamente no envio de fluxo de ar constante para os silos de armazenagem que são responsáveis por manter a temperatura e umidade adequada para a qualidade do grão. Também para esse processo é utilizado a termometria, que realiza a medição de temperatura dentro do silo, através de cordões com sensores que medem e enviam sinal para uma central de controle que por sua vez aciona os motores para aeração. Para o processo em questão, os motores são antigos e operam sem controle de rotação. O diagnóstico energético demonstra que a substituição dos motores antigos por motores de alto rendimento e a inclusão de inversores de frequência para controle de velocidade, tendo como base o nível do silo, proporcionam grande redução do consumo de energia elétrica no processo. A empresa WEG em aplicações com características semelhantes ao processo estudado, alcançou resultados com redução do consumo de energia elétrica em 81%.

Palavras-chaves: Aeração, Eficiência Energética, Armazenagem.

ABSTRACT

FERREIRA, Wilson S. GRAIN AERATION IN VERTICAL SILOS: energy analysis of grain storage unit, study of replacement of motors with low efficiency for high performance motors and speed control through frequency inverters, economic feasibility analysis and schedule of deployment. 2018. 47. Course Completion Work (Specialization in Energy Efficiency), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

This work aims to demonstrate the energy efficiency opportunities in grain aeration processes in vertical soybean storage silos, while maintaining product quality. The development of the activities was based on the energetic survey of the process installations, measurements of the electric energy consumed in the engines, historical level measurement and engine operating time and aeration literature. The aeration of grains in agricultural storage processes is one of the main activities, where a great part of the electrical energy of the process is consumed. Aeration basically consists of sending constant airflow to the storage silos which are responsible for maintaining the proper temperature and humidity for grain quality. Also for this process is used thermometry, which performs the temperature measurement inside the silo, through cords with sensors that measure and send signal to a control center that in turn drives the engines for aeration. For the process in question, the engines are old and operate without rotation control. The energy diagnosis demonstrates that the replacement of old engines with high efficiency motors and the inclusion of frequency inverters for speed control, based on the level of the silo, provide a great reduction of the energy consumption in the process. The company WEG in applications with characteristics similar to the process studied, achieved results with reduction of the electric energy consumption in 81%.

Key-words: Aeration, Energy Efficiency, Storage.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Diagrama de conservação de grãos. | 24 |
| Figura 2: Sistema de aeração silo vertical. | 26 |
| Figura 3: Ventiladores de aeração. | 27 |
| Figura 4: Dutos de alimentação de ar. | 27 |
| Figura 5: Disposições possíveis para os dutos de distribuição de ar. | 28 |
| Figura 6: Sistema de termometria. | 28 |
| Figura 7: Controle de aeração automatizado. | 30 |
| Figura 8: Distribuição de sensores em silos. | 31 |
| Figura 9: Unidade Ponta Grossa II (Frísia Cooperativa Agroindustrial). | 32 |
| Figura 10: Divisão do silo 9 (nove) zonas. | 40 |
| Figura 11: Histórico de energia. | 43 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|-----------|
| Gráfico 1: Consumo de energia elétrica..... | 33 |
| Gráfico 2: Distribuição de cargas instaladas na planta industrial..... | 35 |
| Gráfico 3: Retorno do investimento..... | 52 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Demanda e consumo de energia elétrica. | 33 |
| Tabela 2: Lista de motores planta industrial. | 34 |
| Tabela 3 Lista de iluminação da planta industrial. | 34 |
| Tabela 4: Especificações de silos verticais. | 36 |
| Tabela 5: Consumo de energia elétrica aeração dos silos verticais período de 1 ano. | 37 |
| Tabela 6: Tempo de operação motores de 40cv. | 39 |
| Tabela 7: Tempo de operação motores de 30cv. | 39 |
| Tabela 8: Rotação do motor para cada zona de aeração do silo. | 41 |
| Tabela 9: Rotação do motor em kW para cada zona de aeração do silo. | 41 |
| Tabela 10: Motores de aeração silos verticais. | 42 |
| Tabela 11: Motores para medição e verificação. | 46 |
| Tabela 12: Motores para substituição. | 47 |
| Tabela 13: Cálculo de consumo sistema atual. | 49 |
| Tabela 14: Cálculo de consumo de energia no sistema proposto. | 50 |
| Tabela 15: Resultados obtidos com a substituição de motores. | 51 |
| Tabela 16: Custo para implantação do projeto. | 51 |

LISTA DE EQUAÇÕES

| | |
|---|-----------|
| Equação 1: Cálculo da estimativa do fator de coincidência na ponta. | 47 |
| Equação 2: Energia economizada. | 48 |
| Equação 3: Redução de demanda na ponta. | 48 |
| Equação 4: Cálculo custo-benefício | 52 |

LISTA DE CRONOGRAMAS

| | |
|---|----|
| Cronograma 1: Implantação. | 53 |
|---|----|

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| ACL | Ambiente de Contratação Livre. |
| AEE | Análise de Eficiência Energética. |
| CED | Custo Evitado de Demanda. |
| CEE | Custo de Energia Evitado. |
| CLP | Controlador Lógico Programável. |
| kW | Quilowatts. |
| kWh | Quilowatts Horas. |
| MME | Ministério de Minas e Energia. |
| M&V | Medição e Verificação. |
| PEE | Plano de Eficiência Energética. |
| PROPEE | Procedimentos do Programa de Eficiência Energética. |
| PIMVP | Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético. |
| RCB | Relação Custo-Benefício. |
| USD | Uso do Sistema de Distribuição |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 19 |
| 1.1. TEMA DE PESQUISA..... | 19 |
| 1.1.1 Delimitação do Tema | 19 |
| 1.2. PROBLEMAS E PREMISSAS | 19 |
| 1.3. OBJETIVOS..... | 20 |
| 1.3.1 Objetivo Geral..... | 20 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos | 20 |
| 1.4. JUSTIFICATIVA..... | 20 |
| 1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS | 21 |
| 1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO | 21 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 23 |
| 2.1. AERAÇÃO DE GRÃOS | 23 |
| 2.1.1 Princípio de Aeração..... | 23 |
| 2.1.2 Tipos de Aeração | 25 |
| 2.2. SISTEMA DE AERAÇÃO DE GRÃOS | 25 |
| 2.2.1 Componentes do Sistema de Aeração | 26 |
| 2.3. SISTEMA DE CONTROLE DE AERAÇÃO DE GRÃOS (AUTOMÁTICO)..... | 29 |
| 2.4. TERMOMETRIA..... | 30 |
| 3. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO | 32 |
| 3.1. CONTRATAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA | 32 |
| 3.2. DESCRIÇÃO E DETALHAMENTO ENERGÉTICO | 34 |
| 3.2.1 Insumos Energéticos | 34 |
| 3.3. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DA AERAÇÃO SILOS VERTICAIS | 35 |
| 3.3.1 Consumo de Energia Elétrica | 36 |
| 4. DESCRIÇÃO DA AÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (AEE) | 40 |
| 4.1. SISTEMA DE AERAÇÃO COM CONTROLE DE MOTORES..... | 40 |
| 4.1.1 Força Motriz, Aeração Silos Verticais | 42 |
| 5. ESTRATÉGIA DE M&V | 43 |
| 5.1. INTRODUÇÃO A MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO..... | 43 |
| 5.1.1 PIMVP Alternativa A | 44 |
| 5.1.2 PIMVP Alternativa B | 44 |
| 5.1.3 PIMVP Alternativa C | 45 |

| | |
|---|-----------|
| 5.1.4 PIMVP Alternativa D | 45 |
| 5.2. OPÇÃO DO PIMVP SELECIONADA, FRONTEIRA DE MEDIÇÃO, VARIÁVEIS INDEPENDENTES E DURAÇÕES DAS MEDIÇÕES | 45 |
| 5.2.1 Modelo de Consumo de Linha de Base, Amostragem e Cálculo das Economias | |
| 46 | |
| 5.3. PROJETO DE EFICIENTIZAÇÃO | 46 |
| 5.3.1 Cálculo Estimativo do Fator de Coincidência na Ponta | 47 |
| 5.3.2 Energia Economizada | 48 |
| 5.3.3 Redução de Demanda de Ponta | 48 |
| 5.3.4 Planilha de Cálculo e Benefício do Projeto | 49 |
| 5.3.5 Cálculo de Relação Custo Benefício | 51 |
| 5.3.6 Cronograma de Implantação | 53 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 54 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 55 |

1. INTRODUÇÃO

1.1. TEMA DE PESQUISA

As empresas buscam cada vez mais a diminuição de custos de produção, aumentando o desenvolvimento de programas de eficiência energética. O estudo de eficiência energética industrial abrange a iluminação, controle e automação de processos, força motriz utilizada em bombas d'água, compressores, sistema e aeração, elevadores, etc.

Os estudos realizados em motores elétricos podem trazer grandes benefícios às empresas e o retorno do investimento pode ser rápido, por meio de um bom levantamento e análise do processo industrial.

O balanço energético do Ministério de Minas e Energia realizado em 2016, ano base 2015 apontou a força motriz responsável por 78,9% do consumo final de energia elétrica da indústria (MME, 2016).

As ações de eficiência energética impõem desafios com as complexidades dos diversos processos, porém resultam em grandes benefícios para empresa.

A otimização da utilização de equipamentos, ou até mesmo a substituição dos mesmos possibilitam resultados surpreendentes.

1.1.1 Delimitação do Tema

Reduzir o consumo de energia elétrica com a utilização de equipamentos mais eficientes e com controle de velocidade dos motores, mantendo a qualidade dos produtos armazenados.

1.2. PROBLEMAS E PREMISSAS

A operação do sistema de aeração dos silos verticais é realizada por motores antigos que não possuem controle de velocidade, esse tipo de operação ocasiona alto consumo de energia elétrica que encarece o processo.

Os dados submetidos a planilha RCB PEE Copel 2017 para análise do consumo de energia elétrica do sistema instalado e o consumo calculado do sistema proposto, teve como base as medições do consumo de energia elétrica dos motores atualmente instalados no

processo (motores antigos) e as características técnicas fornecidas pelo fabricante dos motores propostos (auto rendimento) e inversores de frequência para controle de velocidade. Também foram aplicados os valores dos níveis e tempo de operação dos motores por um período de 1 (um) ano.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um estudo para redução do consumo de energia elétrica na aeração de grãos em silos verticais, substituindo equipamentos antigos e aplicando controle de velocidade dos motores de aeração, proporcional ao nível do silo.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Coletar informações da aeração dos silos verticais para análise de oportunidades de efficientização do processo.
- Propor ação de eficiência energética com a substituição de equipamentos antigos e alteração da operação dos motores e aeração dos silos.
- Identificar os ganhos e benefícios possíveis que a ação de eficiência energética proporcionará ao processo de aeração de grãos, estabelecendo procedimento de verificação de medição do sistema proposto.

1.4. JUSTIFICATIVA

Na grande maioria dos processos de aeração de grãos, os equipamentos utilizados são antigos, não possuem controle de velocidade e proporcionam alto consumo de energia elétrica.

A substituição dos motores antigos por motores de alto rendimento através do controle de velocidade dos inversores de frequência, tendem a proporcionar a redução do consumo de

energia elétrica do processo, mantendo a qualidade do produto e atendendo às diretrizes de desenvolvimento contínuo da empresa.

A empresa WEG com inovação dos sistemas de aeração em conjunto com a empresa Rezende, possuem sistemas instalados semelhantes ao proposto com resultados surpreendente de redução do consumo de energia elétrica em até 81%.

1.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Identificação e análise do processo de aeração de grãos em silos verticais em Unidade de Armazenagem. Esta análise é empregada para explorar oportunidades de aplicação de ações de eficiência energética.

O desenvolvimento do mesmo possui etapas de embasamento como:

- Diagnóstico energético das instalações da Unidade.
- Medições em campo: medir a energia elétrica consumida nos motores, realizar levantamento das características dos motores e do processo;
- Históricos de medição: medição de nível e de tempo de operação dos motores;
- Literatura de aeração: buscar na literatura das tecnologias atuais o embasamento para o desenvolvimento das atividades.

O embasamento teórico identifica as oportunidades de implantação de eficiência e permite a indicação de melhorias no processo.

O diagnóstico energético a ser efetuado na Unidade Ponta Grossa II de Armazenagem de grãos da Frísia Cooperativa Agroindustrial, localizada no município de Ponta Grossa no estado do Paraná. A análise será elaborada no processo de armazém e será direcionada a aeração dos 24 silos de armazenagem de grãos, que são compostos por dois motores em cada silo acionados conforme o controle de termometria.

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em seis capítulos:

- O primeiro capítulo apresenta a introdução, que consiste no tema de pesquisa, os problemas e premissas, objetivos, justificativa, procedimentos metodológicos, estrutura do trabalho e cronograma;

- No segundo capítulo apresenta a fundamentação teórica sobre a aeração de grãos, descrevendo o seu funcionamento, tipos de sistemas e componentes, apresentando os conceitos básicos para a compreensão da análise feita no trabalho;
- O terceiro capítulo identifica os dados energéticos das instalações como contratação de energia e histórico de consumo;
- O quarto capítulo realiza a descrição da ação de eficiência energética, sistema de aeração com controle de velocidade;
- O quinto capítulo mostra a estratégia de M&V, modelo do consumo da linha de base e projeto de efficientização;
- No sexto capítulo é realizado as conclusões obtidas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste tópico é apresentado tipos do sistema de aeração, descrição do ciclo de operação do sistema e a importância desse processo na conservação dos grãos armazenados no silo.

2.1. AERAÇÃO DE GRÃOS

A comercialização de grãos é um dos maiores seguimentos agrícolas. O armazenamento dos grãos é uma preocupação crescente, pois esta determina a qualidade final do produto, que pode sofrer restrições no mercado nacional ou internacional (SANTOS, 2013).

Segundo Almeida 2012, na década de 70, os fungos foram reconhecidos como causadores de mofo nas sementes. O Desenvolvimento de mofo em grãos armazenados são perceptíveis na coloração dos mesmos. Alterações biológicas podem provocar produção de toxinas prejudiciais a homens e animais.

A aeração de grãos no Brasil vem passando por evoluções desde 1970. Após o cultivo de culturas que foram tropicalizadas, aumentou-se a necessidade de aprimoração das técnicas de aeração (AEROTER, 2012).

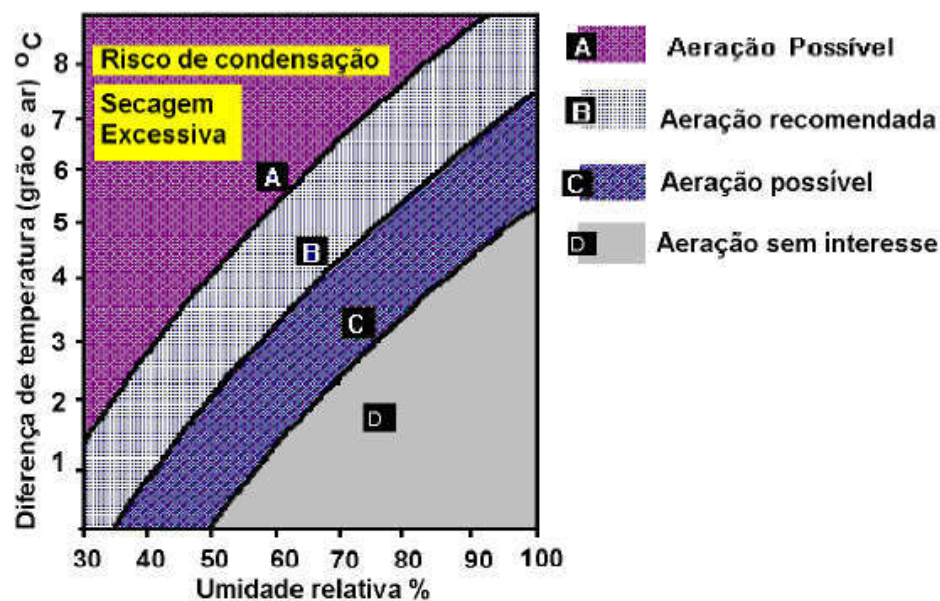
2.1.1 Princípio de Aeração

A aeração de grãos é realizada através da passagem de ar por um sistema tubulado, onde o ar entra no fundo do silo pelos tubos de aeração e tem a finalidade de manter em todo o volume de grãos a temperatura e umidade para manter a qualidade do produto (WEBER, 2013).

O equilíbrio higroscópico é um dos fatores mais importantes no processo de aeração de grãos, esse evento é caracterizado pela relação termodinâmica entre a pressão d'água contida no grão e a pressão do vapor d'água do ar em contato com o mesmo, ou seja, o equilíbrio para condição do ar de cada grão é determinado pela temperatura e umidade relativa (HARA, 2003).

A Figura 1 demonstra o diagrama de conservação de grãos, o mesmo serve para auxiliar a operação em sistemas de aeração.

Figura 1: Diagrama de conservação de grãos.
AGROREPORTER, 2017.



O diagrama de conservação de grãos relaciona a umidade relativa e temperatura interna da massa de grãos para previsão das características de conservação da massa, durante o armazenamento. Este diagrama possibilita prever a natureza dos riscos a que o produto ficará sujeito durante a aeração

- A: essa faixa indica grande diferença de temperatura, relacionada com a umidade relativa do ar, podendo ocasionar condensação ou secagem excessiva;
- B: a aeração é recomendada para umidade relativa (UR) entre 60 e 70%. Sendo possível em outras faixas de umidade, porém sujeita a alguns riscos eminentes;
- C: o resfriamento com gradiente de temperatura a 7°C torna a aeração possível, porém pode provocar condensação do vapor de água na superfície da massa e nas paredes do silo;
- D: o resfriamento com gradiente de temperatura menor que 2°C torna a aeração sem interesse, não sendo necessária;

2.1.2 Tipos de Aeração

- ➔ Aeração provisória: os grãos recebidos com alta umidade na Unidade e primeiramente armazenados em um silo chamado pulmão, onde aguardam a secagem e temporariamente são submetidos a aeração. Neste início de processo a aeração é utilizada para controlar danos que possam se manifestar neste pouco intervalo (SANTOS, 2013).
- ➔ Aeração corretiva: os grãos sofreram reações e adquiriram odores e são submetidos a esta ação corretiva. Antes da expedição, a aeração corretiva utiliza umidade acima do equilíbrio que serve para corrigir essa avaria (SANTOS, 2013).
- ➔ Aeração secante: utilizada em silos com fundo perfurado para secagem lenta dos grãos (SANTOS, 2013).
- ➔ Aeração de resfriamento ou manutenção: utilizada para manter a qualidade do grão e corrigir um início de aquecimento, produzindo um arrefecimento em etapas uniformes (CASEMG, 2017).

O próximo tópico apresenta o sistema de aeração de grãos.

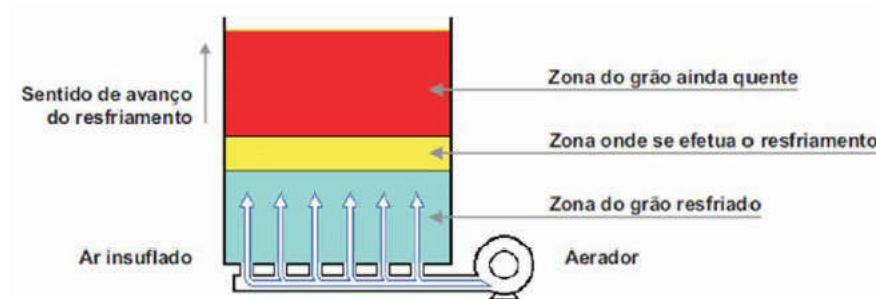
2.2 SISTEMA DE AERAÇÃO DE GRÃOS

A aeração dos grãos se dá pelo insuflamento de ar dinâmico no silo, porém o desempenho depende de dois fatores que devem ser projetados para que o ar alcance em todas as regiões do silo, capacidade do aerador e a geometria da unidade armazenadora (SANTOS, 2013).

Na Figura 2 é ilustrada as massas de grãos no interior do silo vertical no momento da aeração, com a distribuição da temperatura.

Figura 2: Sistema de aeração silo vertical.

Fonte: Aeroter, 2012.



A Figura 2 demonstra o sistema de aeração vertical proveniente do aerador que insufla o ar para dentro do silo da base para o teto. O ar frio passar entre o produto armazenado deslocando o ar quente para cima e resfriando os grãos. Esse processo permanece até que toda a camada ocupada pelo produto seja aerada e resfriada.

2.2.1 Componentes do Sistema de Aeração

O sistema de aeração possui um conjunto de componentes que serão descritos na sequência do texto:

- a) Sistema de condução forçada de ar (ventilador com motor): Responsável pelo insuflamento de ar enviado para aeração através do ventilador, instalado ao lado do silo, equipamento indispensável para o sistema (SANTOS, 2013).

A Figura 3 apresenta conjuntos de ventiladores instalados ao lado de um armazém de grãos.

Figura 3: Ventiladores de aeração.
Fonte: Aeroter, 2012.



- b) Dutos de alimentação: conectados aos ventiladores, os dutos são responsáveis pela condução do ar aos dutos de distribuição imersos nos grãos. Esse sistema é responsável pela condução do ar até o silo (SANTOS, 2013).

A Figura 4 apresenta dutos de alimentação de ar de um armazém de grãos.

Figura 4: Dutos de alimentação de ar.
Fonte: Silva, 2008.

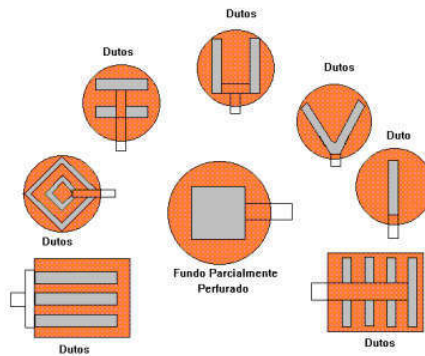


- c) Dutos de aeração: são dutos localizados no fundo do silo e tem a finalidade de distribuir o ar sem aumento excessivo de pressão (REZENDE, 2011).

Segundo Hara, 2003, os dutos de aeração mais eficientes são os de fundo falso, em que toda a superfície do fundo é constituída de chapa perfurada, cuja perfuração é de tamanho tal que não permita a passagem dos grãos e a área perfurada é superior a 10% do total.

A Figura 5 apresenta as disposições possíveis para os dutos de distribuição de ar.

Figura 5: Disposições possíveis para os dutos de distribuição de ar.
Fonte: Silva, 2008.

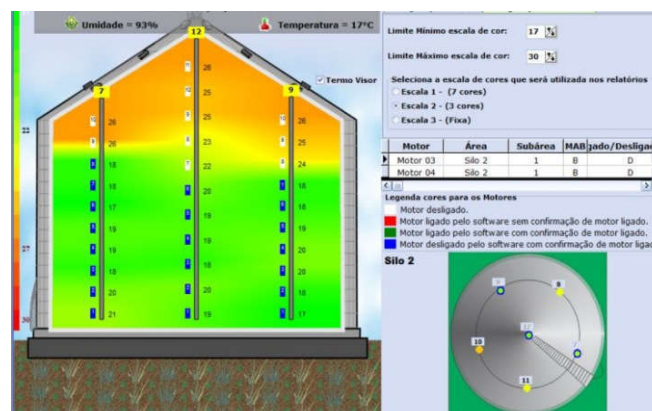


- d) Sistemas de controle (termometria): o sistema de aeração pode ser controlado manualmente pelo operador através de comando de liga e desliga, bem como operação automática que fará o controle de liga e desliga conforme dados envidados pelo sistema de termometria (SANTOS, 2013).

O sistema de termometria é responsável por coletar informações de temperatura e umidade dos grãos de dentro do silo. Os dados coletados são analisados por um controlador e comparados com os valores de operação definidos pelo operador. Com essas informações o controlador realiza o acionamento de aeração dos grãos.

A Figura 6 apresenta a tela de computador com o sistema para visualização de termometria.

Figura 6: Sistema de termometria.
Fonte: Fockink, 2017.



A figura 6 na página 28, corresponde a tela do sistema de supervisão de termometria localizada na sala de operação. A tela apresenta uma ilustração do interior do silo que indica a temperatura dentro do silo através dos diversos sensores fixados nos cordões de termometria. Também através desta tela o operador pode programar a temperatura para ligar e desligar a aeração, monitorar o nível dos grãos, históricos de operação da aeração e de temperatura.

2.3 SISTEMA DE CONTROLE DE AERAÇÃO DE GRÃOS (AUTOMÁTICO)

O sistema de aeração automatizado é controlado por uma central microprocessada, que tem a função de ler as informações disponibilizadas pelos sensores instalados dentro do silo. A central recebe os valores de temperatura e umidade de dentro do silo, analisa e compara com os dados programados pelo operador e realiza o controle da aeração através de comandos digitais para acionamento dos motores de aeração.

Equipamentos que compõe o sistema de controle automatizado de aeração de grãos estão descritos na sequência do texto (SANTOS, 2013).

- a) Software de supervisão: interface humano máquina, o operador visualiza a temperatura, umidade e nível do silo, programa a temperatura desejada e verifica históricos de nível e operação dos motores;
- b) Central de controle: recebe os dados da central meteorológica, do silo e do software de supervisão e realiza o controle de acionamento dos motores.
- c) Sistema de termometria: sensores distribuídos dentro do silo que realizam medição de temperatura e umidade;
- d) Estação meteorológica: coleta de dados para análise do tempo;
- e) Quadro de comando: armazenam equipamentos elétricos como inversores de frequência, contadores, chaves de posição, dentre outros.

A Figura 7 apresenta um exemplo do sistema de aeração automatizado.

Figura 7: Controle de aeração automatizado.
Fonte: SANTOS, 2013.

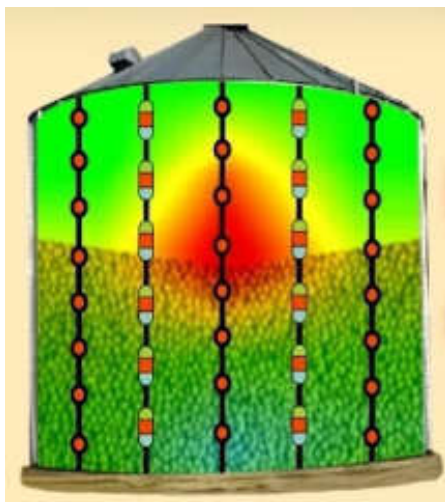


2.4 TERMOMETRIA

A termometria consiste em um conjunto de sensores que são distribuídos dentro do silo para efetuar a medição de umidade e temperatura. O sistema de supervisório com os dados de umidade e temperatura enviam sinal a central de controle que realiza o comando para o acionamento dos motores do sistema de aeração (ALMEIDA, 2012).

A termometria possui sensores de temperatura e umidade distribuídos por cordões no interior do silo. A Figura 8 na página 31 apresenta um exemplo da distribuição de sensores de temperatura dentro do silo vertical de armazenamento.

Figura 8: Distribuição de sensores em silos.
Fonte: WIDITEC, 2018.



Na Figura 8 é possível observar os cordões do sistema de termometria distribuídos em torno do silo. Os cordões são fixados no teto do silo e possuem comprimento equivalente ao tamanho do silo. Os sensores de temperatura e umidade estão fixados ao longo no cordão com uma distância de 1 m (metro).

3. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

O diagnóstico energético foi elaborado na Unidade de Armazenagem de Grãos Ponta Grossa II da Frísia Cooperativa Agroindustrial, localizada na cidade de Ponta Grossa estado do Paraná. A presente instituição foi fundada em 1925, o foco da Cooperativa é o agronegócio, com unidades de diversos seguimentos entre eles: armazenamento de grãos, tratamento de grãos, pecuária leiteira, suinocultura, produção agrícola, dentre outros.

A Figura 9 apresenta a Unidade de Armazenamento em questão.

Figura 9: Unidade Ponta Grossa II (Frísia Cooperativa Agroindustrial).
Fonte: Google Maps, 2018.



3.1. CONTRATAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

A contratação de energia elétrica da indústria compreende o ambiente de contratação livre (ACL). O uso do sistema de distribuição (USD) está contratado com a Concessionária local Copel Distribuição. A energia elétrica está contratada com a Copel Comercializadora.

A Tabela 1 apresenta o consumo de demanda e de energia elétrica de 01 de janeiro de 2017 à 31 de dezembro de 2017. O consumo de energia elétrica de unidades de armazenamento de grãos, que iniciam no recebimento, limpeza, secagem e armazenam grãos são sazonais. Possuindo alto consumo no período de colheita e baixo consumo entre colheita.

Tabela 1: Demanda e consumo de energia elétrica.

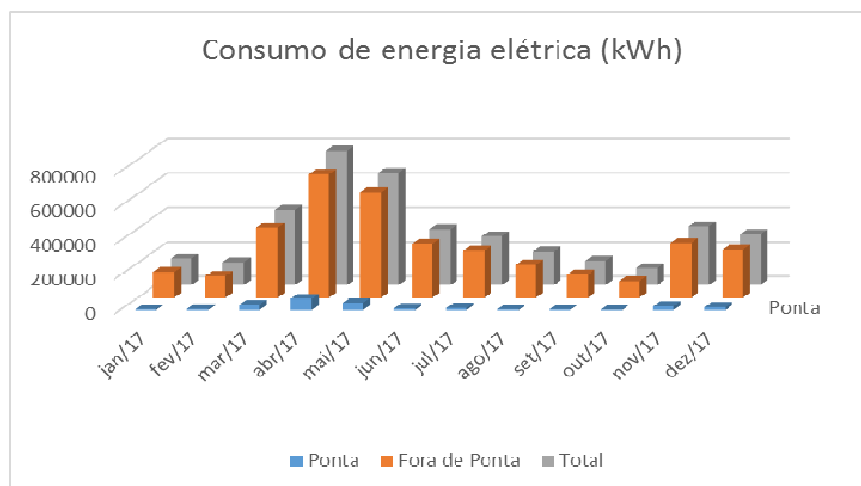
Fonte: O Autor, com auxílio do software Excel 2016 e faturas de energia elétrica mensal.

| Mês/ano | Consumo de Energia | | | Demanda (kW) | |
|--------------|--------------------|---------------------|------------------|--------------|----------|
| | Ponta (kWh) | Fora de Ponta (kWh) | Total (kWh) | Contratada | Medida |
| jan/17 | 6298 | 147719 | 154017 | 850 | 849,20 |
| fev/17 | 7153 | 124664 | 131817 | 850 | 725,76 |
| mar/17 | 30500 | 405135 | 435635 | 850 | 619,16 |
| abr/17 | 65293 | 713719 | 779012 | 850 | 2.399,04 |
| mai/17 | 40933 | 610022 | 650955 | 850 | 2.221,38 |
| jun/17 | 10535 | 312343 | 322878 | 850 | 1.302,84 |
| jul/17 | 12181 | 271031 | 283212 | 850 | 1.557,36 |
| ago/17 | 5339 | 189245 | 194584 | 850 | 1.169,28 |
| set/17 | 5335 | 133709 | 139044 | 850 | 217,20 |
| out/17 | 3489 | 95049 | 98538 | 850 | 778,68 |
| nov/17 | 22705 | 317365 | 340070 | 850 | 1.849,68 |
| dez/17 | 17107 | 277281 | 294388 | 850 | 974,00 |
| Total | 226.868 | 3.597.282 | 3.824.150 | | |

O Gráfico 1 apresenta a distribuição do consumo de energia elétrica da Unidade no período de 1 (um) ano. No gráfico podemos visualizar a sazonalidade do consumo, que é influenciada pelo período de colheita.

Gráfico 1: Consumo de energia elétrica.

Fonte: O Autor, com auxílio da ferramenta Excel e dados das faturas de energia elétrica.



O tópico seguinte apresenta a descrição e detalhamento dos insumos energéticos da Unidade de Armazenagem.

3.2. DESCRIÇÃO E DETALHAMENTO ENERGÉTICO

Neste tópico serão apresentados os principais insumos energéticos utilizados na instituição, os equipamentos que compõem o consumo de energia elétrica, o histórico de consumo de energia elétrica, demanda de potência e ações de eficiência energética para reduzir o consumo de energia.

3.2.1 Insumos Energéticos

Os insumos energéticos utilizados na indústria em questão são energia elétrica e cavaco de madeira, o segundo é utilizado nos secadores de grãos. A energia elétrica é o principal insumo tendo em vista a utilização da instalação e a necessidade de iluminação artificial nos ambientes.

A Tabela 2 apresenta o resumo da lista de motores existentes na planta industrial. A tabela detalhada pode ser consultada no anexo A.

Tabela 2: Lista de motores planta industrial.

Fonte: O Autor, com auxílio do software Excel 2016 e base de dados da manutenção da Unidade.

| TIPO | QTDA | TENSÃO (V) | POTÊNCIA INSTALADA (kW) |
|-------|------|------------|-------------------------|
| MOTOR | 436 | 380 | 4723,17 |

A Tabela 3 apresenta o detalhamento das lâmpadas instaladas na planta industrial.

Tabela 3 Lista de iluminação da planta industrial.

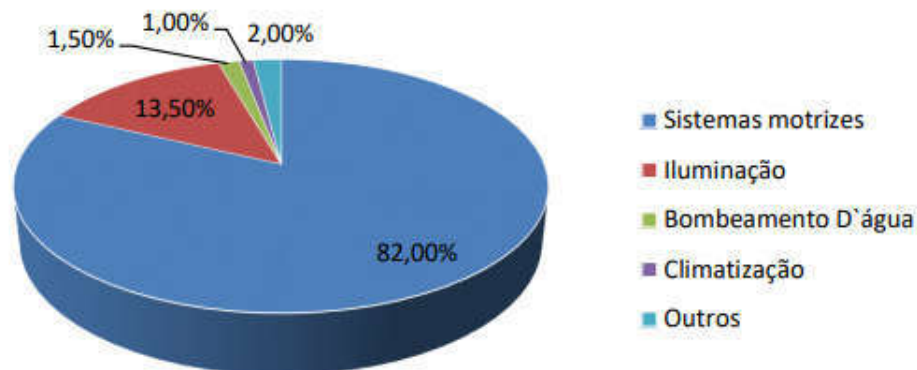
Fonte: O Autor, com auxílio do software Excel 2016 e base de dados da manutenção da Unidade.

| LOCAL | EQUIPAMENTO | TIPO | ESPECIFICAÇÃO | | | | POT. INSTALADA (KW) | |
|----------------------|-------------------|------|---------------|---|---|---|---------------------|------|
| | | | | | | | | |
| EXTERNA/MOEGAS/SILOS | REFLETOR | VME | 236 | x | 1 | x | 400 W | 94,4 |
| | REFLETOR | VME | 18 | X | 1 | X | 250 W | 4,5 |
| | REFLETOR | VME | 49 | X | 1 | X | 125 W | 6,13 |
| TÚNEIS | LUMINÁRIA (BOCAL) | FC | 50 | X | 1 | X | 85 W | 4,25 |
| | LUMINÁRIA (BOCAL) | FC | 20 | X | 1 | X | 45 W | 0,9 |
| | LUMINÁRIA | FT | 59 | X | 2 | X | 40 W | 4,72 |
| | LUMINÁRIA (BOCAL) | FC | 83 | X | 1 | X | 25 W | 2,08 |
| | LUMINÁRIA (BOCAL) | LED | 61 | X | 1 | X | 45 W | 2,75 |

O Gráfico 2 apresenta a distribuição das cargas instaladas na planta industrial. A força motriz com 82%, representa a maior carga instalada da Unidade.

Gráfico 2: Distribuição de cargas instaladas na planta industrial.

Fonte: O Autor, com auxílio do software Excel 2016 e base de dados da manutenção da Unidade.



Como se pode observar o consumo de energia elétrica com sistemas motrizes é representativo para a Unidade, o que justifica um projeto de eficiência energética para substituição de equipamentos atuais instalados por equipamentos mais eficientes. Este levantamento apontou que o consumo de energia elétrica da unidade varia de acordo com a safra de grãos, sendo o tempo de utilização a plena carga em torno de 3 meses ao longo do ano. Os motores que permanecem em operação no período maior de operação são os responsáveis pela aeração dos grãos armazenados nos silos verticais. Dentro dessa ótica, decidimos por aprofundar os estudos de eficiência energética na aeração dos silos verticais.

Nos tópicos seguintes serão apresentadas as características dos silos verticais e da aeração atual.

3.3. CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DA AERAÇÃO SILOS VERTICAIS

A Unidade Ponta Grossa II possui 24 silos verticais com capacidade de armazenagem de 4.500 toneladas de soja por silo, com capacidade total de aproximadamente 108.000 toneladas de soja.

A Tabela 4 na página 36 apresenta as características dos silos verticais do fabricante Kepler Weber, em destaque as características dos silos existentes na Unidade de estudo.

Tabela 4: Especificações de silos verticais.
Fonte: Kepler Weber, 2018.

| MODELO | ANEL | DIÂMETRO NOMINAL (m) | VOLUME (m ³) | CAPACIDADE (BUSHEL) | SACOS SOJA | TONELADAS SOJA | ALTURA TOTAL (m) |
|--------|------|----------------------|--------------------------|---------------------|------------|----------------|------------------|
| 54 | 14 | 16,37 | 3016 | 85576 | 39957 | 2397 | 17,59 |
| | 15 | | 3208 | 91037 | 42507 | 2550 | 18,51 |
| | 16 | | 3401 | 96499 | 45057 | 2703 | 19,42 |
| | 17 | | 3593 | 101961 | 47607 | 2856 | 20,34 |
| | 18 | | 3785 | 107422 | 50157 | 3009 | 21,25 |
| | 19 | | 3978 | 112884 | 52708 | 3162 | 22,17 |
| | 20 | | 4170 | 118346 | 55258 | 3315 | 23,08 |
| | 21 | | 4363 | 123808 | 57808 | 3468 | 23,99 |
| | 22 | | 4555 | 129269 | 60358 | 3621 | 24,91 |
| | 23 | | 4748 | 134731 | 62908 | 3774 | 25,82 |
| | 24 | | 4940 | 140193 | 65458 | 3928 | 26,74 |
| 60 | 14 | 18,19 | 3763 | 106788 | 49861 | 2992 | 18,13 |
| | 15 | | 4001 | 113531 | 53010 | 3181 | 19,04 |
| | 16 | | 4238 | 120274 | 56158 | 3369 | 19,96 |
| | 17 | | 4476 | 127017 | 59306 | 3558 | 20,87 |
| | 18 | | 4714 | 133759 | 62455 | 3747 | 21,78 |
| | 19 | | 4951 | 140502 | 65603 | 3936 | 22,7 |
| | 20 | | 5189 | 147245 | 68751 | 4125 | 23,63 |
| | 21 | | 5426 | 153988 | 71900 | 4314 | 24,53 |
| | 22 | 5664 | 160731 | 75048 | 4503 | 25,44 | |
| | 23 | 5902 | 167474 | 78196 | 4692 | 26,36 | |
| | 24 | 6139 | 174216 | 81345 | 4881 | 27,27 | |

O tópico seguinte apresenta o consumo de energia elétrica destinado a aeração dos grãos armazenados.

3.3.1 Consumo de Energia Elétrica

Atualmente a aeração é composta por 2 (dois) motores em cada silo, sendo 12 (doze) silos com motores de 30 cv e 12 silos com motores de 40 cv. O sistema de termometria que controla a aeração dos silos realiza o acionamento de liga /desliga dos motores. Por sua vez os motores quando acionados realizam o insuflamento de ar dentro do silo vertical. Os motores não possuem controle de velocidade, ou seja, a potência utilizada na aeração é a potência nominal do motor, independentemente do nível de grãos em que se encontra o silo.

A Tabela 5 apresenta o consumo de energia elétrica da aeração dos 24 silos verticais no período de 01 de janeiro de 2017 a 31 de dezembro de 2017.

Tabela 5: Consumo de energia elétrica aeração dos silos verticais período de 1 ano.

Fonte: O autor, com auxílio do software Excel 2016 e base de dados de tempo de operação da manutenção e medição do consumo dos motores.

| Silo | Qtda motores | Potência unitária (CV) | Potência Unitária (kW) | Potência medida (kW) | Tempo de Operação Fora ponta(h) | Tempo de Operação ponta(h) | Potência Consumida fora ponta (kWh) | Potência Consumida ponta (kWh) | Potência Consumida Total (kWh) |
|------|--------------|------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | 2 | 40 | 30 | 34,119 | 300,10 | 16,20 | 20.478,22 | 1.105,46 | 21.583,68 |
| 2 | 2 | 40 | 30 | 34,119 | 448,77 | 14,68 | 30.623,17 | 1.001,73 | 31.624,90 |
| 3 | 2 | 40 | 30 | 34,119 | 1.165,80 | 43,53 | 79.551,86 | 2.970,40 | 82.522,26 |
| 4 | 2 | 40 | 30 | 34,119 | 874,62 | 39,62 | 59.682,32 | 2.703,59 | 62.385,91 |
| 5 | 2 | 40 | 30 | 34,119 | 517,80 | 41,23 | 35.333,64 | 2.813,45 | 38.147,09 |
| 6 | 2 | 40 | 30 | 34,119 | 862,81 | 34,27 | 58.876,43 | 2.338,52 | 61.214,95 |
| 7 | 2 | 40 | 30 | 34,119 | 378,63 | 14,59 | 25.836,95 | 995,59 | 26.832,55 |
| 8 | 2 | 40 | 30 | 34,119 | 717,57 | 37,83 | 48.965,54 | 2.581,44 | 51.546,99 |
| 9 | 2 | 40 | 30 | 34,119 | 648,84 | 34,20 | 44.275,54 | 2.333,74 | 46.609,28 |
| 10 | 2 | 40 | 30 | 34,119 | 493,82 | 18,48 | 33.697,29 | 1.261,04 | 34.958,33 |
| 11 | 2 | 40 | 30 | 34,119 | 778,73 | 28,59 | 53.138,98 | 1.950,92 | 55.089,90 |
| 12 | 2 | 40 | 30 | 34,119 | 634,27 | 31,78 | 43.281,32 | 2.168,60 | 45.449,92 |
| 13 | 2 | 30 | 22 | 21,036 | 303,19 | 26,34 | 12.755,81 | 1.108,18 | 13.863,99 |
| 14 | 2 | 30 | 22 | 21,036 | 286,37 | 19,21 | 12.048,16 | 808,20 | 12.856,36 |
| 15 | 2 | 30 | 22 | 21,036 | 609,63 | 14,74 | 25.648,35 | 620,14 | 26.268,49 |
| 16 | 2 | 30 | 22 | 21,036 | 352,00 | 13,28 | 14.809,34 | 558,72 | 15.368,06 |
| 17 | 2 | 30 | 22 | 21,036 | 441,52 | 22,69 | 18.575,63 | 954,61 | 19.530,24 |
| 18 | 2 | 30 | 22 | 21,036 | 848,91 | 31,37 | 35.715,34 | 1.319,80 | 37.035,14 |
| 19 | 2 | 30 | 22 | 21,036 | 377,45 | 28,58 | 15.880,08 | 1.202,42 | 17.082,49 |
| 20 | 2 | 30 | 22 | 21,036 | 493,18 | 24,15 | 20.749,07 | 1.016,04 | 21.765,11 |
| 21 | 2 | 30 | 22 | 21,036 | 548,98 | 33,12 | 23.096,69 | 1.393,42 | 24.490,11 |

Tabela 5: Consumo de energia elétrica aeração dos silos verticais período de 1 ano (continuação).
Fonte: O autor, com auxílio do software Excel 2016 e base de dados de tempo de operação da manutenção e medição do consumo dos motores.

| Silo | Qtda motores | Potência unitária (CV) | Potência Unitária (kW) | Potência medida (kW) | Tempo de Operação Fora ponta(h) | Tempo de Operação ponta(h) | Potência Consumida fora ponta (kW/h) | Potência Consumida ponta (kW/h) | Potência Consumida Total (kW/h) |
|------|--------------|------------------------|------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 22 | 2 | 30 | 22 | 21,036 | 405,56 | 19,47 | 17.062,72 | 819,14 | 17.881,86 |
| 23 | 2 | 30 | 22 | 21,036 | 898,91 | 38,35 | 37.818,94 | 1.613,46 | 39.432,40 |
| 24 | 2 | 30 | 22 | 21,036 | 940,93 | 31,49 | 39.586,81 | 1.324,85 | 40.911,65 |
| | | Total | | | 14.328,39 | 657,79 | 807.488,20 | 36.963,47 | 844.451,67 |

Podemos observar que o consumo de energia elétrica utilizado na aeração dos silos verticais é representativo quando comparado com o consumo total de energia elétrica da Unidade, apresentado na Tabela 1 na página 33, que compreende em 16,29% do consumo de energia elétrica na ponta e 22,45% do consumo de energia fora ponta.

Na Tabela 6 será apresentado o tempo de operação dos motores com potência de 40cv em 9 (nove) diferentes níveis do silo vertical no período de 1 (um) ano.

Tabela 6: Tempo de operação motores de 40cv.

Fonte: O autor, com auxílio do software Excel 2016 e base de dados de tempo de operação da manutenção.

| Nível | Tempo (Horas de aeração) Motor 40CV | | | |
|--------------|-------------------------------------|---------------|-----------------|-------|
| | (%) | Fora de Ponta | Ponta | Total |
| 0 | - | - | - | - |
| 1 | 18,46 | 3,68 | 22,14 | |
| 2 | 72,39 | 8,45 | 80,84 | |
| 3 | 111,59 | 11,25 | 122,84 | |
| 4 | 346,41 | 24,64 | 371,05 | |
| 5 | 1.266,77 | 43,52 | 1.310,29 | |
| 6 | 651,28 | 44,40 | 695,68 | |
| 7 | 853,69 | 55,29 | 908,98 | |
| 8 | 3.341,89 | 92,30 | 3.434,19 | |
| 9 | 1.159,28 | 71,47 | 1.230,75 | |
| Total | 7.821,76 | 355,00 | 8.176,76 | |

Podemos observar que o nível 8 teve maior tempo de utilização do motor de 40cv.

Na Tabela 8 é apresentado o tempo de operação dos motores com potência de 30cv em 9 (nove) diferentes níveis do silo vertical no período de 1 (um) ano.

Tabela 7: Tempo de operação motores de 30cv.

Fonte: O autor, com auxílio do software Excel 2016 e base de dados de tempo de operação da manutenção.

| Nível | Tempo (Horas de aeração) Motor 30CV | | | |
|--------------|-------------------------------------|---------------|-----------------|-------|
| | (%) | Fora de Ponta | Ponta | Total |
| 0 | - | - | - | - |
| 1 | 18,46 | 2,68 | 21,14 | |
| 2 | 62,39 | 9,45 | 71,84 | |
| 3 | 111,59 | 11,25 | 122,84 | |
| 4 | 246,41 | 24,64 | 271,05 | |
| 5 | 966,79 | 23,52 | 990,31 | |
| 6 | 740,33 | 42,88 | 783,21 | |
| 7 | 873,79 | 44,29 | 918,08 | |
| 8 | 2.327,59 | 97,61 | 2.425,20 | |
| 9 | 1.159,28 | 46,47 | 1.205,75 | |
| Total | 6.506,63 | 302,79 | 6.809,42 | |

Podemos observar que o nível 8 teve maior tempo de utilização do motor de 30cv.

No tópico seguinte será apresentado a descrição das ações de eficiência energética para a aeração dos silos verticais.

4. DESCRIÇÃO DA AÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (AEE)

O projeto consiste na substituição dos motores antigos e de baixa eficiência da aeração dos silos verticais por motores de alta eficiência com controle de velocidade controlados através de controlador lógico programável (CLP), variando a velocidade dos motores de acordo com o volume de grãos armazenados no silo.

As ações de eficiência energética no sistema motriz consistem em substituir os motores antigos por motores novos de alto rendimento aliado ao controle de velocidade do mesmo. Atualmente os motores de aeração da Unidade Ponta Grossa II são ligados à rotação nominal independente do volume armazenado, o que acarreta em um elevado desperdício de potência e conseqüentemente alto consumo de energia elétrica.

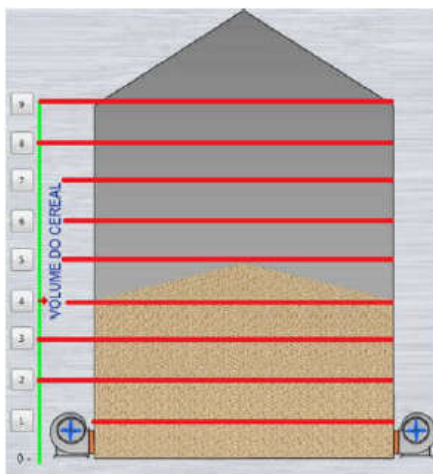
No tópico a seguir será apresentado o controle de velocidade para aeração dos silos verticais.

4.1. SISTEMA DE AERAÇÃO COM CONTROLE DE MOTORES

Utilizamos o estudo “Aplicação da ferramenta computacional de simulação Motor Systems Tool em projeto de eficiência energética” de SANTOS, 2013 como base para o cálculo da relação entre rotação e potência absorvida pelos motores dos silos. O silo foi dividido em 9 (nove) níveis e os parâmetros foram calculados para cada nível.

A Figura 10 ilustra a divisão dos níveis dos silos de aeração verticais.

Figura 10: Divisão do silo 9 (nove) zonas.
Fonte: Rezende 2011.



Segundo SANTOS 2013, para o silo vertical em questão o motor de 25 cv atende a necessidade de aeração mantendo a qualidade do produto. Seguindo o mesmo raciocínio, utilizamos o motor WEG de alto rendimento, 25 cv, 18,4 kW, 380 V para simular a substituição dos motores existentes.

A Tabela 8 apresenta os resultados das medições em rpm (rotação por minuto) com a aplicação do controle de velocidade de acordo com o nível do produto, onde pode ser observado que mesmo com o silo completamente cheio (nível 9) não é necessário que o motor opere em rotação nominal de 1770 rpm.

Tabela 8: Rotação do motor para cada zona de aeração do silo.
Fonte: Rezende, 2011.

| NÍVEL DE PRODUTO | ROTAÇÃO (rpm) |
|------------------|---------------|
| 1 | 405 |
| 2 | 428 |
| 3 | 516 |
| 4 | 652 |
| 5 | 735 |
| 6 | 839 |
| 7 | 975 |
| 8 | 1127 |
| 9 | 1449 |

A Tabela 9 apresenta os resultados das medições em kW com a aplicação do controle de velocidade de acordo com o nível do produto.

Tabela 9: Rotação do motor em kW para cada zona de aeração do silo.
Fonte: O autor, com auxílio do software Excel 2016 e base de dados Rezende 2011.

| NÍVEL DO PRODUTO | POTÊNCIA ABSORVIDA | CAREGAMENTO |
|------------------|--------------------|-------------|
| 1 | 0,466 kW | 2,52 % |
| 2 | 0,527 kW | 2,85 % |
| 3 | 0,736 kW | 3,98 % |
| 4 | 1,087 kW | 5,88 % |
| 5 | 1,559 kW | 8,47 % |
| 6 | 2,214 kW | 11,97 % |
| 7 | 3,555 kW | 19,22 % |
| 8 | 5,359 kW | 28,97 % |
| 9 | 11,625 kW | 62,84 % |

Podemos observar nas Tabelas 6 e 7 ambas na página 39, que o nível 8 permanece a maior parte do tempo com os motores de aeração em operação. Com os dados levantados verificamos que o sistema sem controle de velocidade desperdiçava muita energia. A utilização dos inversores de frequência busca operar os motores com rendimento no ponto ideal. Segundo o fabricante WEG, a faixa ideal de operação dos motores é de 75 % a 100 % de carregamento, é a faixa mais estável de rendimento mesmo com variações de carga.

4.1.1 Força Motriz, Aeração Silos Verticais

Para efficientização do sistema de força motriz da aeração dos silos verticais, foram retirados do Anexo A (Lista de Motores Planta Industrial), os 48 (quarenta e oito) motores de aeração. A proposta compreende na substituição dos motores antigos, de menor rendimento, por motores de alto rendimento com controle de velocidade através de inversor de frequência, mantendo a eficiência do processo e reduzindo consumo de energia elétrica.

A Tabela 10 apresenta os motores de aeração dos silos verticais existentes e os motores e inversor de frequência propostos.

Tabela 10: Motores de aeração silos verticais.

Fonte: O autor, com auxílio do software Excel 2016, dados coletado na plaqueta dos motores e características do catálogo do fabricantes para os equipamentos propostos.

| Situação | Setor | Marca | Tipo | Qtda | CV | kW | Tensão | RPM | FP | I Nom | Rendimento |
|------------|-------|-------|----------|------|----|------|--------|------|------|-------|------------|
| | | | | | | | (V) | | | (A) | (%) |
| Existentes | Silos | WEG | Motor | 24 | 30 | 22 | 380 | 1765 | 0,84 | 42,8 | 89,7 |
| | | VOGES | Motor | 24 | 40 | 30 | 380 | 1775 | 0,85 | 55,43 | 90,2 |
| Proposto | Silos | WEG | Motor | 48 | 25 | 18,5 | 380 | 1770 | 0,89 | 34,18 | 93,8 |
| | | WEG | Inversor | | | | | | | | |

No tópico seguinte é apresentada a estratégia de medição e verificação do estudo de caso.

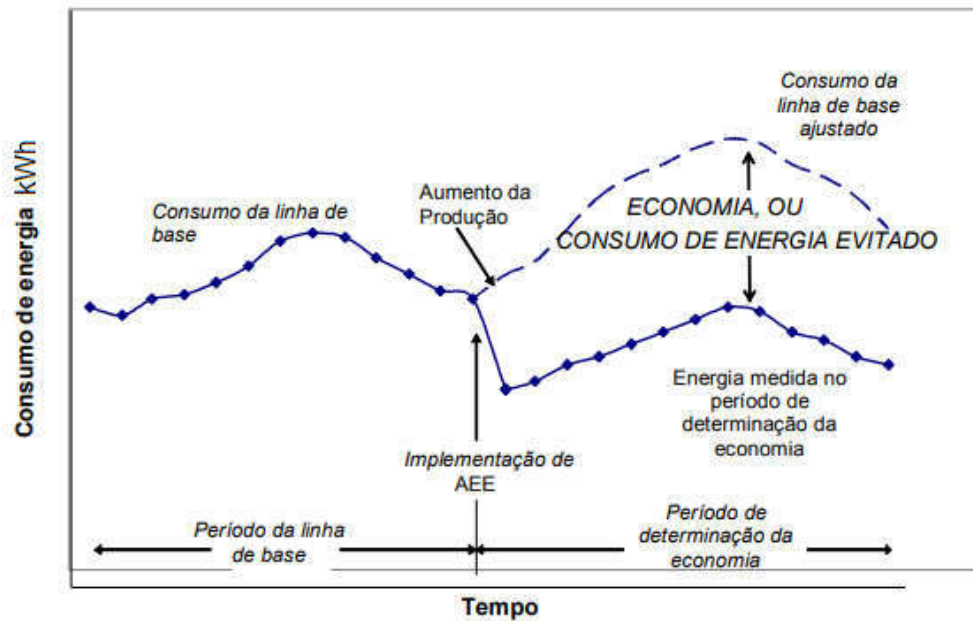
5. ESTRATÉGIA DE M&V

5.1. INTRODUÇÃO A MEDIÇÃO E VERIFICAÇÃO

Segundo Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP) volume I de 2012, a economia de energia não pode ser medida diretamente, visto que se trata de uma energia que não foi consumida e, portanto, representa a ausência de consumo e/ou demanda. Porém, é possível determinar a economia comparando-se um consumo medido anteriormente a ação de eficiência energética com o consumo medido posteriormente a ação e procedendo os ajustes adequados de acordo com as alterações das condições de uso.

A Figura 11 apresenta como é obtida a economia de energia com a implementação de uma Ação de Eficiência Energética – AEE.

Figura 11: Histórico de energia.
Fonte: PIMVP, 2012.



A Figura 11 mostra o histórico do consumo de energia elétrica de um processo industrial antes e depois da implantação da Análise de Eficiência Energética (AEE).

O Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP) possui quatro alternativas para determinar a economia (A, B, C e D). A definição da alternativa a ser

aplicada depende das variáveis das instalações a serem consideradas, exemplo, alternativa C ou D a economia é determinada em nível de medição de toda a instalação. As alternativas A e B são indicadas para determinar o desempenho energético com técnicas de medição isolada das instalações (PIMVP, 2012).

Nos tópicos seguintes serão apresentadas as 4 alternativas do PIMVP.

5.1.1 PIMVP Alternativa A

A economia é determinada através de medições de campo isoladas, parâmetros chaves. Esses parâmetros definem a utilização do sistema de Análise de Eficiência Energética (AEE) e o sucesso do estudo. O período de medição pode ser de curto prazo ou contínuo, dependerá das variações esperadas das medições do parâmetro medido e da determinação da duração do período de economia.

Os parâmetros não selecionados para medição de campo são estimados. Os dados estimados são baseados em históricos, especificações do fabricante ou avaliação da engenharia, porém é necessária documentação da fonte da coleta para os dados estimados. O erro da economia que surge da estimativa deve ser avaliado.

Uma aplicação típica desta alternativa é na iluminação, onde a potência requerida é medida periodicamente e o tempo de funcionamento é estimado com base nos horários de funcionamento do processo em questão (PIMVP, 2012).

5.1.2 PIMVP Alternativa B

A alternativa B determina-se através de medição no campo do consumo de energia elétrica do sistema afetado pela Análise de Eficiência Energética (AEE). A medição vai de curto prazo a contínua, dependendo da variação esperada na economia e na duração do período de economia determinado.

As medições de curto prazo ou contínuas do consumo da linha de base e do período de determinação da economia, bem como, cálculo de engenharia utilizando medições do consumo de energia são utilizados para cálculo de economia.

Aplicação comum dessa alternativa são os variadores de velocidades ajustável, onde a potência elétrica do motor é medida a cada minuto no período da linha de base e permanece por período maiores de 7 dias (PIMVP, 2012).

5.1.3 PIMVP Alternativa C

A economia da alternativa C é determinada pela medição do consumo de energia elétrica de todas as instalações. As medições do consumo de energia elétrica são contínuas e determinadas durante o período de economia.

A análise de dados do medidor da instalação e ajustes de rotina, como técnicas de comparação ou análise de regressão são utilizados para cálculo de economia.

Essa alternativa é utilizada em programas multifacetadas que afetam sistemas dentro de uma instalação. Medição de consumo de energia com medidores de gás e eletricidade das concessionárias para período de linha de base de 12 meses (PIMVP, 2012).

5.1.4 PIMVP Alternativa D

A economia é determinada através de simulação do consumo de energia elétrica de toda a instalação. As rotinas de simulação tendem a demonstrar o desempenho da Análise de Eficiência Energético real medido.

As simulações de energia são comparadas com dados de faturamento por hora e mensal dos medidores da concessionária.

Essa alternativa é utilizada em programas multifacetadas que afetam muitos sistemas dentro de uma instalação que não exista nenhum medidor no período de linha de base. O consumo de energia é determinado pela simulação e comparado com a energia do período de determinação da economia (PIMVP, 2012).

5.2. OPÇÃO DO PIMVP SELECIONADA, FRONTEIRA DE MEDIÇÃO, VARIÁVEIS INDEPENDENTES E DURAÇÕES DAS MEDIÇÕES

Para o projeto de força motriz será utilizada a opção A do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP) onde será realizada a medição isolada do parâmetro chave para determinação do consumo de energia, conforme recomenda o PIMVP para a situação em que a AEE reduz a potência consumida. As horas de funcionamento serão medidas e o nível do silo será estimado. O limite é definido pela medida isolada, estabelecendo a fronteira de medição na amostragem, ou seja, a fronteira de medição será o

circuito de alimentação dos motores. A medição deverá ser feita no painel de alimentação de cada motor. As medições deverão ter duração de 7 (sete) dias antes e depois da ação de eficiência energética. As grandezas a serem medidas devem ser, no mínimo, tensão (V), corrente (A), fator de potência, potência ativa (kW). O nível deverá ser estimado de acordo com o registro de temperatura da termometria do armazenamento dos grãos.

No tópico seguinte será apresentado o modelo do consumo de linha base, amostragem e cálculo das economias.

5.2.1 Modelo de Consumo de Linha de Base, Amostragem e Cálculo das Economias

Nas medições de linha base do projeto de força motriz, deve ser medida a potência dos motores da amostra nos equipamentos típicos que possuem perfil de utilização distintos. Este monitoramento deve ser feito com analisador de energia. Para o cálculo de quantidades de amostras (motores) a serem medidos foi aplicado a RCB PPE COPEL, 2016.

A Tabela 11 apresenta o número dos motores e amostras.

Tabela 11: Motores para medição e verificação.

Fonte: O autor, com auxílio do software Excel e dados coletados na plaqueta dos motores.

| | Medição e verificação | CV | Quantidade | Amostragem |
|---|--|------|------------|------------|
| 1 | MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO, 30 CV, 4 POLOS | 0,50 | 24 | 19 |
| 2 | MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO, 40 CV, 4 POLOS | 0,50 | 24 | 19 |

5.3. PROJETO DE EFICIENTIZAÇÃO

As ações de eficiência energética adotadas neste projeto referem-se à substituição de motores elétricos antigos e de baixa eficiência por motores novos com melhor eficiência energética e com controle de velocidade através de inversores de frequência monitorados por controlador lógico programável, conforme nível do silo.

A Tabela 12 apresenta os motores atuais a serem substituídos e motores para substituição.

Tabela 12: Motores para substituição.

Fonte: O autor, com auxílio do software Excel 2016, dados coletado na plaqueta dos motores e características do catálogo do fabricantes para os equipamentos propostos.

| Id. | DE | | PARA | |
|-------|------|---|------|--|
| | Qtda | Equipamento | Qtda | Equipamento |
| Motor | 24 | MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO, WEG, 30 CV, 4 POLOS | 24 | MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO, WEG SUPER PREMIUM, IR3, 25 CV, 4 POLOS |
| Motor | 24 | MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO, VOGES, 40 CV, 4 POLOS | 24 | MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO, WEG SUPER PREMIUM, IR3, 25 CV, 4 POLOS |

O uso final da eficiência energética será o sistema motriz da aeração dos silos verticais. O estudo base para utilização dos inversores e os cálculos da solução teve como base a planilha eletrônica disponibilizada pela Copel para chamada pública VPDE 003/2017, os resultados são apresentados nos tópicos seguintes. A solução de eficiência energética foi baseada na potência dos motores e controle de velocidade.

5.3.1 Cálculo Estimativo do Fator de Coincidência na Ponta

Equação 1: Cálculo da estimativa do fator de coincidência na ponta.

Fonte: PROPEE 2013

$$FCP = \frac{nm \times nd \times nup}{792}$$

Onde:

FCP - fator de coincidência na ponta.

nm - número de meses, ao longo do ano, de utilização em horário de ponta (≤ 12 meses).

nd - número de dias, ao longo do mês, de utilização em horário de ponta (≤ 22 dias).

nup - número de horas de utilização em horário de ponta (≤ 3 horas).

792 - número de horas de ponta disponíveis ao longo de 1 ano.

5.3.2 Energia Economizada

Equação 2: Energia economizada.

Fonte: PROPEE 2013.

$$EE = \left[\sum_{\text{Sistema } i} \left(\frac{q_{a_i} \times p_{a_i} \times 0,736 \times \gamma_{a_i}}{\eta_{a_i}} \right) \times h_{a_i} - \sum_{\text{Sistema } i} \left(\frac{q_{p_i} \times p_{p_i} \times 0,736 \times \gamma_{p_i}}{\eta_{p_i}} \right) \times h_{p_i} \right] \times 10^{-3}$$

Onde:

EE - energia economizada (MWh/ano).

q_{a_i} - número de motores no sistema i atual.

p_{a_i} - potência do motor no sistema i atual (cv).

γ_{a_i} - carregamento do motor no sistema i atual.

η_{a_i} - rendimento do motor no sistema i atual.

h_{a_i} - tempo de funcionamento do sistema i atual (h/ano).

0,736 - conversão de cv para kW (kW/cv).

q_{p_i} - número de motores no sistema i proposto.

p_{p_i} - potência do motor no sistema i proposto (cv).

γ_{p_i} - carregamento do motor no sistema i proposto.

η_{p_i} - rendimento do motor no sistema i proposto.

h_{p_i} - tempo de funcionamento do sistema i proposto (h/ano).

5.3.3 Redução de Demanda de Ponta

Equação 3: Redução de demanda na ponta.

Fonte: PROPEE 2013.

$$RDP = \left[\sum_{\text{Sistema } i} \left(\frac{q_{a_i} \times p_{a_i} \times 0,736 \times \gamma_{a_i}}{\eta_{a_i}} \right) \times FCP_{a_i} - \sum_{\text{Sistema } i} \left(\frac{q_{p_i} \times p_{p_i} \times 0,736 \times \gamma_{p_i}}{\eta_{p_i}} \right) \times FCP_{p_i} \right]$$

Onde:

RDP - redução de demanda na ponta (kW).

$FCPa_i$ - fator de coincidência na ponta no sistema i atual.

$FCPp_i$ - fator de coincidência na ponta no sistema i proposto.

No tópico seguinte será apresentado as planilhas de cálculo e benefício do projeto proposto.

5.3.4 Planilha de Cálculo e Benefício do Projeto

Para verificação das condições atuais do processo foram considerados os dados levantados nos itens 3 e 4 deste estudo, levando em consideração a potência dos motores com a rotação constante, o tempo de operação em horário de ponta e fora de ponta.

A Tabela 13 apresenta os resultados dos cálculos do sistema atual.

Tabela 13: Cálculo de consumo sistema atual.

Fonte: RCB COPEL, 2017.

| SISTEMAS MOTRIZES - SISTEMA ATUAL | | | | TOTAL |
|-----------------------------------|---|---------|--------------|---------------|
| 1 | Potência do motor | cv | pa_i | |
| 2 | Carregamento | % | γa_i | 68,84% |
| 3 | Rendimento nominal | % | ηna_i | 90,90% |
| 4 | Rendimento no ponto de carregamento | % | ηa_i | 83,02% |
| 5 | Quantidade | | qa_i | 24 |
| 6 | Potência instalada | kW | Pa_i | 777,29 |
| 7 | Potência média utilizada | kW | Pua_i | 585,88 |
| 8 | Tempo de utilização do sistema, em um dia | h/dia | | |
| 9 | Dias de utilização do sistema, em um ano | dia/ano | | |
| 10 | Funcionamento | h/ano | ha_i | |
| 11 | Horas de utilização em horário de ponta, em um dia | h/dia | $nupa_i$ | |
| 12 | Dias úteis de utilização em horário de ponta, em um mês | dia/mês | nda_i | |
| 13 | Meses de utilização em horário de ponta, em um ano | mês/ano | nma_i | |
| 14 | Potência média na ponta | kW | da_i | 108,05 |
| 15 | Fator de coincidência na ponta | | $FCPa_i$ | |
| 16 | Energia consumida | MWh/ano | Ea_i | 310,01 |
| 17 | Demanda média na ponta | kW | Da_i | 108,05 |

Para verificação dos benefícios do sistema proposto, também foram consideradas as condições levantadas nos itens 3 e 4 deste estudo, levando em consideração a potência dos motores, o tempo de operação em horário de ponta e fora ponta, o tempo de operação nos níveis de 1 a 9.

A Tabela 14 apresenta os resultados dos cálculos do sistema proposto.

Tabela 14: Cálculo de consumo de energia no sistema proposto.
Fonte: RCB COPEL, 2017.

| SISTEMAS MOTRIZES - SISTEMA PROPOSTO | | | | TOTAL |
|--------------------------------------|---|---------|--------------|---------------|
| 18 | Potência do motor | cv | pp_i | |
| 19 | Carregamento | % | γp_i | 16,30% |
| 20 | Rendimento nominal | % | $\eta n p_i$ | 94,00% |
| 21 | Rendimento no ponto de carregamento | % | ηp_i | 90,06% |
| 22 | Quantidade | | qp_i | 24 |
| 23 | Potência instalada | kW | Pp_i | 469,79 |
| 24 | Potência média utilizada | kW | Pup_i | 295,84 |
| 25 | Tempo de utilização do sistema, em um dia | h/dia | | |
| 26 | Dias de utilização do sistema, em um ano | dia/ano | | |
| 27 | Funcionamento | h/ano | hp_i | |
| 28 | Horas de utilização em horário de ponta, em um dia | h/dia | $nup p_i$ | |
| 29 | Dias úteis de utilização em horário de ponta, em um mês | dia/mês | ndp_i | |
| 30 | Meses de utilização em horário de ponta, em um ano | mês/ano | nmp_i | |
| 31 | Potência média na ponta | kW | dp_i | 25,13 |
| 32 | Fator de coincidência na ponta | | $FCPp_i$ | |
| 33 | Energia consumida | MWh/ano | Ep_i | 61,55 |
| 34 | Demanda média na ponta | kW | Dp_i | 25,13 |

Na Tabela 15 na página 51 é apresentado os resultados obtidos com a substituição dos motores antigos de baixo rendimento por motores de menor eficiência e com menor potência realizando o controle de velocidade através de inversores de frequência.

Tabela 15: Resultados obtidos com a substituição de motores.

Fonte: RCB COPEL, 2017.

| SISTEMAS MOTRIZES - RESULTADOS ESPERADOS - EX ANTE | | | | TOTAL | |
|---|---------------------------------------|---------------|------------|-------------|------------------|
| 35 | Redução de demanda na ponta | | kW | RDP_i | 82,92 |
| 36 | Custo evitado de demanda (CED) | 386,31 | % | $RDP_i\%$ | 76,74% |
| 37 | Energia economizada | | MWh/ano | EE_i | 248,47 |
| 38 | Custo da energia evitada (CEE) | 158,00 | % | $EE_i\%$ | 80,15% |
| Benefício anualizado sistemas motrizes - Ex ante | | | R\$ | B_{MOTOR} | 71.292,20 |

No tópico seguinte são apresentados os valores dos equipamentos e mão de obra para implantação do sistema proposto. Também é apresentado o cálculo de retorno do investimento.

5.3.5 Cálculo de Relação Custo Benefício

A Tabela 16 apresenta os materiais e mão de obra com o custo dos itens para a implantação do projeto de eficiência energética na aeração dos silos verticais.

Tabela 16: Custo para implantação do projeto.

Fonte: O autor, com auxílio do software Excel 2016 e características do catálogo dos fabricantes para os equipamentos propostos.

| Descrição | Qtda | Valor Unitário | Valor por item |
|--|------|----------------|-----------------------|
| MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO, WEG SUPER PREMIUM, IR3, 25 CV, 4 POLOS | 48 | R\$ 6.247,65 | R\$ 299.887,20 |
| INVERSOR DE FREQUÊNCIA CFW500 ENTR TRI 25CV 39A 380V | 48 | R\$ 5.480,00 | R\$ 263.040,00 |
| CLP M340 SCHNEIDER (SOFTWARE UNITY) CPU COM MÓDULO COMUNICAÇÃO 232 E 485 | 1 | R\$ 14.800,00 | R\$ 14.800,00 |
| ADEQUAÇÕES PAINEL EXISTENTE (INSTALAÇÃO CLP) | 1 | R\$ 4.750,00 | R\$ 4.750,00 |
| ADEQUAÇÕES PAINEL EXISTENTE (INSTALAÇÃO INVERSOR DE FREQUÊNCIA) | 1 | R\$ 28.200,00 | R\$ 28.200,00 |
| SUBSTITUIÇÃO DOS MOTORES | 48 | R\$ 256,00 | R\$ 12.288,00 |
| DESENVOLVIMENTO SOFTWARE APLICATIVO | 1 | R\$ 12.800,00 | R\$ 12.800,00 |
| COMISSIONAMENTO DO SISTEMA | 1 | R\$ 7.480,00 | R\$ 7.480,00 |
| START-UP DO SISTEMA | 1 | R\$ 7.480,00 | R\$ 7.480,00 |
| TOTAL | | | R\$ 650.725,20 |

O cálculo da relação custo-benefício segue a metodologia descrita no módulo 7 do PROPEE:

Equação 4: Cálculo custo-benefício

Fonte: PROPEE 2013 (módulo 7)

$$RCB = \frac{CA_T}{BA_T}$$

Onde:

RCB - relação custo-benefício.

CA_T - custo anualizado total (R\$/ano).

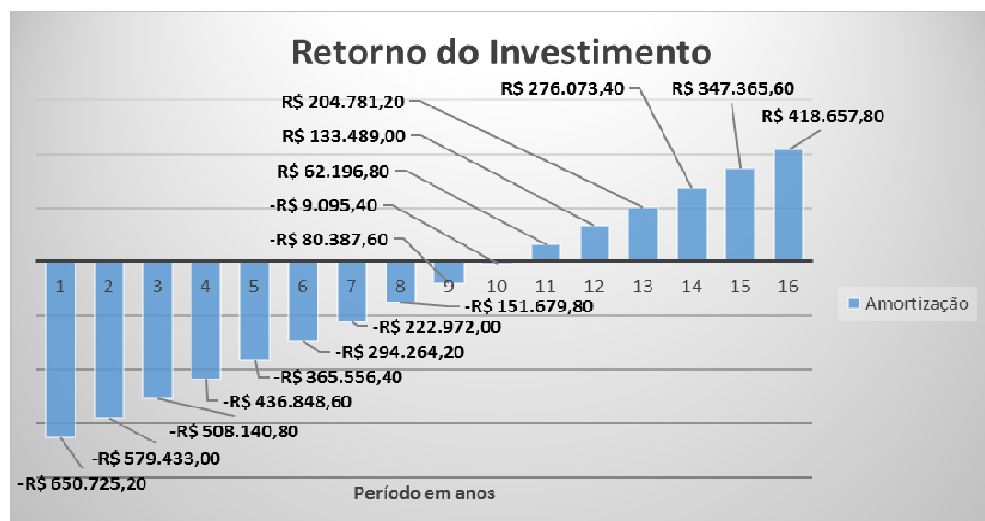
BA_T - benefício anualizado (R\$/ano).

O RCB calculado do projeto em questão é 1,25, ou seja, para cada R\$1,00 (um real) economizado, será investido R\$1,25 (um real e vinte e cinco centavos). O tempo de operação dos motores e a contratação de energia do mercado livre são fatores que influenciam na relação custo e benefício do projeto.

O Gráfico 3 apresenta o retorno do investimento da implantação do projeto de eficiência energética na aeração dos silos verticais.

Gráfico 3: Retorno do investimento.

Fonte: O Autor, com auxílio do software Excel 2016 e dados do estudo de caso.



5.3.6 Cronograma de Implantação

O Cronograma 1 apresenta a implantação do projeto.

Cronograma 1: Implantação.

Fonte: O Autor, com auxílio do software Excel 2016.

| Ações | Cronograma mensal | | | | | |
|--|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Mês 1 | Mês 2 | Mês 3 | Mês 4 | Mês 5 | Mês 6 |
| Contratação da empresa para realização dos trabalhos | | | | | | |
| Aquisição dos materiais e equipamentos | | | | | | |
| Adequações painel (CLP) | | | | | | |
| Adequações instalações inversores | | | | | | |
| Substituição dos motores | | | | | | |
| Desenvolvimento do software aplicativo | | | | | | |
| Comissionamento das instalações | | | | | | |
| Start-up do sistema | | | | | | |

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inovação dos sistemas de aeração aplicados a eficiência energética, oferece resultados surpreendentes de economia na redução do consumo de energia elétrica. O cálculo do caso de estudo alcançou 80,15% de redução do consumo de energia elétrica do processo em questão, com a substituição de motores antigos para motores de alto rendimento e instalação de inversores de frequência para controle de velocidade. As condições climáticas no período de colheita dos grãos, a temperatura ambiente no armazenamento, o volume de grãos no silo, o período de armazenamento e o tempo de operação dos motores influenciam nos resultados calculados do consumo de energia elétrica do processo de aeração nos silos verticais.

Apesar da redução expressiva do consumo de energia elétrica alcançada nos cálculos comparativos com o processo atual, o retorno custo-benefício do estudo apresentou resultados não satisfatórios devido ao curto tempo de operação dos motores e o baixo custo da contratação de energia elétrica. Sugere-se que a implantação de motores de alto rendimento e a utilização de inversores de frequência para controle de velocidade nos processos de aeração dos silos verticais sejam implantados na construção de novos silos e não na substituição de motores de silos existentes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AEROTER, 2012. **Equipamentos Agroindustriais Ltda. Noções básicas de aeração e conservação de cereais.** Londrina: AEROTER 2012. 23p (Manual).

AGROREPORTER, 2017. Disponível em <<http://agroreporter.com.br/aeracao-de-graos-armazenados>>. Acesso em 12.09.2017.

ALMEIDA e CIA 2012. **Manual de conservação de grãos. Aparecida de Goiânia: ALMEIDA. 2012.** (Manual).

CASEMG, 2017. Disponível em <<http://www.casemg.gov.br/index.php/servicos/>>. Acesso em 14.09.2017. (Monografia)

FOCKINK, 2017. Disponível em <http://www.fockink.ind.br/restrito/upload/produtos/arquivo_71.pdf>. Acesso 14/09/2017.

GOOGLE MAPS. Disponível em <http://www.google.com.br/maps/place/Ponta+Grossa,+PR/@-25.1509173,-50.139095,791m> Acesso 21/01/2018

HARA 2003, Tetuo. **Aeração com qualidade. Revista Cultivar Máquinas, Viçosa (MG), v. 21, p. 26-32, mai - jun.2003.**

KEPLER WEBER, 2018. **Silos Metálicos. Porto Alegre: KEPLER WEBER. 2018.** (Catálogo).

KEPLER WEBER. Disponível em: <<http://www.keplerweber.com.br>>. Acesso em 04.04.2018.

MME, 2016 – **Ministério de Minas e Energia. PNEf – Plano Nacional de Eficiência Energética. Brasília: MME. 2016.**

PIMVP, 2012. **Protocolo internacional de medição e verificação de performance.** Efficiency Valuation Organization.

PROPEE 2013. **Procedimento dos programas de eficiência energética ANEEL – (Agência Nacional de Energia Elétrica).**

RCB COPEL, 2017. **Relação custo benefício.** Chamada pública Copel VPD 001/2017 – Ref. ANEEL 001/2016 do projeto Prioritário de Eficiência Energética.

REZENDE, 2011. **Agroindustrial. EF-Energy Sistema de gerenciamento de eficiência energética na aeração de grãos.** Londrina: REZENDE.2011. 64p. (Manual).

SANTOS, 2013. **Aplicação da ferramenta computacional de simulação motor system toll em projeto de eficiência.** (Monografia).

SILVA, Juarez de Souza e Silva. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas.** 2. ed.

Viçosa: Aprenda Fácil, 2008.

WIDITEC, 2018. Disponível em [http://www.widitec.com.br/novo/produtos/detalhes/53/cabo %20 p %C3%A Andulo %20- %20QUALYCABLE](http://www.widitec.com.br/novo/produtos/detalhes/53/cabo%20p%C3%A2ndulo%20-%20QUALYCABLE) >. Acesso 15/09/2018. ANEX ANEXOS

ANEXO A (LISTA DE MOTORES PLANTA INDUSTRIAL)

| LOCAL | SETOR | EQUIPAMENTO | TIPO | FABRICANTE | QTDA | CV | KW | TENSÃO (V) | RPM | POTÊNCIA INSTALADA (kW) |
|---------------------------|------------------------|------------------------|-------|--------------|------|------|-----|------------|------|-------------------------|
| ARMAZENAMENTO | SILOS | AERAÇÃO | MOTOR | WEG | 24 | 30 | 22 | 380 | 1765 | 528 |
| | | AERAÇÃO | MOTOR | VOGES | 24 | 40 | 30 | 380 | 1775 | 720 |
| | | ROSCA VARREDOURA | MOTOR | SEW | 12 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1750 | 66 |
| | | ROSCA VARREDOURA | MOTOR | SEW | 12 | 0,5 | 0,4 | 380 | 1700 | 4,8 |
| | | ROSCA VARREDOURA | MOTOR | METALMOTORES | 12 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1160 | 66 |
| | | CORREIA TRANSPORTADORA | MOTOR | SEW | 1 | 10 | 7,5 | 380 | 1775 | 7,5 |
| | | CORREIA TRANSPORTADORA | MOTOR | SEW | 1 | 12,5 | 9,2 | 380 | 1770 | 9,2 |
| | | CORREIA TRANSPORTADORA | MOTOR | SEW | 1 | 15 | 11 | 380 | 1740 | 11 |
| | | CORREIA TRANSPORTADORA | MOTOR | SEW | 1 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1730 | 5,5 |
| | | CORREIA TRANSPORTADORA | MOTOR | SEW | 1 | 10 | 7,5 | 380 | 1750 | 7,5 |
| | ROSCA TRASPOTADORA | MOTOR | SEW | 1 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1730 | 5,5 | |
| | ROSCA TRASPOTADORA | MOTOR | SEW | 1 | 10,2 | 7,5 | 380 | 1750 | 7,5 | |
| | CORREIA TRANSPORTADORA | MOTOR | SEW | 4 | 12,5 | 9,2 | 380 | 1770 | 36,8 | |
| | CORREIA TRANSPORTADORA | MOTOR | VOGES | 1 | 50 | 37 | 380 | 1775 | 37 | |
| | CORREIA TRANSPORTADORA | MOTOR | SEW | 1 | 25 | 18,5 | 380 | 1760 | 18,5 | |
| | ELEVADOR | MOTOR | VOGES | 2 | 50 | 37 | 380 | 1775 | 74 | |
| | AERAÇÃO | MOTOR | VOGES | 4 | 20 | 15 | 380 | 1760 | 60 | |
| | SILO PULMÃO | CORREIA TRANSPORTADORA | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1700 | 2,2 |
| | | CORREIA TRANSPORTADORA | MOTOR | WEG | 2 | 3 | 2,2 | 380 | 1700 | 4,4 |
| | SECADORES | VENTILADOR | MOTOR | WEG | 12 | 40 | 30 | 380 | 1775 | 360 |
| ROSCA TRANSPORTADORA | | MOTOR | WEG | 1 | 10 | 7,4 | 380 | 1760 | 7,4 | |
| TRANSPORTADOR DE CORRENTE | | MOTOR | SEW | 4 | 5,5 | 4 | 380 | 1740 | 16 | |
| ECLUSA | | MOTOR | SEW | 4 | 1,5 | 1,1 | 380 | 1700 | 4,4 | |

| LOCAL | SETOR | EQUIPAMENTO | TIPO | FABRICANTE | QTDA | CV | KW | TENSÃO (V) | RPM | POTÊNCIA INSTALADA (kW) |
|-------------|-------|---------------------------|-------|--------------|------|------|------|------------|------|-------------------------|
| SILO PULMÃO | | TRANSPORTADOR DE CORRENTE | MOTOR | SEW | 1 | 6,8 | 5 | 380 | 1710 | 5 |
| | | TRANSPORTADOR DE CORRENTE | MOTOR | SEW | 3 | 2 | 1,5 | 380 | 1720 | 4,5 |
| | | AERAÇÃO | MOTOR | WEG | 1 | 25 | 18,5 | 380 | 1755 | 18,5 |
| | | ROSCA VARREDORUA | MOTOR | SEW | 1 | 5 | 3,7 | 380 | 1150 | 3,7 |
| | | INCLUSA FILTRO MANGA | MOTOR | SEW | 2 | 1 | 0,8 | 380 | 1710 | 1,6 |
| | | VENTILADOR FITRO MANGA | MOTOR | WEG | 2 | 12,5 | 9,2 | 380 | 1760 | 18,4 |
| | | INCLUSA | MOTOR | SEW | 4 | 1,5 | 1,1 | 380 | 1730 | 4,4 |
| | | ROSCA RESÍDUO | MOTOR | SEW | 1 | 4,1 | 3 | 380 | 1715 | 3 |
| | | VENTILADOR RESFRIAMENTO | MOTOR | WEG | 4 | 30 | 22 | 380 | 1765 | 88 |
| | | ASPIRADOR DE IMPUREZAS | MOTOR | WEG | 1 | 10 | 7,5 | 380 | 1760 | 7,5 |
| SECADOR | | VENTILADOR PRINCIPAL | MOTOR | WEG | 6 | 50 | 37 | 380 | 1770 | 222 |
| | | TRANSPORTADOR DE CORRENTE | MOTOR | SEW | 2 | 1 | 0,8 | 380 | 1720 | 1,6 |
| | | TRANSPORTADOR DE CORRENTE | MOTOR | SEW | 2 | 5 | 3,7 | 380 | 1715 | 7,4 |
| | | TRANSPORTADOR DE CORRENTE | MOTOR | SEW | 6 | 6,1 | 4,5 | 380 | 1740 | 27 |
| | | TRANSPORTADOR DE CORRENTE | MOTOR | SEW | 1 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1750 | 5,5 |
| | | TRANSPORTADOR DE CORRENTE | MOTOR | SEW | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1700 | 2,2 |
| | | TRANSPORTADOR DE CORRENTE | MOTOR | SEW | 1 | 15 | 11 | 380 | 1765 | 11 |
| | | TRANSPORTADOR DE CORRENTE | MOTOR | SEW | 2 | 3 | 2,2 | 380 | 1710 | 4,4 |
| | | VENTILADOR | MOTOR | WEG | 4 | 12,5 | 9,2 | 380 | 1760 | 36,8 |
| | | CORREIA TRANSPORTADORA | MOTOR | WEG | 4 | 3 | 2,2 | 380 | 1735 | 8,8 |
| PENEIRAS | | PENEIRA | MOTOR | WEG | 3 | 10,2 | 7,5 | 380 | 1400 | 22,5 |
| | | VENTILADOR | MOTOR | METALMOTORES | 3 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1400 | 16,5 |
| | | ECLUSA | MOTOR | WEG | 3 | 2 | 1,5 | 380 | 1700 | 4,5 |
| | | PENEIRA | MOTOR | WEG | 8 | 4 | 3 | 380 | 1715 | 24 |
| | | VENTILADOR | MOTOR | WEG | 4 | 5 | 3,7 | 380 | 1735 | 14,8 |
| CENTRAL | | CENTRAL | MOTOR | WEG | 2 | 15 | 11 | 380 | 1160 | 22 |

| LOCAL | SETOR | EQUIPAMENTO | TIPO | FABRICANTE | QTDA | CV | KW | TENSÃO (V) | RPM | POTÊNCIA INSTALADA (kW) |
|-------|-----------|-----------------------|-------|------------|------|------|-----|------------|------|-------------------------|
| | | ELEVADOR 4 | MOTOR | WEG | 1 | 10,2 | 7,5 | 380 | 1760 | 7,5 |
| | | ELEVADOR 5 | MOTOR | WEG | 1 | 10,2 | 7,5 | 380 | 1740 | 7,5 |
| | | ELEVADOR 6 | MOTOR | WEG | 1 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1740 | 5,5 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 1 | MOTOR | WEG | 1 | 2 | 1,5 | 380 | 1740 | 1,5 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 2 | MOTOR | WEG | 1 | 4 | 2,9 | 380 | 1150 | 2,9 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 3 | MOTOR | WEG | 1 | 4,1 | 3 | 380 | 1725 | 3 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 4 | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1725 | 2,2 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 5 | MOTOR | WEG | 1 | 2 | 1,5 | 380 | 1740 | 1,5 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 6 | MOTOR | WEG | 1 | 2 | 1,5 | 380 | 1740 | 1,5 |
| | | DALA 1 | MOTOR | VOGES | 1 | 4 | 2,9 | 380 | 1150 | 2,9 |
| | | DALA 1 | MOTOR | VOGES | 1 | 2 | 1,5 | 380 | 1720 | 1,5 |
| | | DALA 2 | MOTOR | VOGES | 1 | 2 | 1,5 | 380 | 1720 | 1,5 |
| | | DALA 2 | MOTOR | VOGES | 1 | 2 | 1,5 | 380 | 1720 | 1,5 |
| | | PRÉ LIMPEZA 50TH | MOTOR | WEG | 4 | 3 | 2,2 | 380 | 1725 | 8,8 |
| | | PRÉ LIMPEZA 50TH | MOTOR | WEG | 4 | 5 | 3,7 | 380 | 1715 | 14,8 |
| | | PRÉ LIMPEZA 80TH | MOTOR | WEG | 2 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1740 | 11 |
| | | PRÉ LIMPEZA 80TH | MOTOR | WEG | 2 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1740 | 11 |
| | | ELEVADOR DE DESCARTE | MOTOR | WEG | 1 | 4 | 2,9 | 380 | 1740 | 2,9 |
| | | FITA TRANSP. DESCARTE | MOTOR | WEG | 1 | 4 | 2,9 | 380 | 1740 | 2,9 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 8 | MOTOR | WEG | 1 | 2 | 1,5 | 380 | 1740 | 1,5 |
| | | ECLUSA | MOTOR | WEG | 1 | 2 | 1,5 | 380 | 1740 | 1,5 |
| | SECADOR 1 | ELEVADOR 17 | MOTOR | WEG | 1 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1740 | 5,5 |
| | | ELEVADOR 13 | MOTOR | WEG | 1 | 7,4 | 5,5 | 380 | 1740 | 5,5 |
| | | EXUSTOR | MOTOR | WEG | 1 | 30 | 22 | 380 | 1775 | 22 |
| | | ELEVADOR 16 | MOTOR | WEG | 1 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1740 | 5,5 |
| | SECADOR 2 | ELEVADOR 14 | MOTOR | WEG | 1 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1740 | 5,5 |

| LOCAL | SETOR | EQUIPAMENTO | TIPO | FABRICANTE | QTDA | CV | KW | TENSÃO (V) | RPM | POTÊNCIA INSTALADA (kW) |
|-------|-------|----------------------------|-------|------------|------|-----|-----|------------|------|-------------------------|
| | | ECLUSA | MOTOR | WEG | 1 | 2 | 1,5 | 380 | 1740 | 1,5 |
| | | EXAUSTOR | MOTOR | WEG | 1 | 30 | 22 | 380 | 1775 | 22 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 9 | MOTOR | WEG | 1 | 3,4 | 2,5 | 380 | 1725 | 2,5 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 12 | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1725 | 2,2 |
| | | ELEVADOR 10 | MOTOR | WEG | 1 | 5 | 3,7 | 380 | 1715 | 3,7 |
| | | ELEVADOR 11 | MOTOR | WEG | 1 | 5 | 3,7 | 380 | 1715 | 3,7 |
| | | ELEVADOR 12 | MOTOR | WEG | 1 | 5 | 3,7 | 380 | 1715 | 3,7 |
| | | ELEVADOR 9 | MOTOR | WEG | 1 | 5 | 3,7 | 380 | 1715 | 3,7 |
| | | ELEVADOR 8 | MOTOR | WEG | 1 | 5 | 3,7 | 380 | 1715 | 3,7 |
| | | ELEVADOR 7 | MOTOR | WEG | 1 | 5 | 3,7 | 380 | 1715 | 3,7 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 18 | MOTOR | WEG | 1 | 4,1 | 3 | 380 | 1725 | 3 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 17 | MOTOR | WEG | 1 | 4,2 | 3 | 380 | 1725 | 3 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 16 | MOTOR | WEG | 1 | 4,1 | 3 | 380 | 1725 | 3 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 15 | MOTOR | WEG | 1 | 4,1 | 3 | 380 | 1725 | 3 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 14 | MOTOR | WEG | 1 | 4 | 2,9 | 380 | 1150 | 2,9 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 13 | MOTOR | WEG | 1 | 4 | 2,9 | 380 | 1150 | 2,9 |
| | | FITA TRANSPORTADORA BEM. 5 | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1735 | 2,2 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 21 | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1725 | 2,2 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 22 | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1725 | 2,2 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 19 | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1725 | 2,2 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 20 | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1725 | 2,2 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 10 | MOTOR | WEG | 1 | 1,6 | 1,2 | 380 | 1740 | 1,2 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 7 | MOTOR | WEG | 1 | 1,6 | 1,2 | 380 | 1740 | 1,2 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 23 | MOTOR | WEG | 1 | 4,1 | 3 | 380 | 1725 | 3 |
| | | ELEVADOR DE BEN. 5 | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1725 | 2,2 |
| | | ELEVADOR DE BEN. 8 | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1725 | 2,2 |

TRATAMENTO

| LOCAL | SETOR | EQUIPAMENTO | TIPO | FABRICANTE | QTDA | CV | KW | TENSÃO (V) | RPM | POTÊNCIA INSTALADA (kW) |
|-------|-------|------------------------|-------|------------|------|-----|------|------------|------|-------------------------|
| | | ELEVADOR DESCARTE 39 | MOTOR | WEG | 1 | 4 | 2,9 | 380 | 1740 | 2,9 |
| | | EXAUSTOR SILO 20 | MOTOR | WEG | 1 | 25 | 18,4 | 380 | 1755 | 18,4 |
| | | EXAUSTOR SILO 20 | MOTOR | WEG | 1 | 25 | 18,4 | 380 | 1755 | 18,4 |
| | | EXAUSTOR SILO 20 | MOTOR | WEG | 1 | 25 | 18,4 | 380 | 1755 | 18,4 |
| | | EXAUSTOR SILO 20 | MOTOR | WEG | 1 | 25 | 18,4 | 380 | 1755 | 18,4 |
| | | EXAUSTOR SILO 20 | MOTOR | WEG | 1 | 25 | 18,4 | 380 | 1755 | 18,4 |
| | | COMPRESSOR 1 | MOTOR | WEG | 1 | 25 | 18,4 | 380 | 1760 | 18,4 |
| | | COMPRESSOR 2 | MOTOR | WEG | 1 | 10 | 7,4 | 380 | 3515 | 7,4 |
| | | FILTRO MANGA | MOTOR | WEG | 1 | 25 | 18,4 | 380 | 1765 | 18,4 |
| | | FILTRO MANGA | MOTOR | BONFIGLORI | 1 | 0,7 | 0,55 | 380 | 1680 | 0,55 |
| | | ROSCA DESARTE | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1725 | 2,2 |
| | | CAMARA DE RESFRIAMENTO | MOTOR | WEG | 1 | 30 | 22 | 380 | 1765 | 22 |
| | | PENEIRAS | MOTOR | WEG | 3 | 5 | 3,7 | 380 | 1715 | 11,1 |
| | | PÓS LIMPEZA - PENEIRA | MOTOR | WEG | 2 | 5 | 3,7 | 380 | 1715 | 7,4 |
| | | PÓS LIMPEZA - ECLUSA | MOTOR | WEG | 2 | 1 | 0,7 | 380 | 1720 | 1,4 |
| | | PÓS LIMPEZA - EXAUSTRO | MOTOR | WEG | 4 | 3 | 2,2 | 380 | 1725 | 8,8 |
| | | ROSCA MESAS | MOTOR | WEG | 1 | 1 | 0,7 | 380 | 1720 | 0,7 |
| | | ROSCA PÓS LIMPEZA | MOTOR | WEG | 2 | 1 | 0,7 | 380 | 1720 | 1,4 |
| | | ELEVADOR DE QUEBRA | MOTOR | WEG | 1 | 1 | 0,7 | 380 | 1720 | 0,7 |
| | | MESAS | MOTOR | WEG | 3 | 6 | 4,4 | 380 | 1720 | 13,2 |
| | | MESAS | MOTOR | WEG | 2 | 10 | 7,4 | 380 | 1760 | 14,8 |
| | | ELEVADOR 6 | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1725 | 2,2 |
| | | ROSCA ESPIRAL | MOTOR | WEG | 3 | 4 | 2,9 | 380 | 1725 | 8,7 |
| | | ROSCA ESPIRAL | MOTOR | WEG | 6 | 2 | 1,5 | 380 | 1740 | 9 |
| | | ELEVADOR 7 | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1775 | 2,2 |
| | | ELEVADOR 10 | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1775 | 2,2 |

| LOCAL | SETOR | EQUIPAMENTO | TIPO | FABRICANTE | QTDA | CV | KW | TENSÃO (V) | RPM | POTÊNCIA INSTALADA (kW) |
|-------|-------|------------------------|-------|------------|------|-----|------|------------|------|-------------------------|
| | | FITA TRANSPORTADORA 4 | MOTOR | SEW | 1 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1750 | 5,5 |
| | | ELEVADOR 2 | MOTOR | SEW | 1 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1750 | 5,5 |
| | | ELEVADOR 1 | MOTOR | SEW | 1 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1750 | 5,5 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 1 | MOTOR | SEW | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1710 | 2,2 |
| | | EXAUSTOR SILO METÁLICO | MOTOR | WEG | 4 | 5 | 3,7 | 380 | 1725 | 14,8 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 2 | MOTOR | SEW | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1710 | 2,2 |
| | | FITA TRANSPORTADORA 3 | MOTOR | SEW | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1710 | 2,2 |
| | | EXAUSTOR | MOTOR | WEG | 5 | 25 | 18,4 | 380 | 1775 | 92 |
| | | BOMBA VENTILADOR BEN. | MOTOR | WEG | 1 | 7,5 | 5,5 | 380 | 1740 | 5,5 |
| | | SUGADOR | MOTOR | WEG | 1 | 25 | 18,4 | 380 | 3540 | 18,4 |
| | | SUGADOR | MOTOR | WEG | 1 | 2 | 1,5 | 380 | 1755 | 1,5 |
| | | ELEVADOR | MOTOR | WEG | 1 | 6 | 4,4 | 380 | 1325 | 4,4 |
| | | FITA TRANSPORTADORA | MOTOR | WEG | 1 | 1 | 0,7 | 380 | 1680 | 0,7 |
| | | TAMBOR | MOTOR | WEG | 1 | 1 | 0,7 | 380 | 1680 | 0,7 |
| | | TAMBOR | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1735 | 2,2 |
| | | BOMBA DE VENENO | MOTOR | WEG | 4 | 0,5 | 0,4 | 380 | 1680 | 1,6 |
| | | MANGOTE | MOTOR | WEG | 4 | 0,2 | 0,18 | 380 | 1625 | 0,72 |
| | | ROSCA | MOTOR | WEG | 2 | 1,5 | 1,1 | 380 | 1750 | 2,2 |
| | | COMPRESSOR | MOTOR | WEG | 1 | 20 | 14,7 | 380 | 3536 | 14,7 |
| | | ENSACADEIRA VACUO | MOTOR | SIEMENS | 1 | 10 | 7,4 | 380 | 1770 | 7,4 |
| | | ENSACADEIRA VACUO | MOTOR | SIEMENS | 1 | 10 | 7,4 | 380 | 1770 | 7,4 |
| | | FILTRO MANGA | MOTOR | WEG | 1 | 7,5 | 5,5 | 380 | 3495 | 5,5 |
| | | DALA ENSACADEIRA | MOTOR | WEG | 1 | 1 | 0,75 | 380 | 1710 | 0,75 |
| | | COMPRESSOR | MOTOR | WEG | 1 | 5 | 3,7 | 380 | 1730 | 3,7 |
| | | ASPIRADOR | MOTOR | WEG | 1 | 15 | 11 | 380 | 3520 | 11 |
| | | DALA | MOTOR | SEW | 2 | 4,1 | 3 | 380 | 1730 | 6 |

| LOCAL | SETOR | EQUIPAMENTO | TIPO | FABRICANTE | QTDA | CV | KW | TENSÃO (V) | RPM | POTÊNCIA INSTALADA (kW) |
|-------|-------|-------------------|-------|--------------|------|------|------|------------|------|-------------------------|
| | | DALA | MOTOR | METALMOTORES | 2 | 2 | 1,5 | 380 | 1730 | 3 |
| | | TRATAMENTO | MOTOR | SIEMENS | 1 | 0,7 | 0,55 | 380 | 1630 | 0,55 |
| | | TRATAMENTO | MOTOR | SIEMENS | 1 | 0,2 | 0,18 | 380 | 1630 | 0,18 |
| | | TRATAMENTO | MOTOR | SIEMENS | 1 | 0,2 | 0,18 | 380 | 1630 | 0,18 |
| | | TRATAMENTO | MOTOR | NORD | 1 | 0,5 | 0,37 | 380 | 1630 | 0,37 |
| | | TRATAMENTO | MOTOR | KOLBACH | 1 | 0,3 | 0,25 | 380 | 1630 | 0,25 |
| | | ELEVADOR | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1735 | 2,2 |
| | | BOMBA DE VENENO | MOTOR | WEG | 1 | 5 | 3,7 | 380 | 1735 | 3,7 |
| | | BOMBA DE VENENO | MOTOR | WEG | 1 | 1,5 | 1,1 | 380 | 1125 | 1,1 |
| | | COMPRESSOR | MOTOR | ARNO | 1 | 10 | 7,4 | 380 | 1720 | 7,4 |
| | | DESCARTE VENENO | MOTOR | BONFIGLORI | 1 | 0,5 | 0,37 | 380 | 1660 | 0,37 |
| | | ENSACADEIRA VACUO | MOTOR | VOGES | 1 | 10,2 | 7,5 | 380 | 1760 | 7,5 |
| | | EXAUSTOR | MOTOR | WEG | 1 | 5 | 3,7 | 380 | 1735 | 3,7 |
| | | DALA | MOTOR | WEG | 1 | 1 | 0,75 | 380 | 1660 | 0,75 |
| | | DALA | MOTOR | WEG | 1 | 3 | 2,2 | 380 | 1735 | 2,2 |