



**FRANCISCO WILLIAN GUIMARÃES DIAS
MELISSA FERREIRA MARES**

**UTILIZAÇÃO DE SOPRADORES DE AR EM APLICAÇÕES
FINAIS DA ÁREA DE ENVASE**

LAVRAS – MG

2019

FRANCISCO WILLIAN GUIMARÃES DIAS

MELISSA FERREIRA MARES

**UTILIZAÇÃO DE SOPRADORES DE AR EM APLICAÇÕES FINAIS PARA A
ÁREA DE ENVASE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Engenharia de Controle e
Automação, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Vinícius Miranda Pacheco
Orientador

LAVRAS – MG

2019

FRANCISCO WILLIAN GUIMARÃES DIAS
MELISSA FERREIRA MARES

UTILIZAÇÃO DE SOPRADORES DE AR EM APLICAÇÕES FINAIS PARA A
ÁREA DE ENVASE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Engenharia de Controle e
Automação, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA EM 17 DE JUNHO DE 2019.

Dr. Vinícius Miranda Pacheco

Dr. Fábio Domingues de Jesus

Daniel Soares Ambrósio de Araújo

Prof. Dr. Vinícius Miranda Pacheco
Orientador

LAVRAS – MG

2019

RESUMO

Na Fábrica de Produtos Lácteos Frescos, da Danone em Poços de Caldas, existe um grande gasto de energia elétrica e uma parte significativa desse consumo é proveniente dos compressores de ar utilizados. Com objetivo de diminuir a demanda de ar comprimido da fábrica, fez-se um projeto para a área do envase. A economia que este projeto proporcionará em relação a condição atual de operação se resume na redução da demanda por energia elétrica em algumas saídas de ar proveniente dos compressores. Na solução proposta, em alguns pontos de secagem dos frascos serão instalados sopradores de ar, substituindo os compressores naquele ponto, devido ao consumo de energia bem inferior.

Palavras-Chave: Secagem. Economia de Energia. Ar comprimido. Compressores. Sopradores.

ABSTRACT

In the Danone's fresh dairy factory in Poços de Caldas, there is a great expense with electrical energy and a significant part of this consumption comes from the air compressors used. To reduce the demand for compressed air from the plant, a project was developed for the container area. The savings that this project will provide in relation to the current operating condition is summarized in reduction of demand for electric energy in some air vents from the compressors. In the proposed solution, in some drying points of flasks, air blowers will be installed, replacing the compressors at the that points, due to the much lower energy consumption.

Keywords: Drying, Energy Saving, Compressed air. Compressors. Blowers

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico PxV compressão Isotérmica	13
Figura 2- Gráfico PxV Compressão adiabática.....	14
Figura 3 - Gráfico PxV Comparação das 3 compressões	14
Figura 4 - Tipos de Compressores.....	15
Figura 5 - Compressor Tipo Parafuso	16
Figura 6 - Diagrama de perdas características de Sistema de ar comprimido	18
Figura 7 - Foto das máquinas que terão seus pontos substituídos por sopradores	24
Figura 8 - Descrição da Figura.....	25
Figura 9 - Bicos Windjet	26
Figura 10 - Descrição da Figura	26
Figura 11 - Equações utilizadas pela calculadora para resultar na vazão em Nm ³ /h	27
Figura 12 - Calculo para Vazão do Ar na Máquina Brasholanda.....	28
Figura 13 - Conversão para m ³ /h (Brasholanda)	28
Figura 14 - Calculo para Vazão do Ar na Máquina Bisignano	29
Figura 15 - Conversão para m ³ /h (Bisignano).....	30
Figura 16 - Calculo para Vazão do Ar na Máquina Sidel	31
Figura 17 - Conversão para m ³ /h (Sidel).....	31
Figura 18 - Calculo para Vazão do Ar na Máquina Ermi	32
Figura 19 - Conversão para m ³ /h (Ermi)	33
Figura 20 - Calculo para Vazão do Ar na Máquina Serac 1 - Ponto 1	34
Figura 21 - Conversão para m ³ /h (Serac 1 - Ponto 1).....	34
Figura 22 - Calculo para Vazão do Ar na Máquina Serac 1 - Ponto 2	35
Figura 23 - Conversão para m ³ /h (Serac1 - Ponto 2).....	36
Figura 24 - Calculo para Vazão do Ar na Máquina Serac 2.....	37
Figura 25 - Conversão para m ³ /h (Serac 2)	37
Figura 26 - Calculo para Vazão do Ar na Máquina Hamba	38
Figura 27 - Conversão para m ³ /h (Hamba).....	39
Figura 28 - Soprador 2BH7 220.....	40
Figura 29 - Soprador 2BH7 520.....	41
Figura 30 - Gráfico de Distribuição Anual de gastos com operações das Máquinas	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo Operacional das Máquinas.....	27
Tabela 2 - Tabela de Custos e Consumo para Brasholanda com Compressores.....	29
Tabela 3 - Tabela de Custos e Consumo para Bisignano com Compressores.....	30
Tabela 4 - Tabela de Custos e Consumo para Sidel com Compressores.....	32
Tabela 5 - Tabela de Custos e Consumo para Ermi com Compressores.....	33
Tabela 6 - Tabela de Custos e Consumo para Serac 1 - Ponto 1 com Compressores	35
Tabela 7 - Tabela de Custos e Consumo para Serac 1 - Ponto 2 com compressores	36
Tabela 8 - Tabela de Custos e Consumo para Serac 2 com compressores.....	38
Tabela 9 - Tabela de Custos e Consumo para Hamba com compressores	39
Tabela 10 - Tabela de Custos Totais da Fábrica com as Máquinas.....	40
Tabela 11 - Tabela de Custos para implementação dos Sopradores	41
Tabela 12 - Tabela de Custos para implementação de Tubulação e Bicos para Controle da Saída de Ar	42
Tabela 13 - Tabela de Custos e Consumo para Brasholanda com Sopradores.....	42
Tabela 14 - Tabela de Custos e Consumo para Bisignano com Sopradores	43
Tabela 15 - Tabela de Custos e Consumo para Sidel com Sopradores	43
Tabela 16 - Tabela de Custos e Consumo para Ermi com Sopradores	43
Tabela 17 - Tabela de Custos e Consumo para Serac 1 - Ponto 1 com Sopradores	44
Tabela 18 - Tabela de Custos e Consumo para Serac 1 - Ponto 2 com Sopradores	44
Tabela 19 - Tabela de Custos e Consumo para Serac 2 com Sopradores.....	44
Tabela 20 - Tabela de Custos e Consumo para Hamba com Sopradores	45
Tabela 21 - Tabela de Custos da Fábrica após implementação dos Sopradores	45
Tabela 22 - Economia esperada com a implantação da Solução.....	46
Tabela 23 - Fluxo de caixa anual para o ano da implantação da solução.....	47
Tabela 24 - Tabela com fluxo de caixa para os 3 anos e VPL calculado	47

LISTA DE SIGLAS

FIRJAN	Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
ABESCO	Associação Brasileira das Empresas de Serviço de Conservação de Energia
ISO	International Organization for Standardization
PRI	Prazo de Retorno de Investimento
VPL	Valor Presente Líquido
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
BC	Banco Central
CDI	Certificado de Depósito Interbancário
C.A.G.I	Compressed air Gas Institute

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
2.	OBJETIVOS	11
2.1.	OBJETIVO GERAL	11
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12
3.1.	CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR INDUSTRIAL	12
3.2.	CONCEITOS BÁSICOS DO AR COMPRIMIDO	12
3.3.	COMPRESSORES	15
3.3.1.	COMPRESSOR ZR 500V SD.....	15
3.3.2.	SECADORES	17
3.4.	OPORTUNIDADES DE REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA NOS SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO.....	17
3.5.	SOPRADORES.....	18
4.	METODOLOGIA.....	20
4.1.	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	20
4.2.	IDENTIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO E BENEFÍCIOS	20
4.3.	LEVANTAMENTO DE CUSTOS PARA SOLUÇÃO.....	20
4.4.	ANÁLISE ECONÔMICA	21
4.4.1.	PRI OU PAYBACK.....	21
4.4.2.	VPL.....	21
5.	RESULTADOS	23
5.1.	IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA	23
5.2.	PROCESSO DE ENVASE	23
5.3.	IDENTIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO	23
5.4.	BENEFÍCIOS TRAZIDOS PELA SOLUÇÃO	24
5.5.	LEVANTAMENTO DE CUSTOS PARA O PROBLEMA.....	25
5.6.	ENCONTRANDO OS RESULTADOS	25
5.6.1.	CUSTO POR MÁQUINA COM COMPRESSORES.....	28
5.6.1.1.	Brasholanda.....	28
5.6.1.2.	Bisignano	29
5.6.1.3.	Sidel	31
5.6.1.4.	Ermi	32
5.6.1.5.	Serac 1	34
5.6.1.6.	Serac 2	37

5.6.1.7.	Hamba	38
5.6.2.	CUSTO TOTAL DE OPERAÇÃO DAS MÁQUINAS.....	39
5.7.	LEVANTAMENTO DE CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DA SOLUÇÃO	40
5.8.	ESTIMATIVA DE CUSTOS DE OPERAÇÃO COM A SOLUÇÃO	42
5.8.1.	Brasholanda.....	42
5.8.2.	Bisignano	43
5.8.3.	Sidel	43
5.8.4.	Ermi	43
5.8.5.	Serac 1	44
5.8.6.	Serac 2	44
5.8.7.	Hamba	45
5.9.	CUSTO ESTIMADO APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DOS SOPRADORES	45
5.10.	RESULTADOS DA ANÁLISE ECONÔMICA.....	45
5.10.1.	ANÁLISE DO VPL	45
5.10.2.	RESULTADO DE PAYBACK DA IMPLANTAÇÃO DA SOLUÇÃO	48
6.	CONCLUSÃO	49
7.	REFERÊNCIAS.....	50

1. INTRODUÇÃO

O grupo Danone é uma empresa multinacional de produtos alimentícios que nasceu em 1919, quando o farmacêutico Isaac Carasso teve a ideia de vender remédios como alimento inspirado em crianças com problemas digestivos e intestinais. Em um pequeno galpão em Barcelona, ele começou a fabricar iogurte com leite fresco após tomar conhecimento dos benefícios do alimento e a vender como medicamento em farmácias.

Em 1929 seu filho, Daniel Carasso, abriu a primeira loja de varejo em Paris, dando início ao sucesso do grupo que tem até hoje produtos lácteos como core da empresa.

No Brasil, o grupo Danone iniciou suas atividades em 1970 por meio de uma parceria com a Laticínios Poços de Caldas onde se deu o lançamento do primeiro iogurte com poupa de frutas, que foi um sucesso de vendas no país. Hoje a Danone é a maior fabricante de laticínios frescos do país.

Tendo conhecimento do processo de fabricação dos produtos realizado na fábrica da Danone em Poços de Caldas – MG, observou-se a que existe um grande consumo de energia elétrica que é proveniente da área de envase da empresa, sendo assim tornou papel dos autores deste trabalho identificar oportunidades onde pudesse ser gerada economia de energia, fazendo melhor uso dos recursos disponíveis.

Por meio da investigação do problema foi possível perceber que uma parte significativa do alto consumo de energia era proveniente do uso de compressores que eram utilizados principalmente na área de envase, onde existe a demanda por ar comprimido mas que ao mesmo tempo não cria a necessidade do uso de compressores, podendo essa demanda ser suprida com equipamentos de menor consumo e que proporcionem melhor uso do recurso e sem causa desperdício de energia.

Identificado esse problema foi possível perceber então que o uso de sopradores de ar poderiam ser a solução para o problema em questão, onde por meio do uso de sopradores a área de envase teria sua demanda atendida, porém sem o alto consumo gerado pelos compressores, proporcionando assim grande economia em termos energéticos e financeiros para a fábrica.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo desse trabalho é apresentar uma oportunidade de melhoria para a área de envase na fábrica da Danone em Poços de Caldas. O intuito é proporcionar redução de custos de energia elétrica com a substituição do ar vindo dos compressores por sopradores de ar nos pontos de secagem dos frascos.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos desse trabalho, temos:

- Otimização do uso de recursos na área de envase
- Redução dos custos energéticos atrelados ao uso de ar comprimido
- Análise da viabilidade econômica da solução

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

3.1. CONSUMO DE ENERGIA NO SETOR INDUSTRIAL

Para a indústria, energia é um insumo essencial e sendo assim passa a ser um custo sempre presente e determinante no balanço de qualquer setor, podendo chegar a ser responsável por 40% do custo final da produção segundo dados divulgados pela Firjan (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro). Devido ao seu grande impacto nos resultados de qualquer empresa, a tendência de consumo mais eficiente de energia passa a aumentar e ser de grande importância dentro do cenário mundial.

Segundo dados apresentados no estudo “Potencial de empregos para o setor de Eficiência Energética no Brasil”, realizado pela Mitsidi Projetos em evento da ABESCO, 90% do consumo de energia elétrica no país é proveniente dos setores de construção civil, indústria, comércio e serviços e sendo assim passam a ser grandes oportunidade de uso mais eficiente de energia.

A busca pela eficiência no consumo de energia é algo que se torna uma interessante alternativa para a redução de desperdício de recursos e, por outro lado, permite que se aumente a produção sem implicar em acréscimos substanciais em termos de custos. O uso de ar comprimido tem uma grande influência na produção, podendo vir a ser um dos processos mais dispendiosos da fábrica. Considerando que no custo de fabricação de um produto temos uma parcela significativa de responsabilidade no uso de ar comprimido, o sistema mostra grande potencial na economia da fábrica e conseqüentemente no custo do produto.

A ISO 50001 (Gestão de Energia) permite que as organizações possuam os processos necessários para a melhoria contínua, levando em consideração fatores energéticos, uso e consumo. Isso proporciona uma referência para análise da performance em termos energéticos em práticas de gestão.

3.2. CONCEITOS BÁSICOS DO AR COMPRIMIDO

O ar comprimido está presente em grande parte dos processos industriais com as mais diversas aplicações, observando-se que para geração do ar comprimido existe uma demanda significativa de energia que impacta diretamente nos custos da indústria.

Compressores são equipamentos utilizados na geração do ar comprimido onde gases comprimidos tem sua pressão elevada. O funcionamento dos compressores depende de sua característica construtiva, podendo vir a ser volumétricos ou dinâmicos. Segundo Santos (2006)

temos como compressores de uso mais comum na indústria os alternativos, os de palheta, os de parafuso, os de lóbulos, os centrífugos e os axiais”.

A equação dos gases perfeitos comprovada por experiências físicas realizadas por Clapeyron demonstra que, em condições de baixa pressão e temperatura distante da referência para liquefação, o comportamento dos gases se aproxima muito da equação a seguir:

$$P \cdot v = R \cdot T \quad (1)$$

Onde:

P – Pressão

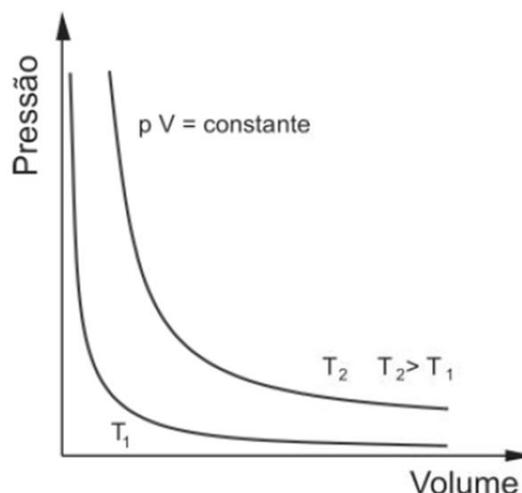
v – Volume Específico

R – Constante Particular do Gás

T – Temperatura

Como demonstrado no trabalho de Santos (2006), podemos comprimir o gás de forma isotérmica, ou seja, que sua temperatura se mantenha constante durante o processo. Nesse caso seria necessário que todas as trocas de calor ocorressem de forma perfeita para que todo o calor gerado no processo fosse retirado durante o processo de compressão, e sendo assim tornando o processo de compressão impossível na prática.

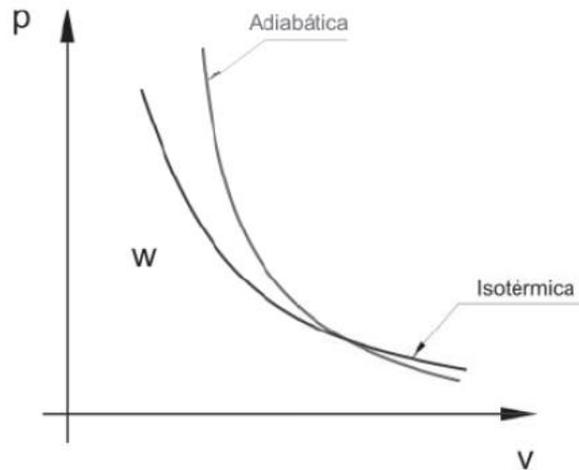
Figura 1 - Gráfico PxV compressão Isotérmica



Fonte: Adaptado de Santos (2006)

Outra forma de compressão de gás existente é a compressão Adiabática, onde durante o processo de compressão não permite troca de calor, nesse caso o processo deve possuir um isolamento perfeito. Porém no caso da compressão adiabática também é impossível de ser feita na prática.

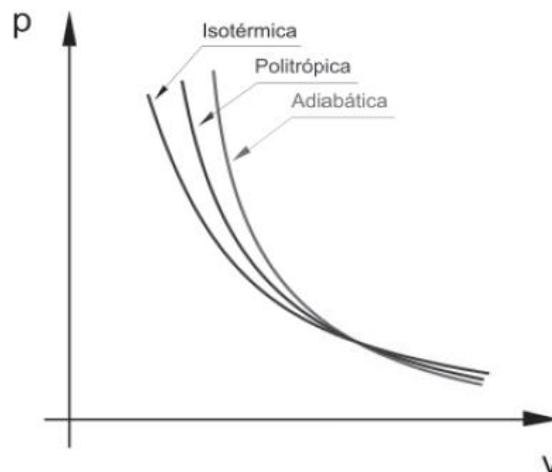
Figura 2- Gráfico PxV Compressão adiabática



Fonte: Adaptado de Santos (2006)

Como observado anteriormente os dois processos de compressão não são aplicáveis na prática, nos levando então a considerar um modelo intermediário que mais se aproxima da realidade chamado de compressão Politrópica.

Figura 3 - Gráfico PxV Comparação das 3 compressões



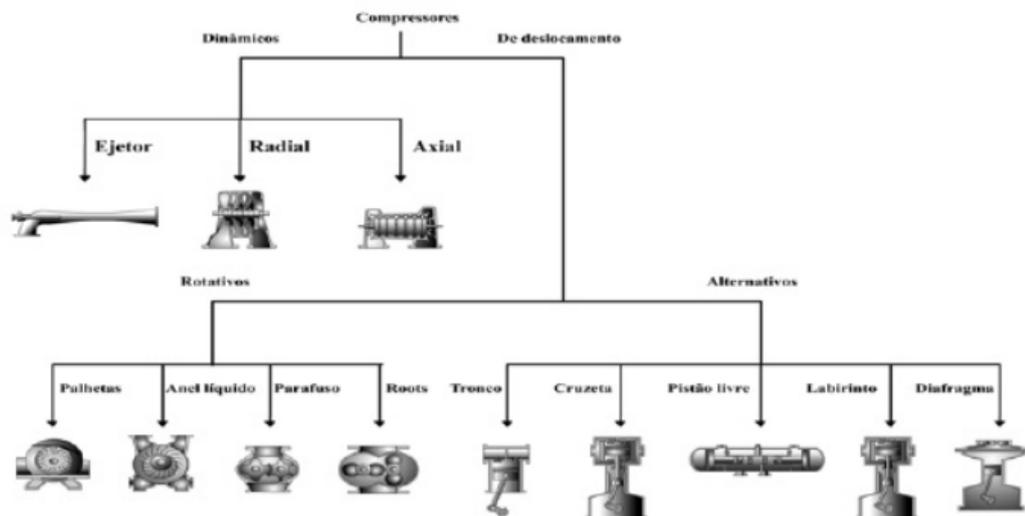
Fonte: Adaptado de Santos (2006)

Observando o gráfico podemos perceber que a compressão politrópica pode ser entendida como uma generalização, se comportando como o modelo de compressão isotérmico ou adiabático de acordo com a variação do expoente da politrópica.

3.3. COMPRESSORES

Como apresentado no trabalho de Olesko (2013), os compressores são categorizados conforme a figura abaixo, porém, no presente trabalho apenas descreveremos o funcionamento apenas dos compressores utilizados na fábrica da Danone.

Figura 4 - Tipos de Compressores



Fonte: *Artigo da CSE – Consultoria e Serviços de Engenharia, disponível no site:*
[http://pt.scribd.com/doc/22252896/Manual-do-ar-comprimido.](http://pt.scribd.com/doc/22252896/Manual-do-ar-comprimido)

3.3.1. COMPRESSOR ZR 500V SD

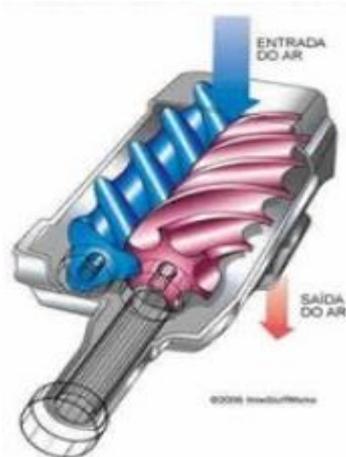
Os compressores utilizados na Danone são do modelo ZR500VSD. Esses compressores são de deslocamento, ou seja, o aumento da pressão se dá por meio da compressão do fluido; com a diminuição do volume a pressão aumenta.

Os compressores por deslocamento podem ser divididos em duas categorias: alternativos (pistão, êmbolo) e rotativo. Como o objetivo do trabalho é abordar especificamente o compressor utilizado no problema em questão, falaremos apenas dos compressores rotativos do tipo parafuso, que é a categoria onde o compressor utilizado na fábrica se enquadra

➤ Compressores tipo parafuso

Nos compressores do tipo parafuso estão presentes dois rotores que giram em sentidos opostos, o fluido entra pela abertura de sucção e passa a ocupar os espaços vazios entre os rotores. Porém, com o movimento dos rotores, o espaço passa a ser reduzido e conseqüentemente a pressão passa a aumentar.

Figura 5 - Compressor Tipo Parafuso



Fonte: Aula de Introdução a Pneumática - Instituto Federal Santa Catarina, Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/10277946/>

A Danone possui quatro compressores do tipo ZR500VSD, sendo que três deles tem uma vazão de 5500m³/h e outro que modula entre 0 e 4800m³/h de acordo com a demanda.

A demanda de ar comprimido na fábrica varia entre 6000 e 10000m³/h. Por isso, apenas dois compressores ficam ligados por vez, o modulado e um dos três de vazão 5500m³/h, que revezam a cada semana. Dessa forma é garantida uma maior economia de energia, tendo em vista que o compressor modulado só fornecerá a quantidade de ar comprimido que o outro compressor não conseguiu suprir.

Após o ar ser comprimido nos compressores ele passa por um secador de ar, responsável por eliminar água, óleo e partículas sólidas do ar comprimido, melhorando a qualidade e produtividade em suas aplicações.

3.3.2. SECADORES

Secadores são equipamentos primordiais no tratamento do ar comprimido, pois tem como objetivo a eliminação do ar condensado o que tecnicamente torna o ar seco. Existem vários tipos de procedimento para secagem, podendo a secagem ocorrer por refrigeração, adsorção, entre outros. Neste caso abordaremos apenas a secagem por refrigeração por se tratar do secador utilizado na fábrica.

A atuação do secador por refrigeração se dá após o término da compressão onde parte do ar condensado para o estado líquido, podendo gerar danos as ferramentas e sendo assim aumentando o número de intervenções de manutenção. Na secagem por refrigeração, a temperatura do ar que sai do compressor é reduzida a uma temperatura de orvalho, precipitando a água em questão e permitindo a drenagem da mesma, resultando assim em ar seco disponível.

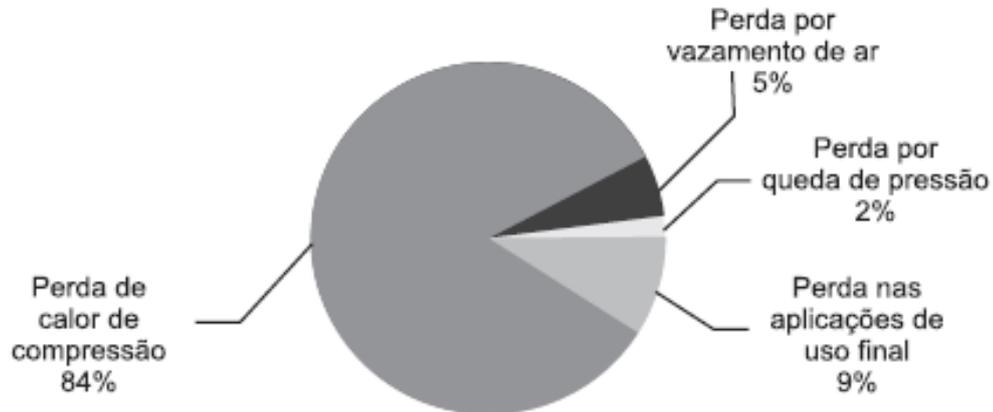
A Danone possui dois secadores de ar do tipo FD2400VSD, porém só um é ligado por vez, revezando para evitar desgaste ou fazer manutenção

3.4. OPORTUNIDADES DE REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA NOS SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO

Segundo o Monteiro (2005), o sistema de ar comprimido considerado como “quarta utilidade”, já que todo sistema industrial, desde uma pequena oficina até grandes indústrias possuem um sistema de ar comprimido que são bem dispendiosos e em sua maior parte são formados por compressores acionado por motores elétricos.

O manual traz uma reflexão sobre o balanço energético do sistema, nos permitindo identificar onde estão presentes as maiores perdas de energia geradas no sistema de ar comprimido e estabelecer um ponto de partida para identificação do problema a ser trabalhado.

Figura 6 - Diagrama de perdas características de Sistema de ar comprimido



Fonte: Diagrama de perdas características de sistema de ar comprimido

No presente trabalho serão tratadas as perdas nos sistemas de uso final de ar comprimido, que consistem nas diversas aplicações de uso como no acionamento de ferramentas pneumáticas em sistemas de acionamento pneumático; acionamento mecânico e comando de válvulas em sistemas de controle; transporte por ar comprimido; jateamento; e operações com sopro de ar e jato de água; operações de inspeção e teste; controle de processos com ar comprimido.

3.5. SOPRADORES

Sopradores de ar são equipamentos utilizados para geração de ar comprimido em aplicações que exijam baixa demanda de pressão, e podem ter diferentes opções de volume para vazão. Os sopradores têm como sua principal característica o uso em aplicações diversas por um custo reduzido e boa confiabilidade. Em pontos onde não é necessário ar comprimido os sopradores de ar são totalmente eficientes, além de representar um consumo energético baixo.

Sendo assim se tornam muito atrativos e funcionais para aplicações em diversas atividades como por exemplo:

- Processo de produção (dosador, levantamento de chapas, fixador de peças, jato de areia)

- Industria gráfica (mesa com camada de ar, sucção, secagem de tinta, guilhotina, punctionadeira, impressão, aeração de folhas, secagem, armazenamento, transferência de folhas)
- Industria alimentícia (lavagem de bandejas, empacotamento, produção de embutidos, dosagem, lavagem de verduras, lavagem de ovos, alimentadores)
- Medicina (colchão de ar, sugador)
- Piscicultura(aeração para viveiro de peixes e camarões). São consideradas um ventilador ecológico pelas suas aplicações na criação de animais aquáticos em cativeiro e também no tratamento de efluentes oxigenando o lodo e assim dando vida a micro organismos, aquicultura, etc.
- Industria têxtil (fábrica de tecidos, teares, tecelagem, maquinas de costura industrial, tricotagem automática, oxigenação)
- Pecuária (empacotamento de leite)
- Agricultura (empacotamento de leite, transferência e transporte de grãos e adubos, transporte de sacos, semeadora de grãos)
- Sistemas schiller para limpeza de aves
- Industria de bebidas(envasamento de líquidos, aeração de vinhos e outros líquidos, lavagem de garrafas, secagem de garrafas)
- Limpeza(aspiração industrial para cavacos e resíduos sólidos em geral)
- Tratamento de efluentes(líquidos em geral, industriais, têxteis, esgoto etc.)
- Tratamento de superfícies
- Industria química (anodização, banhos químicos e tanques para galvanoplastia)
- Industria plástica (alimentadores, injetoras de plástico, extrusoras de plástico, transporte de granulados)
- Industria de embalagem
- Engenharia Ambiental (tratamento de efluentes industriais e de esgoto)
- Transporte pneumático por pressão

4. METODOLOGIA

4.1. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

A identificação do problema se deu por meio da análise dos custos para operação da fábrica, observando-se que a maior parte dos custos estavam concentrados em energia elétrica. Sendo assim iniciou-se a investigação para entender quais os setores oneravam de forma mais significativa e, a partir desse ponto, levantar uma possível solução para o problema.

A busca por alternativas que levassem a solução do problema fez com que fosse investigado de forma mais efetiva quais os equipamentos responsáveis pela maior concentração de consumo de energia e então chegar a solução detalhada mais adiante neste trabalho.

4.2. IDENTIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO E BENEFÍCIOS

A partir de pesquisas realizadas em busca de alternativas que pudessem reduzir o montante gasto com energia elétrica na fábrica, a alternativa que se mostrou mais interessante foi considerar a substituição de ar comprimido por sopradores de ar. Os pontos de secagem dos frascos no final das linhas de envase não necessitam ar comprimido, podendo fazer a substituição sem nenhuma perda de eficiência e trazendo grande economia em termos de consumo de energia e conseqüentemente em termos financeiros para a fábrica. Outras possíveis intervenções foram analisadas, porém afetariam características das máquinas podendo refletir em uma queda de qualidade na produção.

4.3. LEVANTAMENTO DE CUSTOS PARA SOLUÇÃO

Para fazer o levantamento de custos para a solução, identificou-se um possível fornecedor para a solução que já fornece produtos para a fábrica e levantou-se os dados de consumo de energia em cada ponto para analisar-se de forma sólida o impacto gerado pela solução.

4.4. ANÁLISE ECONÔMICA

Segundo Matos (2002), a análise de viabilidade econômica para projetos é resultado da compreensão de indicadores de viabilidade, sendo que entre esses indicadores são inclusos PayBack (PRI – Período de Recuperação do Investimento) e VPL (Valor presente líquido).

4.4.1. PRI OU PAYBACK

O PRI ou PayBack, é um indicador que nos permite avaliar investimentos por meio da mensuração do tempo necessário para que um investimento inicial realizado por uma empresa possa ser recuperado. (RHEINHEIMER, 2012).

O cálculo do payback pode ser realizado segundo a seguinte equação:

$$PRI = \frac{Inv}{Ret} \quad (2)$$

Onde,

PRI – Período de Recuperação do Investimento (payback)

Inv. – Investimento Inicial

Ret. – retorno obtido a cada período

4.4.2. VPL

O VPL (Valor Presente Líquido) é a soma dos valores presentes das entradas de caixa menos a soma dos valores presentes das saídas de caixa PUCCINI (2011), esse indicador nos permite levar em consideração os valores esperados em um fluxo de caixa para a data zero deste fluxo, para tal, é utilizada a taxa TMA que segundo Silva (2009) é a taxa a partir do qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros, a ser definida para aplicação em questão. Pode ser considerado também um critério mais rigoroso e menos propenso a falhas Quintella (2010).

Pode-se então fazer o cálculo do VPL segundo a seguinte equação:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{1+TMA^t} \quad (3)$$

Onde,

VPL – Valor Presente Líquido

Ft – Fluxo de caixa no período t

n – anos de análise

t – Ano de análise

TMA – Taxa mínima de atratividade

5. RESULTADOS

5.1. IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

No primeiro semestre do ano de 2019 um dos autores deste trabalho iniciou seu estágio na fábrica da Danone em Poços de Caldas, sendo assim, acessou-se a estratificação dos gastos presentes da fábrica. Com esses dados em mãos pode-se observar a presença significativa dos gastos de energia elétrica, que compreendiam ao maior custo operacional da fábrica, e assim iniciou-se a investigação para encontrar os pontos de maior consumo de energia.

Por meio da análise de dados de consumo da fábrica, identificou-se que o maior consumo de energia era proveniente do uso de compressores de ar. Dando continuidade à investigação do problema verificou-se que as linhas de envase era os maiores clientes do uso de ar comprimido utilizado na fábrica.

Identificado o problema e o setor onde deveria ser feita a intervenção, designou-se aos autores deste trabalho que buscassem uma possível solução para redução de consumo de energia na fábrica, com foco no uso de ar comprimido, considerando que de acordo com Aquino (2016) estudos realizados pelo C.A.G.I mostraram que 76% dos gastos com compressores são provenientes do uso de energia elétrica.

5.2. PROCESSO DE ENVASE

O envase é a etapa final do processo produtivo que consiste em inserir o produto na embalagem. O envase correto é de extrema importância para garantir a qualidade do produto.

A Danone possui máquinas envasadoras automáticas com acionamento pneumático, que requer um alto volume de ar comprimido. É necessário ar comprimido em vários pontos das máquinas para acionamento de válvulas, empilhadeiras, encaixotadoras, limpeza, expulsador e secador de frascos, o que cria uma grande dependência dos compressores de ar na fábrica.

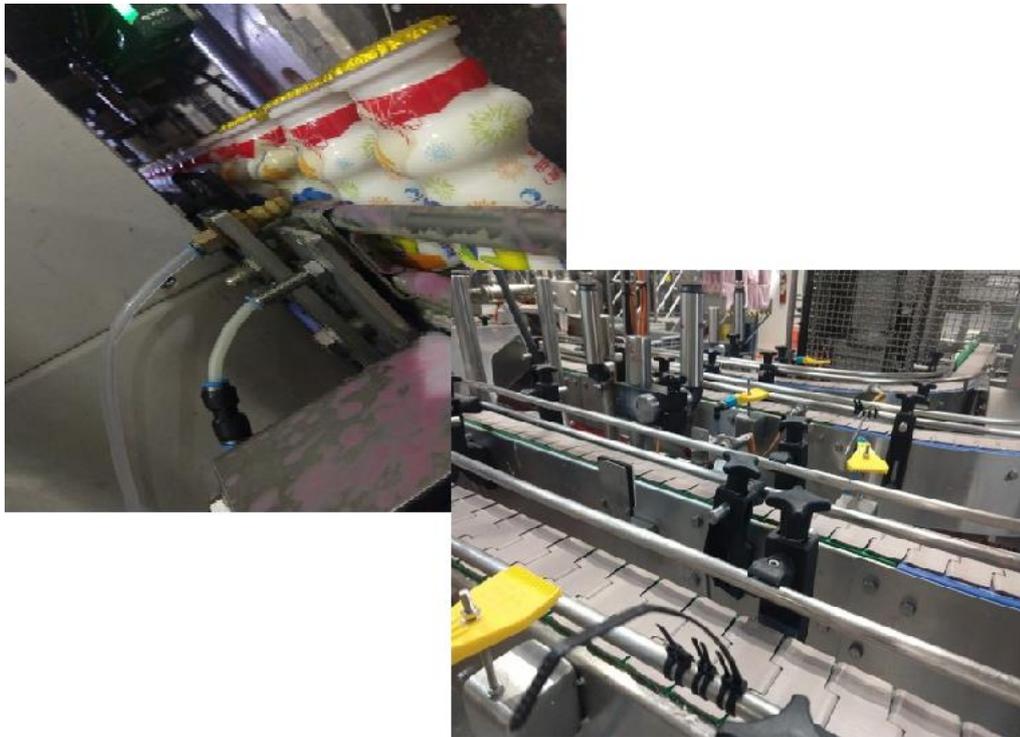
O enchimento dos frascos é feito por pistões dosadores de aço inoxidável e a cadência das máquinas varia de acordo com as características de cada produto, quantidade de bicos e tamanho dos recipientes.

5.3. IDENTIFICAÇÃO DA SOLUÇÃO

Por meio da pesquisa de alternativas que melhor se adequassem a utilização nos pontos de secagem dos frascos, chegou-se aos sopradores de ar. Os sopradores de ar são uma solução

rápida, fácil e eficiente para reduzir o consumo de energia da fábrica, tendo em vista que são pontos onde a demanda por pressão do ar é menor.

Figura 7 - Foto das máquinas que terão seus pontos substituídos por sopradores



Fonte: Arquivo pessoal dos autores

5.4. BENEFÍCIOS TRAZIDOS PELA SOLUÇÃO

A substituição dos compressores de ar por sopradores nos pontos de secagem da área de envase da Danone são uma grande oportunidade de impactar de forma positiva na operação da fábrica. Com a redução da demanda por ar comprimido nos pontos de secagem por meio da instalação dos compressores, será possível reduzir o consumo de energia elétrica da planta de forma significativa. Além dos sopradores serem alternativas de baixo consumo em relação aos compressores, será possível que se desenvolva uma lógica de funcionamento para os sopradores para que seu uso seja da forma mais otimizada possível, tornando os processos de secagem na fábrica da Danone mais econômicos, limpos e com menor desperdício de recursos.

5.5. LEVANTAMENTO DE CUSTOS PARA O PROBLEMA

Através de relatórios de consumo dos pontos de secagem dos fracos obtidos na fábrica considerando o custo do KW de energia elétrica em R\$0,27 e com auxílio de dados sobre altitude encontrados a partir do site topographic e das calculadoras online Fargon e TLV para se fazer as conversões necessárias chegamos aos seguintes dados de custo e consumo para operação nos pontos onde há oportunidade de otimização do uso de ar comprimido na fábrica:

5.6. ENCONTRANDO OS RESULTADOS

Altitude: 1240m

Umidade Relativa Média: 79%

Temperatura do ar = 35°C;

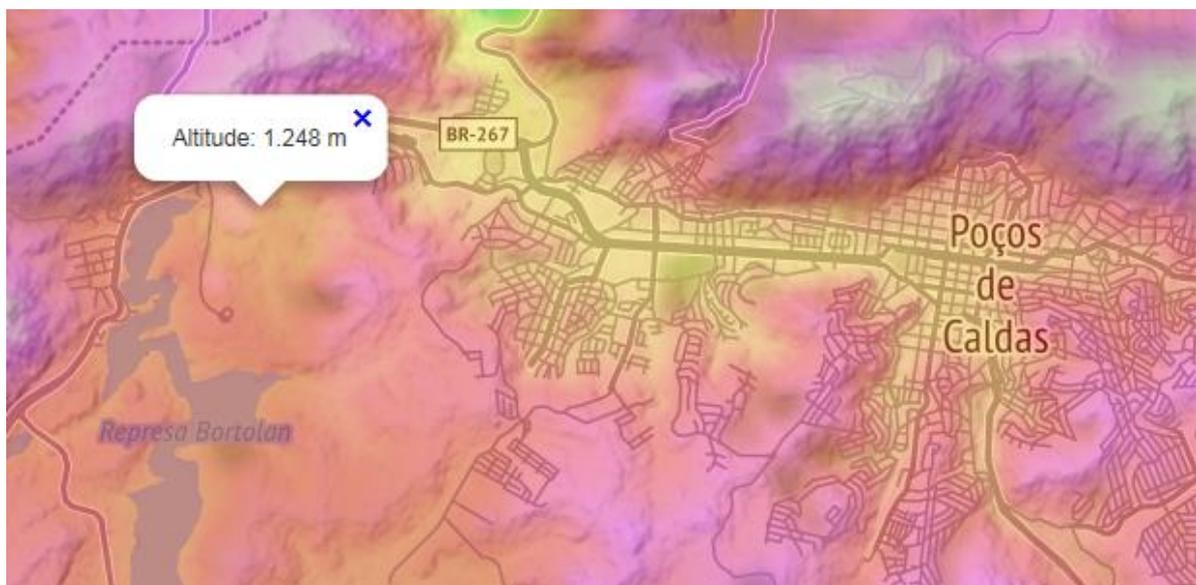
Pressão Primária = 6 bar;

Pressão Secundária;

Diâmetro;

Tempo operacional de cada máquina.

Figura 8 – Topografia da região de Poços de Caldas



Fonte: <https://pt-br.topographic-map.com/>

Nos pontos onde os bicos são do tipo Windjet, o diâmetro se reduz a 1/4", ou seja, 6,35mm.

Figura 9 - Bicos Windjet



Fonte: <https://www.spray.com.br/bicos-de-pulverizacao/bicos-de-pulverizacao-de-ar-comprimido.aspx>

Figura 10 – Descrição dos Bicos

Model	Connection	Connection Size (in.)	Materials	Max. Operating Temperature
AA727	M or F	1/4	ABS plastic	At 100 psi (7 bar) 170°F (77°C)

Fonte: https://www.spray.com/literature_pdfs/C20F_WindJet_Air_Products.pdf

A partir dos dados anteriores, calculou-se a vazão em Nm³/h de cada ponto a partir da calculadora online do TLV (2), que faz o seguinte cálculo:

Figura 11 - Equações utilizadas pela calculadora para resultar na vazão em Nm³/h

Equações

$$\frac{(p_1 - p_2)}{p_1} < F_\gamma \cdot x_T \rightarrow$$

$$Q_a = \frac{1}{60} \cdot 4.17 \cdot C \cdot \left(\frac{d_o}{4.654}\right)^2 \cdot p_1 \cdot \left(1 - \frac{p_1 - p_2}{3F_\gamma \cdot x_T}\right) \cdot \sqrt{\frac{p_1 - p_2}{T_a + 273.15}}$$

$$\frac{(p_1 - p_2)}{p_1} \geq F_\gamma \cdot x_T \rightarrow$$

$$Q_a = \frac{1}{60} \cdot 0.667 \cdot 4.17 \cdot C \cdot \left(\frac{d_o}{4.654}\right)^2 \cdot p_1 \cdot \sqrt{\frac{F_\gamma \cdot x_T}{T_a + 273.15}}$$

Ta : Temperatura do ar (°C)
 p1 : Pressão primária (kPa abs)
 p2 : Prssão secundária (kPa abs)
 do : Diâmetro do orifício (mm)
 C : Coeficiente de descarga
 Qa : Vazão do ar (Normal) (Nm³/min)
 F_γ : Fator de relação do calor específico
 xT : Fator de relação da pressão diferencial (=0.72)

Fonte: <https://www.tlv.com/global/BR/calculator/.html>

Para transformar a vazão de Nm³/h para m³ por hora utilizou-se a calculadora online da Fargon (3).

Tabela 1 - Tempo Operacional das Máquinas

Máquina	Tempo operacional (min)	Tempo Operacional (Horas)
Brasholanda	16.099	268,32
Bisignano	13.347	274,85
Sidel	35.618	633,4
Ermi	31.647	527,45
Serac 1	21.074	351,23
Serac 2	3.104	51,73
Hamba	15.390	256,5

Fonte: Relatório de Eficiência da Web Industrial referente ao mês de março de 2019.

5.6.1. CUSTO POR MÁQUINA COM COMPRESSORES

5.6.1.1. Brasholanda

Figura 12 - Cálculo para Vazão do Ar na Máquina Brasholanda

Dados de entrada		Unidades	SI(bar) ▼
Temperatura do ar	35	°C	▼
Pressão primária	6	barG	▼
Prssão secundária	5.7	barG	▼
Diâmetro do orifício	6.35	mm	▼
Vazão do ar (Normal)		44.013	Nm³/h ▼
Resultado			

Fonte: Calculadora TLV online. Disponível em:

<<https://www.tlv.com/global/BR/calculator/condensate-rate-compressed-air.html>>

Figura 13 - Conversão para m³/h (Brasholanda)

CONVERSÃO DE (Nm³/h) PARA (m³/h)	
DADOS ENVIADOS	
Altitude no local de instalação	1240 Metros
Temperatura de entrada do ar	35 °C
Umidade Relativa	79 %
Normal Metro Cúbico por Hora	44 Nm³/h
RESULTADO	
Metro Cúbico por Hora	61 m³/h

Fonte: Calculadora Fargon. Disponível em:

<http://www.fargon.com.br/conversao_mh.htm>

Tabela 2 - Tabela de Custos e Consumo para Brasholanda com Compressores

Brasholanda	
Nº de pontos	1
Diâmetro	6,35mm (Bico windjet)
Vazão	61m³/h
Consumo de Energia:	5,307KWh
Tempo de operação (Horas)	268,32
Consumo Total no mês (KW)	1423,97
Custo com energia elétrica por ponto no mês (R\$)	384,47
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	384,47 Brasholanda

Fonte: Autores

5.6.1.2. Bisignano

Figura 14 - Cálculo para Vazão do Ar na Máquina Bisignano

Dados de entrada	Unidades SI(bar) ▼	
Temperatura do ar	35	°C ▼
Pressão primária	6	barG ▼
Prssão secundária	1.6	barG ▼
Diâmetro do orifício	6.35	mm ▼
Vazão do ar (Normal)	122.015	Nm³/h ▼
Resultado		

Fonte: Calculadora TLV online. Disponível em:

<<https://www.tlv.com/global/BR/calculator/condensate-rate-compressed-air.html>>

Figura 15 - Conversão para m³/h (Bisignano)

CONVERSÃO DE (Nm ³ /h) PARA (m ³ /h)	
DADOS ENVIADOS	
Altitude no local de instalação	1240 Metros
Temperatura de entrada do ar	35 °C
Umidade Relativa	79 %
Normal Metro Cúbico por Hora	122 Nm³/h
RESULTADO	
Metro Cúbico por Hora	171 m³/h

Fonte: Calculadora Fargon. Disponível em:

<http://www.fargon.com.br/conversao_mh.htm>

Tabela 3 - Tabela de Custos e Consumo para Bisignano com Compressores

Bisignano	
Nº de pontos	4
Diâmetro	6,35mm (Bico windjet)
Vazão	171m ³ /h
Consumo de Energia:	14,877KWh
Tempo de operação (Horas)	274,85
Consumo Total no mês (KW)	4088,94
Custo com energia elétrica por ponto no mês (R\$)	1104,01
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	4416,06 Bisignano

Fonte: Arquivo pessoal dos Autores

5.6.1.3. Sidel

Figura 16 - Cálculo para Vazão do Ar na Máquina Sidel

Dados de entrada		Unidades
Temperatura do ar	35	°C
Pressão primária	6	barG
Prssão secundária	4.8	barG
Diâmetro do orifício	6.35	mm
Vazão do ar (Normal)		82.6906 Nm³/h
Resultado		

Fonte: Calculadora TLV online. Disponível em:

<<https://www.tlv.com/global/BR/calculator/condensate-rate-compressed-air.html>>

Figura 17 - Conversão para m³/h (Sidel)

CONVERSÃO DE (Nm³/h) PARA (m³/h)	
DADOS ENVIADOS	
Altitude no local de instalação	1240 Metros
Temperatura de entrada do ar	35 °C
Umidade Relativa	79 %
Normal Metro Cúbico por Hora	82,7 Nm³/h
RESULTADO	
Metro Cúbico por Hora	116 m³/h

Fonte: Calculadora Fargon. Disponível em: <http://www.fargon.com.br/conversao_mh.htm>

Tabela 4 - Tabela de Custos e Consumo para Sidel com Compressores

Sidel	
Nº de pontos	1
Diâmetro	6,35mm (Bico windjet)
Vazão	116m³/h
Consumo de Energia:	10,092KWh
Tempo de operação (Horas)	633,4
Consumo Total no mês (KW)	6392,27
Custo com energia elétrica por ponto no mês (R\$)	1725,91
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	1725,91

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

5.6.1.4. Ermi

Figura 18 - Cálculo para Vazão do Ar na Máquina Ermi

Dados de entrada		Unidades
Temperatura do ar	<input type="text" value="35"/>	°C
Pressão primária	<input type="text" value="6"/>	barG
Prssão secundária	<input type="text" value="1.5"/>	barG
Diâmetro do orifício	<input type="text" value="6"/>	mm
Vazão do ar (Normal)		109.141
Resultado		Nm³/h

Fonte: Calculadora TLV online. Disponível em:

<<https://www.tlv.com/global/BR/calculator/condensate-rate-compressed-air.html>>

Figura 19 - Conversão para m³/h (Ermi)

CONVERSÃO DE (Nm ³ /h) PARA (m ³ /h)	
DADOS ENVIADOS	
Altitude no local de instalação	1240 Metros
Temperatura de entrada do ar	35 °C
Umidade Relativa	79 %
Normal Metro Cúbico por Hora	109,1 Nm ³ /h
RESULTADO	
Metro Cúbico por Hora	153 m ³ /h

Fonte: Calculadora Fargon. Disponível em: <http://www.fargon.com.br/conversao_mh.htm>

Tabela 5 - Tabela de Custos e Consumo para Ermi com Compressores

Ermi	
Nº de pontos	4
Diâmetro	6mm
Vazão	153m ³ /h
Consumo de Energia:	13,311KWh
Tempo de operação (Horas)	527,45
Consumo Total no mês (KW)	7020,89KW
Custo com energia elétrica por ponto no mês (R\$)	1895,64
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	7582,56

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

5.6.1.5. Serac 1

Nesse caso, temos 2 pontos atuando em lugares distintos, logo a identificação dos seus custos foi realizada separadamente:

- **Ponto 1:**

Figura 20 - Calculo para Vazão do Ar na Máquina Serac 1 - Ponto 1

Dados de entrada		Unidades SI(bar)	
Temperatura do ar	35	°C	▼
Pressão primária	6	barG	▼
Prssão secundária	1.8	barG	▼
Diâmetro do orifício	8	mm	▼

Resultado		
Vazão do ar (Normal)	192.731	Nm³/h ▼

Fonte: Calculadora TLV online. Disponível em:

<<https://www.tlv.com/global/BR/calculator/condensate-rate-compressed-air.html>>

Figura 21 - Conversão para m³/h (Serac 1 - Ponto 1)

CONVERSÃO DE (Nm³/h) PARA (m³/h)	
DADOS ENVIADOS	
Altitude no local de instalação	1240 Metros
Temperatura de entrada do ar	35 °C
Umidade Relativa	79 %
Normal Metro Cúbico por Hora	192,7 Nm³/h
RESULTADO	
Metro Cúbico por Hora	270 m³/h

Fonte: Calculadora Fargon. Disponível em: <http://www.fargon.com.br/conversao_mh.htm>

Tabela 6 - Tabela de Custos e Consumo para Serac 1 - Ponto 1 com Compressores

Serac 1 – Ponto 1	
Nº de pontos	1
Diâmetro	8mm
Vazão	270m³/h
Consumo de Energia:	23,49KWh
Tempo de operação (Horas)	351,23
Consumo Total no mês (KW)	8.250,39KW
Custo com energia elétrica por ponto no mês (R\$)	2.227,61
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	2.227,61

Fonte: Autores

- **Ponto 2:**

Figura 22 - Calculo para Vazão do Ar na Máquina Serac 1 - Ponto 2

Dados de entrada		Unidades
Temperatura do ar	35	°C
Pressão primária	6	barG
Prssão secundária	0.6	barG
Diâmetro do orifício	8	mm
Vazão do ar (Normal)		195.026
Resultado		Nm³/h

Fonte: Calculadora TLV online. Disponível em:

[<https://www.tlv.com/global/BR/calculator/condensate-rate-compressed-air.html>](https://www.tlv.com/global/BR/calculator/condensate-rate-compressed-air.html)

Figura 23 - Conversão para m³/h (Serac1 - Ponto 2)

CONVERSÃO DE (Nm ³ /h) PARA (m ³ /h)	
DADOS ENVIADOS	
Altitude no local de instalação	1240 Metros
Temperatura de entrada do ar	35 °C
Umidade Relativa	79 %
Normal Metro Cúbico por Hora	195 Nm³/h
RESULTADO	
Metro Cúbico por Hora	273 m³/h

Fonte: Calculadora Fargon. Disponível em: <http://www.fargon.com.br/conversao_mh.htm>

Tabela 7 - Tabela de Custos e Consumo para Serac 1 - Ponto 2 com compressores

Serac 1 – Ponto 2	
Nº de pontos	1
Diâmetro	8mm
Vazão	273m ³ /h
Consumo de Energia:	23,751KWh
Tempo de operação (Horas)	351,23
Consumo Total no mês (KW)	8.342,06KW
Custo com energia elétrica por ponto no mês (R\$)	2.252,36
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	2.252,36

Fonte: Arquivo pessoal dos Autores

5.6.1.6. Serac 2

Figura 24 - Calculo para Vazão do Ar na Máquina Serac 2

Dados de entrada		Unidades SI(bar) ▼	
Temperatura do ar	35	°C	▼
Pressão primária	6	barG	▼
Prssão secundária	0.6	barG	▼
Diâmetro do orifício	6	mm	▼
Vazão do ar (Normal)		109.702	Nm³/h ▼
Resultado			

Fonte: Calculadora TLV online. Disponível em:

<<https://www.tlv.com/global/BR/calculator/condensate-rate-compressed-air.html>>

Figura 25 - Conversão para m³/h (Serac 2)

CONVERSÃO DE (Nm³/h) PARA (m³/h)	
DADOS ENVIADOS	
Altitude no local de instalação	1240 Metros
Temperatura de entrada do ar	35 °C
Umidade Relativa	79 %
Normal Metro Cúbico por Hora	109,7 Nm³/h
RESULTADO	
Metro Cúbico por Hora	154 m³/h

Fonte: Calculadora Fargon. Disponível em: <http://www.fargon.com.br/conversao_mh.htm>

Tabela 8 - Tabela de Custos e Consumo para Serac 2 com compressores

Serac 2	
Nº de pontos	1
Diâmetro	6mm
Vazão	154m³/h
Consumo de Energia:	13,398KWh
Tempo de operação (Horas)	51,73
Consumo Total no mês (KW)	693,08KW
Custo com energia elétrica por ponto no mês (R\$)	187,13
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	187,13

Fonte: Autores

5.6.1.7. Hamba

Figura 26 - Calculo para Vazão do Ar na Máquina Hamba

Dados de entrada		Unidades	SI(bar) ▼
Temperatura do ar	<input type="text" value="35"/>	°C	▼
Pressão primária	<input type="text" value="6"/>	barG	▼
Prssão secundária	<input type="text" value="3.2"/>	barG	▼
Diâmetro do orifício	<input type="text" value="30"/>	mm	▼

Resultado		
Vazão do ar (Normal)	41.5983	Nm³/min ▼

Fonte: Calculadora TLV online. Disponível em:

<<https://www.tlv.com/global/BR/calculator/condensate-rate-compressed-air.html>>

Figura 27 - Conversão para m³/h (Hamba)

CONVERSÃO DE (Nm ³ /h) PARA (m ³ /h)	
DADOS ENVIADOS	
Altitude no local de instalação	1240 Metros
Temperatura de entrada do ar	35 °C
Umidade Relativa	79 %
Normal Metro Cúbico por Hora	41,59 Nm ³ /h
RESULTADO	
Metro Cúbico por Hora	58 m ³ /h

Fonte: Calculadora Fargon. Disponível em: <http://www.fargon.com.br/conversao_mh.htm>

Tabela 9 - Tabela de Custos e Consumo para Hamba com compressores

Hamba	
Nº de pontos	1
Diâmetro	30mm
Vazão	58m ³ /h
Consumo de Energia:	5,046KWh
Tempo de operação (Horas)	256,5
Consumo Total no mês (KW)	1.294,299KW
Custo com energia elétrica por ponto no mês (R\$)	349,46
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	349,46

Fonte: Autores

5.6.2. CUSTO TOTAL DE OPERAÇÃO DAS MÁQUINAS

Após coletar os dados apresentados acima para o consumo das máquinas isoladamente, podemos então calcular o custo total de operação da fábrica com essas máquinas.

Tabela 10 - Tabela de Custos Totais da Fábrica com as Máquinas

Maquina	Custo no mês (R\$)
Brasholanda	384,47
Bisignano	4416,06
Sidel	1725,91
Ermi	7582,56
Serac 1 (Ponto1 + Ponto 2)	4479,97
Serac 2	187,13
Hamba	349,46
TOTAL	19125,56

Fonte: Autores

5.7. LEVANTAMENTO DE CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO DA SOLUÇÃO

Após a definição da solução para o problema proposto, deu-se início a busca pelo fornecimento do equipamento necessário para substituição dos componentes para otimização do processo. Ao analisar possíveis fornecedores para os sopradores, observou-se que a Gardner Denver, fornecedora da Danone, possui em seu portfólio soluções que se adequam a proposta analisada. A convite dos autores, consultores da Gardner Denver visitaram a fábrica e analisaram os pontos onde haveria oportunidade de substituição de equipamento, indicando os produtos mais adequados.

Os produtos escolhidos para compor a solução foram divididos em dois tipos:

- **Solução para atender máquinas com apenas 1 ponto:** Soprador 2BH7 220, com potência de 0,94KW

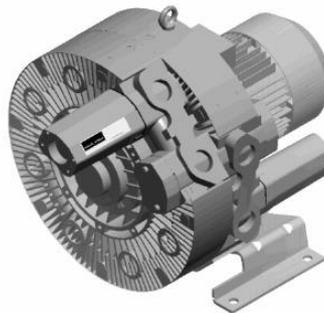
Figura 28 - Soprador 2BH7 220



Fonte: Orçamento disponibilizado pela Gardner Denver

- **Solução para atender máquinas com quatro pontos:** Soprador 2BH7 520, com potência de 4,6KW

Figura 29 - Soprador 2BH7 520



Fonte: Orçamento disponibilizado pela Gardner Denver

Para implementação das soluções teremos os custos listados na tabela a seguir:

➤ **Sopradores**

Tabela 11 - Tabela de Custos para implementação dos Sopradores

Custo com Sopradores	Quantidade	Custo (Unitário)
SOPRADOR DE CANAL LATERAL 2BH7 220 0AH26-7	4	R\$ 4.444,84
VALV.LIMIT. PRESS. 1080mbar	4	R\$ 751,00
FILTRO DE ENTRADA 2BX2 100	4	R\$ 337,40
SOPRADOR DE CANAL LATERAL 2BH7 520 0AH76-8	3	R\$ 7.090,51
VALV.LIMIT. PRESS. 1080mbar	3	R\$ 751,00
FILTRO DE EXAUSTAO 2BX2 108 – ZAF	3	R\$ 1.123,56
TOTAL		R\$ 49028,17

Fonte: Orçamento enviado pela Gardner Denver Brasil Ind. e Com. de Maq. Ltda. Na data de 25/02/2019

➤ **Tubulação e Bicos para Controle da Saída de ar**

Tabela 12 - Tabela de Custos para implementação de Tubulação e Bicos para Controle da Saída de Ar

Custo com Tubulação e Bicos para controle da Saída de ar	Quantidade	Custo (Unitário)
Facas de ar WindJet	12	R\$630,83
Mangueira – Rolo com 20 metros	1	R\$ 2.056,25
TOTAL		R\$ 9.626,25

Fonte: Orçamento enviado pela Gardner Denver Brasil Ind. e Com. de Maq. Ltda. Na data de 25/02/2019

➤ **Instalação**

Custos com instalação podem ser desconsiderados se levarmos em consideração que a substituição dos equipamentos será realizada por equipe própria da Danone em janela de manutenção.

5.8. ESTIMATIVA DE CUSTOS DE OPERAÇÃO COM A SOLUÇÃO

5.8.1. Brasholanda

Tabela 13 - Tabela de Custos e Consumo para Brasholanda com Sopradores

Brasholanda	
Nº de pontos	1
Solução	Soprador do tipo 2BH7 220
Potência (KW)	0,94
Tempo de operação (Horas)	268,32
Consumo Total no mês (KW)	252,22
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	68,09

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

5.8.2. Bisignano

Tabela 14 - Tabela de Custos e Consumo para Bisignano com Sopradores

Bisignano	
Nº de pontos	4
Solução	Soprador do tipo 2BH7 520
Potência (KW)	4,6
Tempo de operação (Horas)	274,85
Consumo Total no mês (KW)	1.264,31
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	341,36

Fonte: Arquivo pessoal dos Autores

5.8.3. Sidel

Tabela 15 - Tabela de Custos e Consumo para Sidel com Sopradores

Sidel	
Nº de pontos	4
Solução	Soprador do tipo 2BH7 520
Potência (KW)	4,6
Tempo de operação (Horas)	633,4
Consumo Total no mês (KW)	2.913,64
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	786,68

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

5.8.4. Ermi

Tabela 16 - Tabela de Custos e Consumo para Ermi com Sopradores

Ermi	
Nº de pontos	4
Solução	Soprador do tipo 2BH7 520
Potência (KW)	4,6
Tempo de operação (Horas)	527,45
Consumo Total no mês (KW)	2.426,27
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	655,09

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

5.8.5. Serac 1

Ponto 1:

Tabela 17 - Tabela de Custos e Consumo para Serac 1 - Ponto 1 com Sopradores

Serac 1 – Ponto 1	
Nº de pontos	1
Solução	Soprador do tipo 2BH7 220
Potência (KW)	0,94
Tempo de operação (Horas)	351,23
Consumo Total no mês (KW)	330,16
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	89,14

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Ponto 2:

Tabela 18 - Tabela de Custos e Consumo para Serac 1 - Ponto 2 com Sopradores

Serac 1 – Ponto 2	
Nº de pontos	1
Solução	Soprador do tipo 2BH7 220
Potência (KW)	0,94
Tempo de operação (Horas)	351,23
Consumo Total no mês (KW)	330,16
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	89,14

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

5.8.6. Serac 2

Tabela 19 - Tabela de Custos e Consumo para Serac 2 com Sopradores

Serac 2	
Nº de pontos	1
Solução	Soprador do tipo 2BH7 220
Potência (KW)	0,94
Tempo de operação (Horas)	51,73
Consumo Total no mês (KW)	48,63
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	13,13

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

5.8.7. Hamba

Tabela 20 - Tabela de Custos e Consumo para Hamba com Sopradores

Hamba	
Nº de pontos	1
Solução	Soprador do tipo 2BH7 220
Potência (KW)	0,94
Tempo de operação (Horas)	256,5
Consumo Total no mês (KW)	241,11
Custo com energia elétrica Total no mês (R\$)	65,09

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

5.9. CUSTO ESTIMADO APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DOS SOPRADORES

Tabela 21 - Tabela de Custos da Fábrica após implementação dos Sopradores

Maquina	Custo no mês (R\$)
Brasholanda	68,09
Bisignano	341,36
Sidel	786,68
Ermi	655,09
Serac 1 (Ponto 1 + Ponto 2)	178,28
Serac 2	13,13
Hamba	65,09
TOTAL	2.107,72

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

5.10. RESULTADOS DA ANÁLISE ECONÔMICA

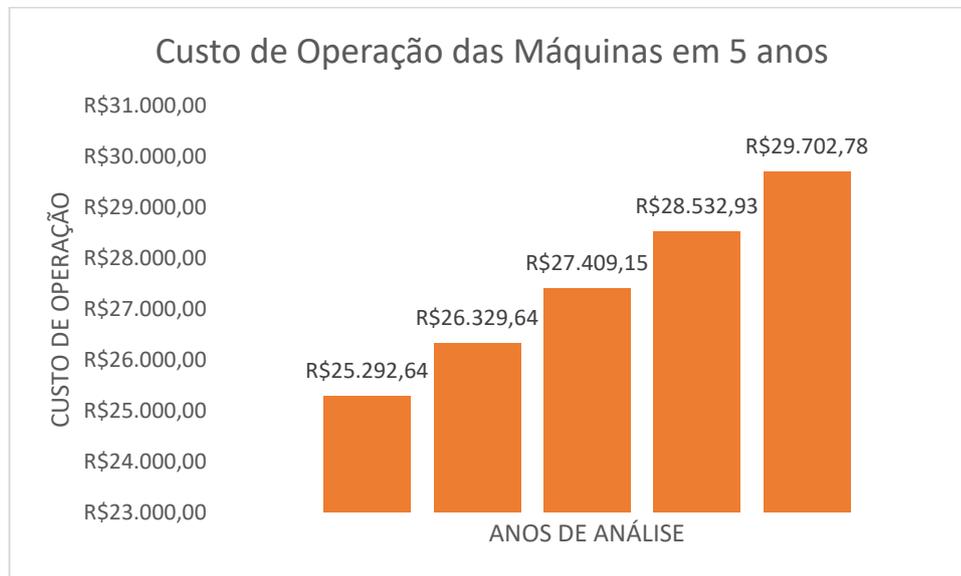
5.10.1. ANÁLISE DO VPL

Na seção 5.9, foram apresentados a estimativa dos custos de operação das máquinas após a implantação da solução proposta neste trabalho, sendo este custo mensal igual a R\$2.107,72.

A figura 30 a seguir, mostra a distribuição de custos anual com a operação das máquinas após a implementação da solução, considerando a inflação de 4,1% ao longo de cada ano. O

valor da inflação foi baseado em estimativas do Banco Central para o ano de 2019 Graner (2019).

Figura 30 - Gráfico de Distribuição Anual de gastos com operações das Máquinas



Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Considerando a economia proporcionada pela solução e que será apresentado abaixo, podemos chegar ao fluxo de caixa esperado para a análise VPL.

Tabela 22 - Economia esperada com a implantação da Solução

Máquina	Custo mensal com Soprador (R\$)	Custo mensal com Compressor (R\$)	Economia Mensal (R\$)
Brasholanda	68,09	384,47	316,38
Bisignano	341,36	4416,06	4074,7
Sidel	786,68	1725,91	939,23
Ermi	655,09	7582,56	6927,47
Serac 1 (Ponto 1 + Ponto 2)	178,28	4479,97	4301,69
Serac 2	13,13	187,13	174,00
Hamba	65,09	349,46	284,37
TOTAL	2107,72	19125,56	17017,84

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Sendo assim podemos estimar o fluxo de caixa estimado após a solução como sendo o apresentado na tabela 23 a seguir:

Tabela 23 - Fluxo de caixa anual para o ano da implantação da solução

Descrição	Custo Anual
Custo com a substituição dos compressores	- R\$ 49.028,17
Custo com tubos tubulação e Bicos	- R\$ 9.626,25
Custo de operação das máquinas com a solução implantada	- R\$ 25.292,64
Economia de Energia anual gerada pela substituição	R\$ 204.214,08
TOTAL do Fluxo de Caixa anual	R\$120.267,02

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

Considerando que o custo com a implantação da solução será incluído no fluxo apenas do primeiro ano da implantação, temos os seguintes custos para análise de um período de 3 anos. Considerando a TMA (Taxa Mínima de Atratividade) como de rendimento de Fundo de Renda Fixa CDI sendo a alternativa de aplicação do valor investido na solução, com o valor do Fundo de Renda Fixa CDI segundo a Valor Data (2019)

Tabela 24 - Tabela com fluxo de caixa para os 3 anos e VPL calculado

Ano	Fluxo de Caixa
1	R\$120.267,02
2	R\$177.884,44
3	R\$176.804,93
TMA	6,34%
VPL	443.625,25

Fonte: Arquivo pessoal dos autores

O resultado da análise VPL da solução mostra um resultado significativamente positivo, sendo assim, nos permite concluir que a solução pode ser considerada viável e merece ser estudada com mais atenção.

5.10.2. RESULTADO DE PAYBACK DA IMPLANTAÇÃO DA SOLUÇÃO

Considerando que temos um investimento inicial de R\$58.654,42 e estimando que o custo médio para operação das máquinas próximo ao custo do mês analisado, podemos calcular o payback da solução em questão. Resultando em um período de aproximadamente 3 meses e 13 dias.

6. CONCLUSÃO

Após toda a investigação acerca do consumo de energia foi possível então identificar que um dos pontos mais significantes em termos de consumo de energia elétrica da fábrica eram provenientes dos compressores de ar utilizados na área de envase da fábrica da Danone. Sendo assim pela análise da demanda de ar nos pontos onde eram aplicados o ar comprimido gerado, chegou-se à conclusão que a demanda de ar existente não é grande o suficiente a ponto de exigir que se faça o uso de compressores, que são equipamentos que podem fornecer grandes pressões de ar, porém com um custo energético elevado.

Observados esses pontos, foi proposta a solução da substituição do uso de ar comprimido gerado pelos compressores na área de envase pelo uso de sopradores de ar nesses mesmos pontos, onde seria possível gerar uma grande economia em termos energéticos, não havendo perda de qualidade na sua aplicação já que o uso de compressores de ar atendem de forma suficiente a demanda existe nos pontos em questão localizados na área de envase.

Sendo assim, por meio das análises de viabilidade econômica presentes neste trabalho, foi possível perceber que a solução proposta para o problema se provou extremamente viável como apresentado na seção 5.10, apresentando um VPL significativamente positivo e um payback estimado de 3 meses e 13 dias, se tornando então uma ótima oportunidade de investimento para otimização no processo de secagem para a área de envase da empresa.

7. REFERÊNCIAS

AEROMACK. **Aplicações para sopradores e sopradores industriais**. Disponível em: <<http://aeromack.com.br/artigos/aplicacoes-para-sopradores-e-sopradores-industriais.php>>.

Acesso em: maio 2019.

AQUINO, Saulo. **Problemas no sistema de ar comprimido: uma grande oportunidade de redução de consumo de energia e economia**. São Bernardo do Campo, SP, maio 2016.

Disponível em: < <https://cba-automacao.com.br/problemas-no-sistema-de-ar-comprimido-uma-grande-oportunidade-de-reducao-de-consumo-de-energia-e-economia/>>

ATLAS COPCO. **Compressor**. Disponível em:

[https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/compressor-technique/oil-free-air/documents/zr-zt-300-750-&-zrzt-75-90-vsd-\(ff\)/ZR%20300-750%20&%20ZRZT%20400-900%20VSD_PTBR.pdf](https://www.atlascopco.com/content/dam/atlas-copco/compressor-technique/oil-free-air/documents/zr-zt-300-750-&-zrzt-75-90-vsd-(ff)/ZR%20300-750%20&%20ZRZT%20400-900%20VSD_PTBR.pdf). Acesso em: maio 2019

CAMARGO, Renata. **Estudo de Viabilidade Econômica e Financeira de projetos: como a Análise de Viabilidade Econômica e Financeira contribui para manter as surpresas longe de seu negócio**.

Disponível em: < <https://www.treasy.com.br/blog/estudo-de-viabilidade-economica-e-financeira-de-projetos/>>. Acesso em: maio 2019.

FIRJAN. **Energia Elétrica custo e qualidade para a competitividade da indústria nacional**.

Disponível em: <<https://www.firjan.com.br/firjan/empresas/competitividade-empresarial/temas-em-destaque/energiaeletrica/custo/default-7.htm>>. Acesso em junho 2019

GRANER, Fabio. **BC vê inflação de 4,1% em 2019 e de 4% em 2020**. Brasília, DF, março 2019.

Disponível em: <<https://www.valor.com.br/brasil/6186129/bc-ve-inflacao-de-41-em-2019-e-de-4-em-2020>>

IFSC - Instituto Federal Santa Catarina, **Aula de Introdução a Pneumática**. Florianópolis - SC, Disponível em: <https://slideplayer.com.br/slide/10277946/>

International Organization for Standardization. **ISO50001 – Energy management**. Disponível em: <<https://www.iso.org/iso-50001-energy-management.html>>. Acesso em: maio 2019.

MATOS, C. M. Viabilidade e análise de risco de projetos de irrigação: estudo de caso do Projeto Jequitai (MG). Viçosa, MG: UFV, 2002. 142 f. Tese (Mestrado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, 2002

MONTEIRO, M.A.G.; ROCHA, C.A. **Eficiência energética em sistemas de ar comprimido**. Rio de Janeiro: Eletrobrás; Procel, 2005. 208 p. (Manual Prático).

OLESKO, Harding. **UMA PROPOSTA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMAS DE AR COMPRIMIDO INDUSTRIAIS**. Curitiba – UTFPR, 2013.

PAR MAIS | INVESTIMENTOS FINANCEIROS. **Como fazer análise de viabilidade econômica e financeira**. São Paulo, SP. Disponível em: <https://www.parmais.com.br/blog/como-fazer-analise-de-viabilidade-economica-e-financeira/>. Acesso em: maio 2019.

PUCCINI, E. C. **Matemática Financeira e Análise de Investimentos**. Santa Catarina, RS: [s.n.], 2011. p. 165. Disponível em: http://www.ead.uepb.edu.br/arquivos/Livros_UEPB_053_2012/14-matem%20etica%20financeira%20e%20an%20alise%20de%20investimentos/livro%20matem%20etica%20financeira%20e%20an%20alise%20de%20investimentos.pdf. Acesso em: maio 2019.

QUINTELLA, M. V. **Análise Viabilidade de Projetos**. 1 ed. Rio de Janeiro - RJ: FGV Management – Cursos de Educação Continuada, 2010. p.31 Disponível em: http://marcusquintella.sigonline.com.br/openged/conteudos/687/000687_57be425c93722_Analise_de_Projetos_Apostila_Texto.pdf. Acesso em: maio 2019.

RHEINHEIMER, C.; OLIVEIRA, A. A. **Administração Financeira**. Maringá, PR: [s.n.], 2012. 175p. Disponível em: <http://www.ead.cesumar.br/moodle2009/lib/ead/arquivosApostilas/1057.pdf> >. Acesso em: jul. 2017.

SANTOS, A.H.M. et al. **Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações**. 3. ed. Itajubá: FUPAI, 2006. 596 p.

SILVA, C. H. **Análise de Investimentos**. Campinas, SP: [s.n.], 2009. 15p. Disponível em: http://vigo.ime.unicamp.br/Projeto/2009-2/MS777/ms777_clesio.pdf >. Acesso em: maio 2019.

VALOR. **Evolução das aplicações financeiras**. Disponível em: <https://www.valor.com.br/valor-data/tabela/5810/evolucao-das-aplicacoes-financeiras>>. Acesso em: maio 2019.