

CENTRO UNIVERSITARIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

MATHEUS CARA GARCIA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA NA IMPLANTAÇÃO DE
QUEIMADORES DE CAVACO NO PROCESSO DE SECAGEM DE GRÃOS**

**CASCABEL
2018**

CENTRO UNIVERSITARIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

MATHEUS CARA GARCIA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA NA IMPLANTAÇÃO DE
QUEIMADORES DE CAVACO NO PROCESSO DE SECAGEM DE GRÃOS**

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador: Eliseu Avelino Zanella Junior

**CASCABEL
2018**

CENTRO UNIVERSITARIO FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ

MATHEUS CARA GARCIA

**ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA NA IMPLANTAÇÃO DE
QUEIMADORES DE CAVACO NO PROCESSO DE SECAGEM DE GRÃOS**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor: Eliseu Avelino Zanella Junior.

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof.
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Orientador Prof.
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Orientador Prof.
Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a Deus que me guiou com sua mão poderosa até a finalização desse projeto, aos meus pais Luiz e Sandra que fizeram o possível e o impossível para que eu chegasse até este momento, a minha namorada Isabela que foi paciente e esteve ao meu lado ao longo desta jornada e ao Mestre Eliseu Zanella, que não mediu esforços para a orientação deste trabalho, sempre com empenho e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A Deus pai, que esteve sempre ao meu lado servindo de refúgio nas horas mais difíceis.

A minha família, pelo amor, carinho, compreensão, pela dedicação e, especialmente, por estar ao meu lado, dando-me forças para concluir este trabalho.

À empresa Copacol pela oportunidade de desenvolver um estudo em suas dependências e a Imtab Industrial pelo fornecimento das informações necessárias para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor orientador Eliseu Zanella, especialmente, pela cooperação e pelo tempo dedicado para as orientações e pelos ensinamentos repassados durante a graduação.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de viabilidade econômica na implantação de queimadores de cavaco para o processo de secagem de grãos a fim de suprir a demanda de secagem de uma agroindústria localizada no município de Goioerê, Paraná. O alto consumo de lenha e a grande necessidade de mão de obra para a operação das fornalhas convencionais fizeram por se considerar a instalação de queimadores de biomassa visando à diminuição de custos para a empresa. Portanto, o presente trabalho objetivou avaliar a viabilidade econômica do investimento diante dos valores que devem ser investidos para sua implementação. A coleta de dados foi realizada com base em materiais já elaborados e fontes secundárias de informações, sendo arranjados de modo a possibilitar a elaboração da análise de viabilidade do investimento.

Palavras-chave: Secagem, Biomassa, Fornalhas, Viabilidade Econômica.

ABSTRACT

This work presents an economic feasibility study in the chip burners implantation for the drying process of grains in order to supply the drying demand of an agroindustry located in the municipality of Goioerê, Paraná. The high consumption of firewood and the great need of manpower for the conventional furnaces operation took into account the installation of biomass burners in order to reduce costs for the company. Therefore, the present study aimed to evaluate the investment economic viability in relation to the values that should be invested in his implementation. The data collection was based on already elaborated materials and secondary sources of information, being arranged in order to allow the elaboration of the feasibility analysis of the investment.

Keywords: Drying, Biomass, Furnaces, Economic Viability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Demonstração do processo de secagem.....	23
Figura 2: Secador de Fluxo Misto	24
Figura 3: Representação do triangulo do fogo	28
Figura 4: Corte lateral de uma fornalha	30
Figura 5: Fornalha de fogo direto.....	36
Figura 6: Secadores ADS 125-R	36
Figura 7: Medidor de umidade Marrari.....	38
Figura 8: Queimador IFS-50	40
Figura 9: Unidade de recebimento de grãos.....	42
Figura 10: Depósito de cavaco	43
Figura 11: Moega de cavaco	43
Figura 12: Adequação na fornalha de alvenaria.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade de produtos secados na unidade	35
Tabela 2: Umidade específica do cavaco recebido na unidade	39
Tabela 3: PCI de alguns combustíveis	39
Tabela 4: Dados dos queimadores de cavaco	41
Tabela 5: Levantamento de custos	45
Tabela 6: Custos com alimentação das fornalhas	46
Tabela 7: Encargos sociais e trabalhistas	47
Tabela 8: Depreciação sobre o investimento	48
Tabela 9: Comparativo de secagem.....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Montagem do fluxo de caixa.....	49
Quadro 2: Resultados do VPL	50
Quadro 3: Saldo do projeto	51

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Quantidade de energia necessária para a secagem dos grãos no secador.....	25
Equação 2: Poder Calorífico Útil	27
Equação 3: Valor Presente Líquido (VPL)	31

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A – Teor de cinzas;
A_a – Atividade Aquosa;
a.a – ao ano;
BU – Bulbo Úmido;
C – Carbono;
CH₂O - calor específico da água (kcal/kg°C);
C_m - calor específico do produto a ser secado (kcal/kg°C);
°C – Graus Celcius;
F- Percentual de carbono fixo;
H- Hidrogênio;
Hi - teor de umidade inicial (% B.U);
hf - teor de umidade final (% B.U);
IHM – Interface Homem Máquina;
kcal – quilocaloria;
kcal/h – quilocaloria por hora;
kcal/kg – quilocaloria por quilograma;
kg - quilograma
kJ/kg – quilojoule por quilograma;
MS – Microsoft®
m³ - metro cúbico;
N – Nitrogênio;
O – Oxigênio;
P - perdas térmicas (%);
PCI – Poder Calorífico Inferior;
PCS – Poder Calorífico Superior;
PCU – Poder Calorífico Útil;
Q - Quantidade de calor necessário á secagem (kcal);
r - calor latente da água à temperatura de secagem (kcal/kg);
R\$ - Reais;
S – Enxofre;
st – metros estéreo;

sc – saca;

ta - temperatura inicial do produto (°C);

te - temperatura do exercício de secagem (°C);

TIR – Taxa Interna de Retorno;

TMA – Taxa Mínima de Atratividade;

t/h – tonelada por hora;

UR – Umidade relativa;

URac – Umidade relativa do ar circunvizinho ao grão;

URae – Umidade relativa do ar de exaustão;

URg – Umidade relativa do ar do micro-clima sobre os grãos;

U – Teor de umidade;

V – Teor de voláteis;

VPL – Valor Presente Líquido;

W - peso de entrada do produto a ser secado (kg);

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Objetivos da pesquisa	17
1.1.1 Objetivo geral	17
1.1.2 Objetivos específicos	18
1.2 JUSTIFICATIVA	18
1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	19
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	19
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	20
2.1 SECAGEM DE GRÃOS	20
2.1.1 Atividade de água e teor de umidade.....	20
2.1.2 Umidade relativa do ar	20
2.1.3 Características intergranulares dos grãos	21
2.1.3.1 Condução de calor na massa de grãos	21
2.1.3.2 Porosidade	21
2.1.3.3 Higroscopia dos grãos	21
2.1.4 Princípios gerais da secagem	22
2.1.5 Sistemas de secagem	23
2.1.5.1 Secadores de fluxo misto.....	24
2.2 BIOMASSA	25
2.2.1 Composição química elementar e imediata	26
2.2.1.1 Teor de umidade	26
2.2.1.2 Poder calorífico.....	26
2.2.1.3 Poder Calorífico Inferior (PCI).....	27
2.2.1.4 Poder Calorífico Superior (PCS)	27
2.2.1.5 Poder Calorífico Útil (PCU)	27
2.2.2 Combustão	28
2.3 FORNALHAS	28
2.4 VIABILIDADE ECONÔMICA	30
2.4.1 Fluxo de caixa.....	30
2.4.2 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)	31
2.4.3 Valor Presente Líquido (VPL).....	31
2.4.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)	32

2.4.5 Payback descontado.....	32
3 METODOLOGIA.....	33
3.1 MATERIAIS UTILIZADOS.....	33
3.2 MÉTODOS UTILIZADOS	33
4 RESULTADOS E DISCUÇÕES	35
4.1 QUANTIDADE DE GRÃOS SECADOS NA UNIDADE.....	35
4.2 CONJUNTO DE SECAGEM.....	35
4.2.1 Fornalha de fogo direto.....	35
4.2.2 Secador de grãos tipo cascata	36
4.3 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE SECAGEM	37
4.3.1 Capacidade horária de secagem exigida nos secadores.....	37
4.3.2 Calor latente da água a temperatura de secagem	37
4.4 CÁLCULO DA ENERGIA DISPONIBILIZADA NO SECADOR.....	37
4.5 ESCOLHA DOS QUEIMADORES DE CAVACO	38
4.5.1 Determinação da umidade específica do cavaco de eucalipto recebido na unidade	38
4.5.2 Poder calorífico inferior do cavaco de eucalipto	39
4.5.3 Cálculo do Poder Calorífico Útil (PCU).....	39
4.6 ESCOLHA DOS QUEIMADORES DE CAVACO	40
4.6.1 Verificação da quantidade de energia necessária no secador	41
4.7 ADEQUAÇÕES NECESSÁRIAS PARA INSTALAÇÃO DOS QUEIMADORES DE CAVACO	41
4.7.1 Construção de um depósito de cavaco.....	42
4.7.2 Instalação de uma moega dosadora de cavaco	43
4.7.3 Adequação das fornalhas de alvenaria para a instalação dos queimadores de cavaco ...	44
4.8 ELABORAÇÃO DO LAYOUT DOS EQUIPAMENTOS	44
4.9 LEVANTAMENTO DE CUSTOS PARA O INVESTIMENTO	45
4.10 COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE OS SISTEMAS DE FORNALHA.....	45
4.10.1 Despesas com lenha na alimentação das fornalhas convencionais	45
4.10.2 Despesas com cavaco de eucalipto na alimentação dos queimadores.....	46
4.10.3 Despesas com mão de obra operacional.....	47
4.10.3.1 Despesas com mão de obra para alimentação da lenha nas fornalhas convencionais	47
4.10.3.2 Despesas com mão de obra na operação dos queimadores de cavaco.....	48
4.10.4 Depreciação anual sobre o investimento	48

4.10.5 Determinação dos custos de secagem.....	48
4.11 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	49
4.11.1 Montagem do fluxo de caixa	49
4.11.2 Cálculo da Taxa Mínima de Atratividade (TMA).....	50
4.11.3 Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL)	50
4.11.4 Cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR).....	50
4.11.5 Payback descontado.....	51
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	52
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
APÊNDICE A – LAYOUT DE EQUIPAMENTOS.....	58
APÊNDICE B – MEMORIAL DESCRITIVO DE EQUIPAMENTOS	61
ANEXO A – TABELA DE PCI DA ALFA LAVAL	64
ANEXO B – TABELAS TERMODINÂMICAS.....	65
ANEXO C - FATORES MÉTRICOS DE CONVERSÃO.....	67

1 INTRODUÇÃO

A umidade dos grãos logo após a colheita é normalmente elevada, havendo a necessidade de submetê-los ao processo de secagem, que é uma das práticas mais importantes do pré-processamento de produtos agrícolas, pois tem como objetivo principal a diminuição do teor de água do produto de modo a permitir a sua armazenagem. É o processo de pós-colheita que consome maior quantidade de energia, que é um elemento caro e escasso.

Para a realização deste processo é necessário repassar calor ao ar, permitindo um aumento da temperatura e redução da umidade relativa do ar de secagem. O repasse do calor ao ar de secagem é feito através de fornalhas alimentadas com lenha, que devem ser dimensionadas para garantir a combustão completa dos combustíveis. Em geral, unidades de recebimento que apresentam grande fluxo de grãos fazem uso de fornalhas de fogo direto, estabelecendo o uso de temperaturas mais altas para obtenção de maiores fluxos de secagem.

Devido às dificuldades de operação destas fornalhas e a necessidade de redução de custos, o presente estudo foi desenvolvido em uma unidade de recebimento de grãos de uma agroindústria com o objetivo de avaliar a viabilidade econômica na implantação de queimadores de cavaco para o processo de secagem de grãos.

Para tal, foram levantados alguns aspectos operacionais da unidade a fim de possibilitar a escolha de um equipamento que atendesse sua demanda de secagem. Posteriormente, foram computados os valores requeridos para a implantação do sistema e os ganhos obtidos com o mesmo, possibilitando o cálculo de indicadores, usados para determinar a viabilidade do investimento.

1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a viabilidade econômica na implantação de queimadores de cavaco no processo de secagem de grãos.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Contabilizar a quantidade de grãos secados na unidade;
- Escolher um equipamento que atenda as condições requeridas para a demanda de secagem;
- Levantar custos para a implantação do sistema;
- Quantificar os possíveis ganhos com a instalação dos queimadores de cavaco;
- Avaliar a viabilidade econômica do investimento;

1.2 JUSTIFICATIVA

O Brasil está entre os três maiores produtores de milho do planeta com uma produção de aproximadamente 75 milhões de toneladas, perdendo em produção apenas para os Estados Unidos e China (DEAGRO, 2015). A maior parte desta quantia é beneficiada e utilizada por empresas do setor alimentício, empregando o milho na produção de ração para a engorda dos animais de corte, o que exige um padrão para a armazenagem e beneficiamento destes grãos. (GARCIA et al, 2006).

Geralmente, as empresas recebem este produto vindo do campo com teor de umidade acima do recomendado para a armazenagem, podendo haver perdas por deterioração da massa de grãos. Portanto, é necessário que os grãos sejam submetidos ao processo de secagem, onde o teor de umidade é reduzido, possibilitando o armazenamento (PIMENTEL e FONSECA, 2011).

A secagem é o processo de remoção da água contida nos grãos de tal modo que permita a armazenagem do produto por períodos mais ou menos longos (PORTELLA e EICHELBERGUER, 2001). O processo de secagem consiste em trocas de calor e massa entre o produto e massas de ar aquecido realizadas dentro de um secador de grãos. Começa com a queima de biomassa em uma fornalha para produzir calor e aquecer o ar de secagem, essa massa de ar quente sobe no corpo do secador e entra em contato com o grão, diminuindo sua umidade (KEPLER WEBER, 2015).

A lenha de eucalipto em metro é o material mais utilizado nas fornalhas para o aquecimento dos secadores de grãos, contudo a dificuldade de alimentação de lenha nas fornalhas, feita através de trabalhos manuais, em muitos casos resulta na variação de temperatura do ar de secagem, reduzindo a eficiência do processo (NASCIMENTO e BIAGGIONI, 2010). Além deste motivo, as empresas que atuam neste segmento podem optar

por implantar sistemas de queima de cavaco, substituindo as fôrnalhas à lenha convencionais, visando à redução de custos e a melhoria do processo (UNFRIED e YOSHI, 2012).

Entretanto, a decisão de investir deve ser analisada através da qualidade do investimento, que pode ser avaliada pelos indicadores econômicos, uma vez que estes darão ao investidor informações suficientes para a tomada de decisão (LIMA JUNIOR, 1998). Portanto, o presente trabalho justifica-se mediante a importância de se realizar uma análise de viabilidade econômica antes da construção ou aquisição de um certo projeto, garantindo que o mesmo traga retornos significativos para a empresa.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Qual a viabilidade econômica na implantação de queimadores de cavaco para o processo de secagem de grãos de uma agroindústria localizada na cidade de Goioerê/PR?

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O presente estudo foi praticado em uma unidade de recebimento de grãos no município de Goioerê, localizado ao noroeste do estado do Paraná e foi voltado à avaliação da viabilidade econômica na aplicação de queimadores de cavaco para o processo de secagem de grãos. Para tal, foram realizadas coletas de dados através dos históricos operacionais da empresa, sendo armazenados em planilhas no Ms Excel®. Com base nestes dados foram escolhidos os equipamentos necessários para atender a demanda de secagem da unidade. Porém, a verificação do dimensionamento dos equipamentos e dos dados disponibilizados pelo fornecedor não foram considerados, devendo ser uma tarefa para trabalhos futuros caso comprovada a viabilidade do investimento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo apresenta-se uma breve introdução sobre os assuntos favoráveis ao estudo em questão trazendo algumas definições relevantes para o entendimento do leitor sobre a metodologia utilizada.

2.1 SECAGEM DE GRÃOS

2.1.1 Atividade de água e teor de umidade

Segundo Portella e Eichelberger (2001), a água acompanha a maior parte dos processos biológicos, no geral, as reações químicas desses processos acontecem em um meio aquoso. Portanto, é necessário reduzir a atividade biológica para viabilizar a conservação dos grãos.

Silva (2005) afirma que o teor de umidade ideal para a armazenagem de grãos é estipulado em 13%, pois nesta umidade a atividade aquosa (Aa) do produto é estabilizada, inviabilizando o desenvolvimento de fungos e bactérias. A atividade aquosa (Aa) é um indicador que varia entre 0 e 1, aplicado para expressar a disponibilidade de água na camada delgada de ar junto a superfície de produtos de origem vegetal, portanto, quanto maior o índice de atividade aquosa, maior o teor de umidade do produto. Geralmente, os fungos exigem níveis de atividade aquosa entre 0,65 a 0,90 para se multiplicarem, com o teor de umidade da massa de grãos estando entre 14 a 28%.

2.1.2 Umidade relativa do ar

Portella e Eichelberger (2001) definem a umidade relativa do ar (UR) como a quantidade de água na forma de vapor contida no ar em relação à capacidade máxima que este é capaz de manter a uma determinada temperatura e pressão atmosférica.

2.1.3 Características intergranulares dos grãos

Donzelles et al. (2001), afirma que os grãos possuem três características fundamentais que influenciam no processo de secagem: são maus condutores de calor, apresentam estrutura porosa e são capazes de absorver ou perder água.

2.1.3.1 Condução de calor na massa de grãos

Sabemos que o calor se propaga de três formas distintas: condução, convecção e irradiação. Portanto, na massa de grãos este calor é propagado por condução através do contato entre os grãos, por micro convecção através do fluxo de ar intergranular e apenas uma pequena parte do calor se propaga por irradiação (BORDIGNON, 2009).

2.1.3.2 Porosidade

Silva et al. (2008), refere-se a porosidade dos grãos como uma relação entre o volume ocupado pelo ar existente na massa de grãos e o volume total ocupado por esta massa. Mata e Duarte (2002), estimam que a porosidade possa ser entendida como espaços aleatórios formados pelo agrupamento dessa massa de grãos em um volume pré-determinado, constituindo-se em uma característica física do material.

2.1.3.3 Higroscopia dos grãos

Grãos e sementes são produtos higroscópicos, conseqüentemente, conseguem repassar ou receber vapor d'água do ar ao seu redor, fazendo com que sobre sua superfície seja instituída uma camada delgada de ar que estabelece um micro-clima, cujas condições de estado são reguladas pela temperatura e teor de umidade do produto (SILVA, 2005). O equilíbrio higroscópico ocorre quando a umidade dos grãos se iguala com a umidade relativa do ar a uma mesma temperatura, portanto, se em determinado ambiente a umidade relativa do ar oscilar, os grãos cedem ou absorvem umidade, buscando sempre um ponto de equilíbrio (BORDIGNON, 2009).

2.1.4 Princípios gerais da secagem

Segundo Silva et. al (2008), a secagem é o estágio do pré-processamento de grãos que tem por finalidade a retirada parcial da água neles contida. Por definição, a secagem é um regime simultâneo de transferência de calor e massa (umidade) entre o produto a ser secado e o ar de secagem.

Nas palavras de Portella e Eichelberger (2001), o que define se uma determinada massa de grãos irá perder ou absorver água é a pressão de vapor do ar, pois, parte da água contida no grão está sob a forma de vapor, o que resulta em uma pressão de vapor na superfície. Sendo assim, quanto maior for a umidade relativa do ar, a uma dada temperatura e limitada pela saturação do ar, maior será sua pressão de vapor. Do mesmo modo, quanto maior for a umidade do grão, maior será a pressão de vapor na superfície.

Silva (2005) declara que o sentido e a intensidade do fluxo de vapor de água entre os grãos e o ar são estabelecidos segundo a diferença dos valores de umidade relativa do ar do micro-clima sobre os grãos (UR_g) e do ar circunvizinho ao grão (UR_{ac}) e define que o sentido do fluxo de vapor sempre ocorrerá do ponto de maior umidade relativa para o de menor umidade relativa. Desta forma, podem ocorrer três diferentes eventos:

- Se $UR_g > UR_{ac}$, ocorre a secagem do produto;
- Se $UR_g = UR_{ac}$, ocorre o equilíbrio higroscópico, ou seja, não há fluxo de vapor;
- Se $UR_g < UR_{ac}$, ocorre o umedecimento do produto.

Logo, Silva (2005) afirma que para que se realize o processo de secagem da massa de grãos, a umidade relativa do ar de secagem (UR_{ac}) deve ser menor que a umidade relativa do ar do micro-clima (UR_g). Portanto, utilizamos secadores para reduzir a umidade relativa do ar de secagem através de seu aquecimento, o que resulta em um aumento na transferência de calor ao produto e um aumento na capacidade de transportar o vapor derivado do produto.

Ainda segundo Silva (2005), o processo de secagem (Figura 1) verifica-se conforme três etapas:

1. O grão recebe calor do ar de secagem, obrigando a umidade contida no grão a migrar para o micro-clima, aumentando sua umidade relativa (UR_g);
2. Como UR_g é maior que UR_{ac} , o fluxo de vapor é definido no sentido do micro-clima para o ar de secagem;

3. Devido ao ar de secagem ter transferido calor ao grão e recebido vapor d'água, ocorre à diminuição de sua temperatura e aumento de sua umidade relativa. A partir desse ponto o ar de secagem passa a ser chamado ar de exaustão e a eficiência da secagem cresce à medida que a umidade relativa do ar de exaustão (UR_{ae}) se aproxima dos 100%.

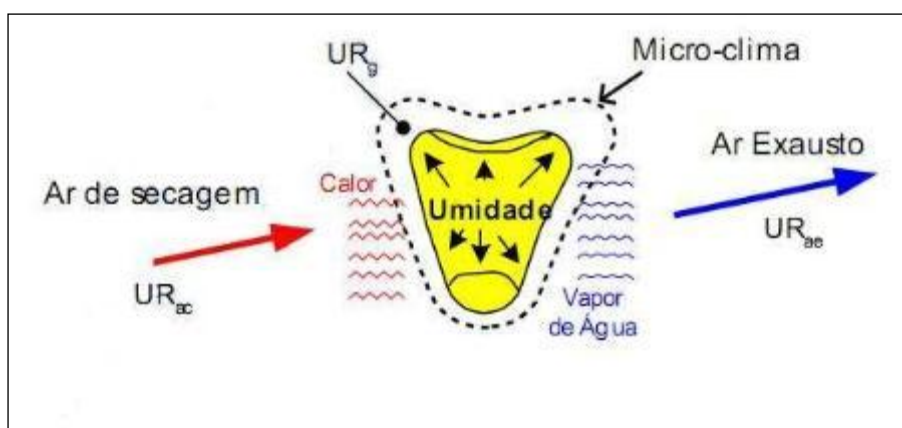


Figura 1: Demonstração do processo de secagem

(Fonte: Silva, 2005)

2.1.5 Sistemas de secagem

Portella e Eichelberger (2001) usam como preceito para classificação dos sistemas de secagem os métodos empregados para alterar o ar de secagem, dividindo-os em secagem natural e secagem artificial. A secagem natural é o processo de secagem que utiliza a energia do sol e do vento para aquecer e movimentar o ar. O processo é aplicado para baixas quantidades de produto e pode ser realizado na própria propriedade rural, resultando em um menor custo. Porém, em regiões onde a umidade relativa é muito alta ou as temperaturas são muito baixas o processo acaba se tornando muito lento, além de exigir muita mão de obra. Para Silva (2008), apesar de o produto alcançar a umidade esperada para a armazenagem com o passar do tempo, fica exposto ao ataque de pragas, animais e a ação do tempo, colaborando para a perda de qualidade do produto.

Os sistemas de secagem artificial são caracterizados pelo controle da técnica de alteração da temperatura e movimentação do ar de secagem através de equipamentos projetados para desempenhar essa função. Através dos secadores de grãos, a secagem artificial viabiliza a secagem de grandes quantidades de produto a um curto período, e

ainda, sem tanta dependência dos fatores climáticos quanto o processo de secagem artificial. Por essa razão, é muito utilizado nas unidades de recebimento de grãos (PORTELLA E EICHELBERGER, 2001).

2.1.5.1 Secadores de fluxo misto

De acordo com Silva (2005), o secador de fluxo misto (Figura 2) é o modelo de secador de maior utilização nas unidades de recebimento de grãos do Brasil, disponibilizado no mercado com capacidade de horária de secagem de 15 a 250 t/h. Segundo Portella e Eichelberger (2001), o sistema faz com que os grãos passem pela câmara de secagem, de maneira a saírem do secador com a umidade pretendida. Silva (2005) observa que 2/3 da altura da torre do secador é responsável pela câmara de secagem, onde o ar de secagem é admitido com temperaturas entre 80 a 110°C. Do outro lado do secador acontece a exaustão do ar, geralmente com temperaturas cerca de 7°C acima da temperatura ambiente. O 1/3 restante da altura do secador é o local onde acontece a remoção do calor da massa de grãos, deixando-a com temperatura bem próxima da ideal para o armazenamento.

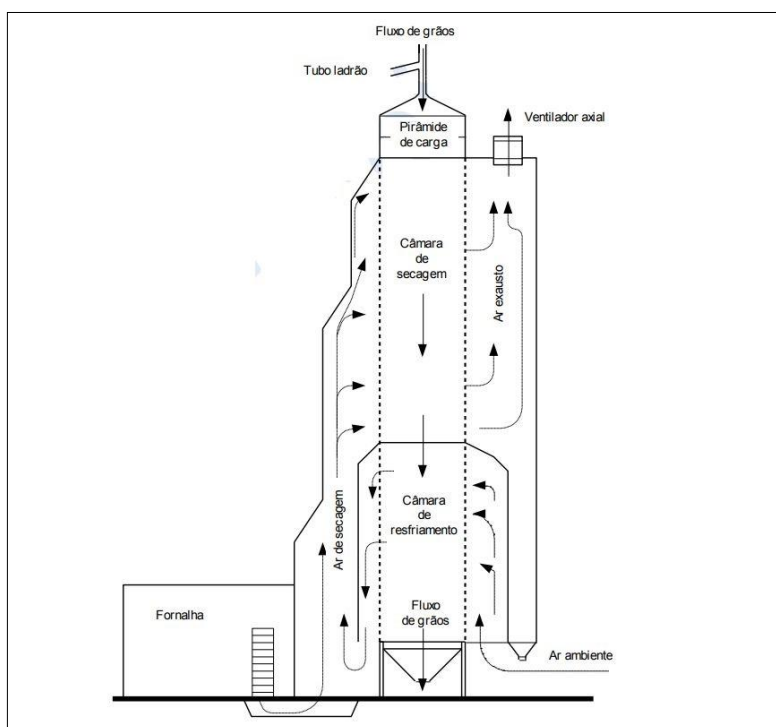


Figura 2: Secador de Fluxo Misto
(Fonte: Silva, 2005)

Segundo Oliveira (2011), a Equação 1 para o cálculo da quantidade de energia necessária para a secagem dos grãos no secador é definida em três partes:

1. Quantidade de energia necessária para o aumento da temperatura da massa de grãos e da água neles contida até a temperatura do exercício de secagem (Calor sensível);
2. Quantidade de energia necessária para vaporização da água (Calor latente);
3. Perdas térmicas do sistema;

$$Q = W \left[\left(\frac{100-h_i}{100} \right) C_m + \left(\frac{h_i}{100} \right) CH_2O \right] (t_e - t_a) + \left[\frac{W(h_i-h_f)}{100-h_f} \right] r + P$$

(1)

Onde:

Q = Quantidade de calor necessário á secagem (kcal);

W = peso de entrada do produto a ser secado (kg);

h_i = teor de umidade inicial (% B.U);

h_f = teor de umidade final (% B.U);

C_m = calor específico do produto a ser secado (kcal/kg°C);

CH₂O = calor específico da água (kcal/kg°C);

r = calor latente da água à temperatura de secagem (kcal/kg);

t_e = temperatura do exercício de secagem (°C);

t_a = temperatura inicial do produto (°C);

P = perdas térmicas (%);

2.2 BIOMASSA

Segundo Souza et al. (2002), a biomassa pode ser definida como todo material orgânico de origem vegetal ou animal que armazena parte da energia solar nas ligações químicas de seus componentes através da fotossíntese. Para Schürhaus (2007), o termo biomassa abrange toda a matéria vegetal formada por meio da fotossíntese e seus derivados que contém energia química proveniente da radiação solar. Essa energia pode ser utilizada em processos industriais através da combustão ou convertida em outras fontes energéticas.

2.2.1 Composição química elementar e imediata

Segundo Nogueira et al (2005), nos processos industriais, onde a biomassa é utilizada por meio da combustão, há a necessidade de conhecer as propriedades físicas, químicas e minerais do material utilizado. Desta forma, os principais elementos químicos que constituem a biomassa são atribuídos à composição química elementar, sendo uma forma de quantificar elementos como o carbono (C), oxigênio (O), enxofre (S), hidrogênio (H), nitrogênio (N) e cinzas (A). Já a composição química imediata faz referencia ao percentual de carbono fixo (F), voláteis (V), cinzas (A) e umidade (U).

2.2.1.1 Teor de umidade

Santos et. al (2013) afirma que a umidade é uma variável de muita importância para o aproveitamento da energia proveniente da biomassa, visto que a presença da água na madeira provoca a diminuição do poder calorífico já que parte da energia gerada precisa ser consumida para evaporar a água. Nogueira (2003) define o teor de umidade como a parcela de água contida na biomassa, podendo ser expressa em base úmida ou base seca.

Segundo Goltz (2014), a umidade da biomassa pode ser determinada pelo método da secagem em estufa (gravimétrico) ou por aparelhos elétricos. Pereira (2008), afirma que a utilização de medidores elétricos é mais vantajosa por apresentar maior praticidade e rapidez, além de ser um método confiável e bastante rápido.

2.2.1.2 Poder Calorífico

Quirino et al. (2005) afirma que o poder calorífico de um combustível é a quantidade de energia na forma de calor liberada pela combustão completa de sua unidade de massa. Para Senger (2015), o poder calorífico é a representação da energia térmica liberada por um combustível associado a um determinado estado de referência.

2.2.1.3 Poder Calorífico Inferior (PCI)

O Poder Calorífico Inferior (PCI) é o resultado da combustão da biomassa sob pressão constante sem que ocorra a condensação da água, portanto, menor que o PCS. (SANTOS, 2012). O PCI é a quantidade de calor liberado pela queima do combustível, de forma que a água resultante da queima esteja em estado gasoso. O PCI é um valor distinto para cada tipo de combustível, pois o valor é determinado em função do percentual de hidrogênio contido no combustível (LIMA, 2010).

2.2.1.4 Poder Calorífico Superior (PCS)

Para Cegarioli (2013), o Poder Calorífico Superior é obtido quando a combustão é praticada a volume constante e a água formada no decorrer da combustão é condensada. De acordo com Lima (2010), o PCS é estipulado como a quantidade de calor liberado pela combustão, de modo que a água resultante desta combustão esteja em estado líquido.

2.2.1.5 Poder Calorífico Útil

O Poder Calorífico Útil pode ser definido como a quantidade de energia aproveitável da biomassa, desconsiderando a energia consumida para evaporar a umidade presente na mesma. Conforme Lima (2010), o Poder Calorífico Útil (PCU) é a quantidade de calor liberado pela queima da biomassa com a energia necessária para evaporar a água já descontada.

O poder calorífico útil pode ser estimado a partir da Equação 2, obtida através do poder calorífico inferior do combustível e da análise imediata de diversas biomassas sólidas (PARIKH, CHANNIWALA e GHOSAL, 2005).

$$PCU = PCI \cdot [1 - (0,01 \cdot \% \text{ umidade})] - (600 \cdot 0,01 \cdot \% \text{ umidade})$$

(2)

Onde:

PCI = Poder Calorífico Inferior do combustível (kcal/kg);

% de umidade = percentual de umidade do combustível (% BU);

2.2.2 Combustão

A combustão é uma reação química exotérmica entre um material combustível e um comburente, liberando calor, emitindo luz e formando um grupo de espécies diferentes de reagentes (NOGUEIRA et al, 2008). Para uma boa combustão, toda a energia química do combustível deve ser liberada, de tal forma que as superfícies periféricas a absorvam de maneira homogênea, contínua e com o mínimo possível de perdas provenientes da combustão incompleta (MAGALHÃES, 2007).

Nas palavras de Silva (2005), a combustão trata-se de uma reação química que permite a produção de calor através da interação entre três fatores: combustível, oxigênio e temperatura de ignição, constituindo o triângulo do fogo (figura 02).

- Combustível: matéria que irá liberar a energia calorífica;
- Oxigênio: substância comburente fornecida pelo ar atmosférico;
- Temperatura de ignição: nível de temperatura que o combustível deve atingir para iniciar a queima;

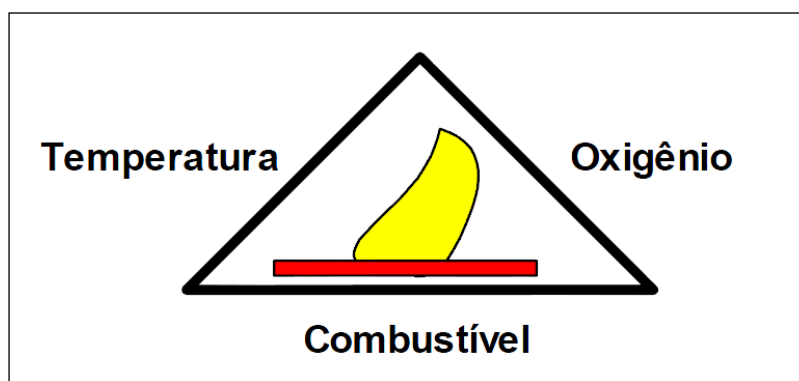


Figura 3: Representação do triângulo do fogo

(Fonte: Silva, 2005)

2.3 FORNALHAS

Segundo Magalhães (2007), fornalhas são equipamentos projetados para proporcionar a queima completa do combustível e aproveitar a energia térmica liberada pela combustão de maneira eficiente e contínua. No geral, as fornalhas apresentam

características construtivas similares, diferenciando-as apenas no formato e tamanho da fornalha, localização das entradas de ar, sistemas de alimentação de combustível e saída dos produtos da combustão.

O dimensionamento de uma fornalha, além do triângulo do fogo, é baseado nos 3 T's da combustão: temperatura, turbulência e tempo de queima. O tamanho e a forma das fornalhas são baseados no tipo de combustível, no dispositivo usado para queima-lo e na quantidade de energia a ser liberada durante um intervalo de tempo. Para a obtenção de uma combustão completa do combustível deve-se almejar uma mistura ar-combustível homogênea, em porção ideal e em tempo correto (OLIVEIRA, 2011).

De acordo com Magalhães (2007), as fornalhas utilizadas para a queima de combustíveis sólidos (figura 4), como no caso da lenha e do cavaco, e são compostas por: a) câmara de combustão; b) grelha; c) cinzeiro; d) entradas de ar; e) saída dos gases provenientes da combustão; f) sistema de alimentação.

- a) Câmara de combustão: local designado para a ocorrência da combustão, onde todos os compostos combustíveis são oxidados, liberando energia na forma de calor;
- b) Grelha: estrutura que mantém o combustível sólido em suspensão durante o processo de combustão, enquanto o ar comburente circula por sua superfície;
- c) Cinzeiro: recipiente localizado abaixo da grelha onde os resíduos da combustão são depositados;
- d) Entradas de ar: tem a função de admitir o ar comburente para o interior da fornalha. Devem ser ajustáveis e ficam localizadas em pontos estratégicos, favorecendo a mistura do combustível com o comburente;
- e) Saída dos gases: tem a função de exaurir os gases provenientes da combustão do ambiente por meio de saídas localizadas em função da configuração da fornalha;
- f) Sistema de alimentação: em fornalhas a lenha a alimentação é feita manualmente por meio de aberturas na câmara de combustão. Nos queimadores de cavaco, a alimentação é automatizada por meio de alimentadores com rosca sem fim ou sistemas pneumáticos.

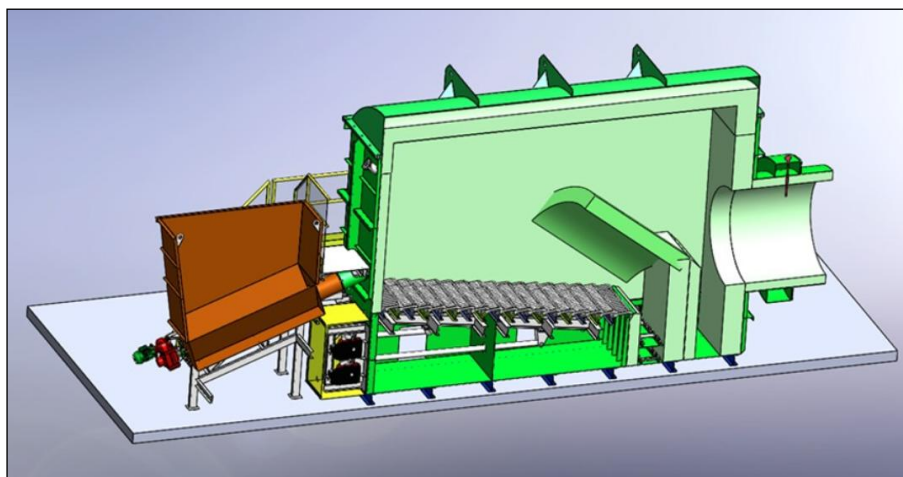


Figura 4: Corte lateral de uma fornalha

(Fonte: Imtab Industrial, 2018)

2.4 VIABILIDADE ECONÔMICA

Segundo Woiler e Mathias (2008), o estudo de viabilidade econômica de um investimento deve ser feito por meio da análise de dados coletados internamente em uma empresa com o objetivo de implantar inovações. A não realização desta análise pode colocar em risco todo o investimento. Hirschfeld (2002) ainda afirma que o estudo de viabilidade de um investimento é a investigação do projeto a ser executado com o propósito de verificar sua justificativa.

Para Souza (2003), realizar um investimento é trocar algo certo (recursos econômicos) por algo incerto (fluxos de caixa gerados pela aplicação do capital), ou seja, é o comprometimento de recursos na esperança de benefícios futuros.

Casarotto Filho e Kopittke (2008) propõem a análise dos seguintes indicadores:

- Valor Presente Líquido (VPL);
- Taxa Interna de Retorno (TIR);
- Tempo de Recuperação de Capital (Payback);

2.4.1 Fluxo de caixa

Para Matarazzo (2003), o fluxo de caixa objetiva expor a movimentação de entradas e saídas de caixa, possibilitando ao gestor visualizar se haverá faltas ou sobras no

caixa para a tomada de decisão de quais recursos a empresa deve aplicar. Hirschfeld (2000) afirma que quando usado ao iniciar um investimento, será capaz de indicar certezas e incertezas, verificando a viabilidade do empreendimento.

2.4.2 Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

De acordo com Bianchini (2014), a TMA é uma taxa que tem por objetivo reduzir os custos do negócio, sendo necessária para o cálculo do VPL e da TIR. Nas palavras de Schroeder et al. (2005), a TMA tem papel fundamental na decisão de investimento e pode ser estabelecida pela própria empresa.

2.4.3 Valor Presente Líquido (VPL)

Silva et al. (2007), afirma que o VPL de um investimento é a diferença entre o valor presente das entradas líquidas de caixa com o desconto do fluxo de caixa a uma taxa “K” definida pela empresa. Nas falas de Abreu et al. (2008), o intuito do valor presente líquido é verificar a diferença entre o valor de um projeto e o custo na data atual. Um resultado positivo do VPL quer dizer que o projeto vale mais do que custa, caso contrário, deve ser descartado.

Souza e Clemente (2001) determinam os seguintes preceitos para a análise de decisão sobre o investimento:

- Se $VPL > 0$, o projeto é economicamente atrativo;
- Se $VPL = 0$, é indiferente investir no projeto;
- Se $VPL < 0$, o projeto não é economicamente atrativo;

Motta e Calôba (2002) definem a Equação 3 para cálculo do VPL como a somatória dos fluxos de caixa para o instante ($t = 0$), considerando uma taxa de juros (i).

$$VPL = \frac{FC_0}{(1+i)^0} + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \frac{FC_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n}$$

(3)

Onde:

FC = Fluxos de Caixa;

i = taxa de juros (TMA);

2.4.4 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Newman e Lavelle (2000) definem a TIR como a taxa de juros paga sobre o saldo devedor de um empréstimo, de tal modo que o programa de pagamento restrinja este saldo à zero.

Motta e Calôba (2002) afirmam que a TIR é um índice utilizado para medir a rentabilidade do investimento por unidade de tempo. Gitman (2007) complementa dizendo que a taxa interna de retorno é indispensável para equiparar o valor atual das entradas ao investimento inicial.

Para Hastings (2003), a análise de decisão através da TIR deve ser feita de acordo com as seguintes condições:

- Se $TIR > TMA$, o projeto é economicamente atrativo;
- Se $TIR = TMA$, é indiferente investir no projeto;
- Se $TIR < TMA$, o projeto não é economicamente atrativo;

Para o cálculo da TIR, Gitman (2010) recomenda o uso de calculadoras financeiras ou programas de calculo, como o MS Excel, uma vez que envolvem técnicas complexas de tentativa e erro.

2.4.5 Payback descontado

De acordo com Gitman (2007), o Payback é utilizado para mensurar o tempo necessário para o capital investido retornar a empresa considerando a mudança de valor do dinheiro com o tempo. Portanto, quanto maior for o Payback maior o tempo necessário para retornar o capital investido.

Conforme Bianchini (2014), o Payback consiste em calcular em que quantidade de tempo o investimento irá se pagar utilizando as entradas e saídas de caixa que foram efetuadas após a data do pagamento inicial.

3 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido com o intuito de avaliar a viabilidade econômica na implantação de queimadores de cavaco para o processo de secagem de grãos em uma agroindústria, enquadrando-se em uma pesquisa de cunho bibliográfico e documental, baseada em materiais já elaborados e fontes secundárias de dados sob a forma de abordagem quantitativa e fins de pesquisa exploratórios (PRODANOV et al, 2013).

Baseado nas informações compreendidas na fundamentação teórica e na necessidade de detalhar as técnicas utilizadas para atingir os resultados, o encaminhamento metodológico foi segmentado em dois tópicos principais, listados a seguir.

3.1 MATERIAIS UTILIZADOS

O levantamento dos dados para a elaboração da análise de viabilidade econômica desenrolou-se com o auxílio dos seguintes materiais:

- Históricos operacionais da empresa;
- MS Excel®;
- Medidor de umidade Marrari MUG-75;
- AutoCAD®;
- Know-how de empresas especializadas;

3.2 MÉTODOS UTILIZADOS

A primeira parte do estudo visou estipular a quantidade de grãos secados na empresa com base nos registros operacionais dos últimos anos e especificar quais equipamentos a empresa dispõe para a secagem dos grãos. Posteriormente, foram definidos os parâmetros do processo de secagem e calculada a quantidade de calor necessária nos secadores de grãos para a escolha dos queimadores de cavaco.

Com o equipamento definido, foi possível estabelecer quais mudanças seriam necessárias na estrutura da empresa para a troca de sistema e levantar os custos destas mudanças. Em seguida, comparou-se o custo total de secagem entre os sistemas, determinando as perdas e ganhos anuais.

Para a análise da viabilidade econômica foi necessário montar o fluxo de caixa da empresa, alcançado a partir dos resultados de percas e ganhos dos queimadores de cavaco sobre as fornalhas a lenha. Após a projeção do fluxo de caixa, fez-se o cálculo e análise dos seguintes indicadores: Taxa Mínima de Atratividade (TMA), Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback descontado. Por fim, determinou-se a viabilidade econômica do investimento.

4 RESULTADOS E DISCUÇÕES

4.1 QUANTIDADE DE GRÃOS SECADOS NA UNIDADE

Os dados de interesse foram coletados através do histórico de controle da empresa, tomando como base as safras dos últimos quatro anos. Os dados foram planilhados com o auxílio do MS Excel®, obtendo-se a média durante o período estipulado para a avaliação, conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 1: Quantidade de produtos secados na unidade

Secagem de grãos	
Ano	Total secado (sc)
2014	1.630.271
2015	2.454.650
2016	2.134.592
2017	2.414.125
Média	2.158.410

(Fonte: Autor, 2018)

4.2 CONJUNTO DE SECAGEM

O conjunto de secagem de grãos da unidade é composto por três fornalhas de fogo direto e três secadores de grãos tipo cascata.

4.2.1 Fornalha de fogo direto

As fornalhas são construídas em alvenaria com parede interna de tijolo refratário e portas, suportes e grelhas em ferro fundido, conforme apresentado na Figura 5. A alimentação da fornalha é feita de forma manual e necessita, em média, de dois colaboradores para a manutenção da temperatura e controle do processo.

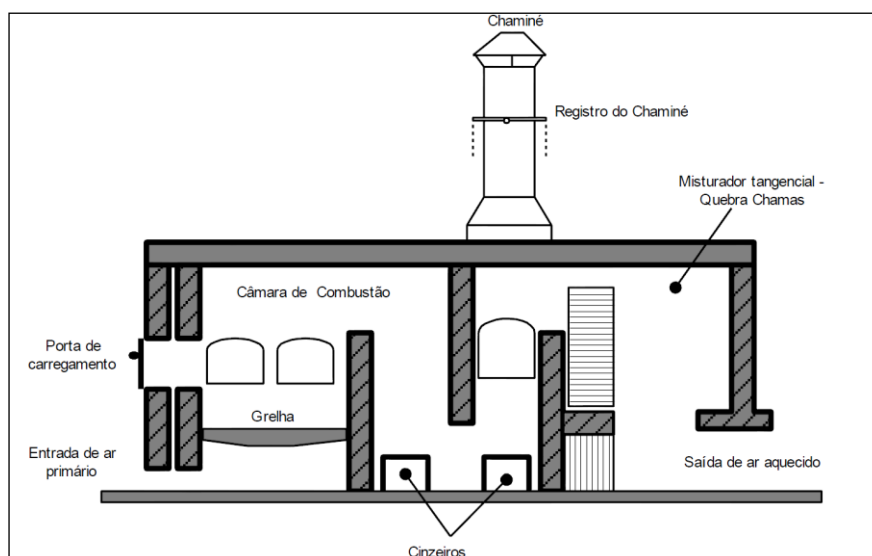


Figura 5: Fornalha de fogo direto

(Fonte: Silva, 2015)

4.2.2 Secador de grãos tipo cascata

A unidade utiliza secadores de grãos Kepler Weber, modelo ADS 125-R. Este é um equipamento que utiliza o fluxo de ar com recirculação do resfriamento, onde ocorre a secagem do produto em 70% da torre e resfriamento nos 30% restantes. A temperatura de exercício de secagem neste secador é de 110°C para uma diminuição da taxa de umidade do produto de 24% para 14%.



Figura 6: Secadores ADS 125-R

(Fonte: Catálogo Kepler Weber, 2018)

4.3 DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS DE SECAGEM

Para possibilitar o cálculo da quantidade de calor que deve ser fornecida aos secadores, foi necessário determinar alguns parâmetros utilizados na operação de secagem.

4.3.1 Capacidade horária de secagem exigida nos secadores

Os secadores de grãos devem ser capazes de secar a quantidade de grãos recebida durante o período de safra, sabendo que a safra dura cerca de 95 dias e que os secadores operam cerca de 16 horas por dia, foi possível determinar a quantidade de horas trabalhadas em cada secador.

A capacidade horária de secagem é determinada através da divisão da quantidade de produto secado pela quantidade de horas trabalhadas por cada secador, resultando em uma capacidade horária de 1.420 sacas em cada secador.

Sabendo que uma saca equivale a aproximadamente 60 kg, obteve-se uma capacidade requerida de secagem de 28.400,13 kg/h em cada um dos três secadores.

4.3.2 Calor latente da água a temperatura de secagem

Com base na tabela das propriedades termodinâmicas da água saturada em função da temperatura (Anexo B), o calor latente de evaporação da água a 110°C é 2230,2 kJ/kg.

Para fins de cálculo, utiliza-se o valor em kcal/kg, portanto, multiplicamos por 0,239 kcal/kg, obtendo-se 533,03 kcal/kg.

4.4 CÁLCULO DA ENERGIA DISPONIBILIZADA NO SECADOR

A quantidade de energia que a fornalha deve disponibilizar ao secador foi calculada utilizando a equação 1, a partir das informações contidas nos itens 4.1 e 4.3, obtendo-se um resultado de 3.286.697,03 kcal/h.

Considerando perdas de até 30% de eficiência no secador, dado este repassado pelo fabricante do equipamento, deve-se recalcular a quantidade de energia necessária para

retirar a umidade contida nos grãos multiplicando o valor encontrado pelo percentual de energia perdida no secador. Sendo assim, a quantidade de energia térmica que deve ser disponibilizada para o secador de grãos é de 4.272.706,14 kcal/h.

4.5 ESCOLHA DOS QUEIMADORES DE CAVACO

Para a escolha do equipamento a ser utilizado para o fornecimento de energia térmica ao secador de cereais, houve a necessidade de se conhecer alguns fatores que implicam em seu dimensionamento.

4.5.1 Determinação da umidade específica do cavaco de eucalipto recebido na unidade

A empresa adquire cargas de cavaco de cinco principais fornecedores. Ao entrar na unidade, a carga é pesada e são feitas três medições em diferentes pontos utilizando o medidor de umidade Marrari, modelo MUG-75 (figura 7).



Figura 7: Medidor de umidade Marrari

(Fonte: Marrari, 2018)

Tais medições resultam em médias globais da carga, que por sua vez, foram convertidas em médias mensais de acordo com cada fornecedor.

Estas informações foram planilhadas no MS Excel® e utilizadas para a elaboração da tabela 2 abaixo:

Tabela 2: Umidade específica do cavaco recebido na unidade

Umidade específica dos cavacos de eucalipto no ano de 2018						
Mês	Ipora	Julitago	Araupel	Pallet	Vcl	Média
Jan	37%	39%	40%	33%	32%	36,20%
Fev	30%	39%	35%	34%	30%	33,60%
Mar	30%	33%	43%	30%	29%	33,00%
Abr	28%	42%	47%	32%	30%	35,80%
Mai	33%	39%	45%	28%	29%	34,80%
Jun	31%	45%	40%	33%	29%	35,60%
Jul	30%	35%	36%	28%	25%	30,80%
Ago	35%	38%	42%	30%	28%	34,60%
Set	40%	46%	43%	33%	-	40,50%
Média geral =						34,99%

(Fonte: Autor, 2018)

Portanto, para fins de cálculo, adotaremos a umidade específica do cavaco a 35% BU.

4.5.2 Poder Calorífico Inferior do cavaco de eucalipto

O PCI do cavaco de eucalipto foi retirado da tabela de um fabricante de fornalhas e equipamentos industriais que utiliza cavaco de eucalipto como combustível. A tabela 3 abaixo, adaptada da tabela da Alfa Laval (Anexo A), demonstra o PCI de alguns combustíveis.

Tabela 3: PCI de alguns combustíveis

Poder Calorífico Inferior de alguns combustíveis			
Combustível	PCI	Combustível	PCI
Casca de eucalipto	3.750 kcal/kg	Gás GLP (50%)	11.025 kcal/kg
Cavaco (eucalipto)	4.300 kcal/kg	Gás natural	9.065 kcal/kg
Cavaco de pinho	2.500 kcal/kg	Casca de árvore	2.200 kcal/kg

(Fonte: adaptada Alfa Laval, 2018)

4.5.3 Cálculo do Poder Calorífico Útil (PCU)

O PCU do cavaco de eucalipto foi calculado através da equação 2 e informações contidas nas tabelas 2 e 3, resultando em um poder calorífico de 2.585 kcal/kg.

4.6 ESCOLHA DOS QUEIMADORES DE CAVACO

Com base nas informações acima descritas, elaborou-se um Memorial Técnico Descritivo (Apêndice B) com especificações técnicas para o fornecimento dos equipamentos. Em seguida, o memorial foi enviado a Imtab Industrial, empresa localizada no Alto Vale do Itajaí – SC, especializada na fabricação de fornalhas e pátios de biomassa. A Imtab Industrial dimensionou o equipamento de modo a atender as condições especificadas em memorial, resultando na escolha da Fornalha IFS-50 (figura 8).



Figura 8: Queimador IFS-50

(Fonte: Imtab Industrial, 2018)

O queimador Imtab IFS-50 é constituído por silo dosador de cavaco, conjunto de alimentação com transportadores helicoidais, grelha móvel, ventilador de ar primário, ventilador de ar secundário, sistema de remoção das cinzas, paredes externas em aço carbono e manta de fibra cerâmica com cinta de materiais refratários.

A tabela 4 abaixo estabelece as características técnicas da fornalha, fornecidas pelo fabricante.

Tabela 4: Dados dos queimadores de cavaco

Dados da Queimador IFS-50	
Carga da Fornalha	100%
Combustível	Cavaco de eucalipto
Umidade do combustível	35%
PCI	2.585 kcal/kg
Consumo de combustível	1.950 kg/h
Eficiência da fornalha	97,10%
Liberação térmica do queimador	5.000.000 kcal/h

(Fonte: Imtab Industrial, 2018)

4.6.1 Verificação da quantidade de energia necessária no secador

A partir da multiplicação da carga térmica liberada pela fornalha pelo seu rendimento teórico, foi possível verificar se a quantidade de energia térmica que a fornalha fornece ao secador é suficiente para atender as condições de secagem.

O resultado obtido para a nova carga térmica foi de 4.400.315,28 kcal/h, aproximadamente 12% menor que a capacidade total da fornalha. Portanto, a fornalha escolhida atende a capacidade requerida pelo secador de grãos.

4.7 ADEQUAÇÕES NECESSÁRIAS PARA INSTALAÇÃO DOS QUEIMADORES DE CAVACO

Algumas adequações na planta da unidade de recebimento (figura 9) são necessárias para a instalação dos queimadores de biomassa, como a construção de um depósito de cavaco, adequações de três fornalhas de alvenaria para receber os queimadores de biomassa e a instalação de uma moega dosadora de cavaco.



Figura 9: Unidade de recebimento de grãos

(Fonte: Google, 2018)

4.7.1 Construção de um depósito de cavaco

Como os secadores de grãos ficam locados em pontos distintos na planta, optou-se por construir um depósito de cavaco e centralizar seu recebimento e distribuição em um único lugar. O local escolhido para a construção do depósito de cavaco foi um terreno abaixo da bateria de silos da unidade (figura 9) por possibilitar fácil acesso aos caminhões e pá carregadeira.

Pensando em condições extremas com vários dias seguidos de chuva, onde a entrega do cavaco por parte dos fornecedores seria dificultada, o depósito de cavaco (figura 10) foi concebido para abrigar um volume de até 700 m³ de cavaco, possibilitando o funcionamento do sistema por até cinco dias.

O depósito ainda deve ter espaço o suficiente para abrigar a moega de cavacos e possibilitar a movimentação da pá carregadeira, que faz a alimentação do cavaco na moega.



Figura 10: Depósito de cavaco

(Fonte: Autor, 2018)

4.7.2 Instalação de uma moega dosadora de cavaco

A moega dosadora de piso móvel (figura 10) é um equipamento projetado para escoar materiais triturados e resíduos florestais através de um alimentador de barras que faz operações de avanço e recuo comandadas por um pistão hidráulico e é um item necessário para alimentar as fitas transportadoras de produto.

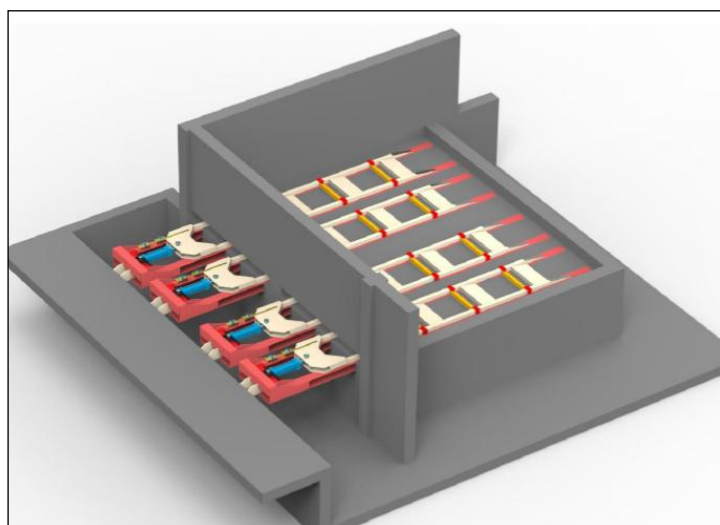


Figura 11: Moega de cavaco

(Fonte: Imtab Industrial, 2018)

4.7.3 Adequação das fornalhas de alvenaria para a instalação dos queimadores de cavaco

Para possibilitar a instalação dos queimadores de biomassa, é preciso que as fornalhas de alvenaria acopladas aos secadores de grãos sejam adaptadas. Para isso, as portas de carregamento e as entradas de ar primário e secundário são fechadas e a grelha é removida. Na parede onde ficam localizadas as entradas de ar primário e portas de carregamento é aberto um vão de diâmetro igual a 1,60 metros e o queimador é acoplado a parede da fornalha, conforme figura 12.



Figura 12: Adequação na fornalha de alvenaria

(Fonte: Autor, 2018)

4.8 ELABORAÇÃO DO LAYOUT DOS EQUIPAMENTOS

Com a definição dos equipamentos e a locação dos mesmos na planta foi elaborado um layout prévio (apêndice A) com auxílio da Imtab Industrial, sendo utilizado apenas para fins de orçamento. Caso o projeto seja aprovado, será necessário o refino do layout para a instalação dos equipamentos.

4.9 LEVANTAMENTO DE CUSTOS PARA O INVESTIMENTO

O valor do investimento foi estipulado com base no layout de equipamentos e os valores foram separados de acordo com o gênero do produto ou serviço orçado. A tabela 5 abaixo demonstra os valores a serem investidos para a instalação do sistema.

Tabela 5: Levantamento de custos

Investimento	
Equipamentos	R\$ 2.495.000,00
Fornalhas IFS-50	R\$ 1.500.000,00
Moega de piso móvel	R\$ 90.000,00
Transportadores	R\$ 610.000,00
Pá carregadeira	R\$ 295.000,00
Civil	R\$ 275.000,00
Adequações nas fornalhas	R\$ 11.000,00
Pátio de cavaco	R\$ 155.000,00
Cobertura do pátio de cavaco	R\$ 109.000,00
Total global do investimento	R\$ 2.770.000,00

(Fonte: Autor, 2018)

4.10 COMPARAÇÃO DE CUSTOS ENTRE OS SISTEMAS DE FORNALHA

Para a comparação de custos entre a secagem com fornalhas convencionais e queimadores de cavaco, utilizou-se como base de comparação o quanto um determinado sistema gasta para secar uma saca de produto, pois seria vantajoso para a empresa conhecer o custo de suas matérias primas, já que eles interferem no valor final do produto repassado ao consumidor.

Os custos entre os sistemas foram determinados a partir da somatória dos custos de mão de obra com os custos de combustível, porém, devemos acrescentar a depreciação aos custos totais do investimento avaliado.

4.10.1 Despesas com lenha na alimentação das fornalhas convencionais

A partir de informações coletadas no histórico operacional da empresa, foi possível determinar a quantidade anual de lenha consumida nas três fornalhas. Essas informações

foram armazenadas em planilhas do MS Excel® e utilizadas para compor a tabela 6, apresentada abaixo:

Tabela 6: Custos com alimentação das fornalhas

Consumo de lenha na secagem de grãos		
Ano	Consumo de lenha (m ³)	Consumo de lenha (st)
2014	10.037	16.461
2015	16.735	27.445
2016	12.730	20.877
2017	13.262	21.750
Média	13.191	21.633

(Fonte: Autor, 2018)

A empresa em questão possui plantações de eucalipto para produzir as toras que são utilizadas na alimentação das fornalhas e o custo do metro estéreo fica na casa dos R\$62,50. Consequentemente, multiplicando a quantidade de lenha consumida na secagem de grãos pelo valor do metro estéreo de lenha produzida pela empresa, obtemos o valor de R\$ 1.352.062,50 gastos com lenha anualmente. Em seguida, através da divisão do custo anual da lenha pela quantidade de produto secado obtêm-se o valor de R\$ 0,62/sc.

4.10.2 Despesas com cavaco de eucalipto na alimentação dos queimadores

Para o cálculo das despesas com cavaco de eucalipto foi necessário utilizar as unidades de conversão da Sociedade Brasileira de Silvicultura (anexo C), pois o cavaco é comprado em metros cúbicos (m³).

O cálculo do valor gasto com o cavaco foi feito a partir da multiplicação do consumo de combustível do equipamento (tabela 4) pela quantidade de horas trabalhadas na safra e pelo valor do metro cúbico do cavaco de R\$ 40,93. Por fim, o resultado da multiplicação foi dividido pelo total de produto secado, resultando em um gasto de R\$ 0,18/sc.

4.10.3 Despesas com mão de obra operacional

Para o cálculo dos custos operacionais com mão de obra deve-se antes verificar quais são as incidências sociais e trabalhistas acrescidas aos valores das remunerações dos funcionários. A tabela 7 foi confeccionada tendo em vista que a empresa em questão é não optante pelo simples nacional e, como este é um trabalho sazonal, a empresa contrata colaboradores remunerados por hora para desempenhar esta função.

Tabela 7: Encargos sociais e trabalhistas

Incidências sobre um salário mensal	
Encargos Trabalhistas e Trabalhistas	Taxa
13º Salário	9,75%
Férias	13,00%
INSS	20,00%
SAT/RAT até	3,00%
Salário Educação	2,50%
INCRA/SEST/SEBRAE/SENAT	3,30%
FGTS	8,00%
FGTS/Provisão de multa para rescisão	4,00%
Previdenciário s/13º e Férias	16,21%
DSR - Descanso Semanal Remunerado	16,99%
Total de encargos	96,75%

(Fonte: Guia Trabalhista, 2018)

4.10.3.1 Despesas com mão de obra para alimentação da lenha nas fornalhas convencionais

Considerando que são necessários 12 colaboradores para a alimentação da lenha nas fornalhas se somados os dois turnos de operação e que o valor pago por diária para cada colaborador é de R\$74,00, determina-se o valor gasto com mão de obra multiplicando o número de colaboradores pela quantidade de diárias trabalhadas na safra. Posteriormente, devem-se acrescentar as incidências sociais e trabalhistas em cima da remuneração e dividir o resultado pela quantidade de produto secado, resultando na quantia de R\$ 0,08/sc.

4.10.3.2 Despesas com mão de obra na operação dos queimadores de cavaco

Como os queimadores operam de forma automatizada, são necessários apenas 2 colaboradores por turno para operar a IHM, acompanhar as condições de funcionamento do equipamento e realizar limpezas. Os custos de mão de obra também podem ser calculados pelo método do item 4.10.3.1, resultando em um custo de R\$ 0,02/sc.

4.10.4 Depreciação anual sobre o investimento

A depreciação foi calculada através de uma divisão entre os valores investidos e o tempo de vida útil do produto. Para a base de cálculo, a Receita Federal estipula o tempo de vida útil de 10 anos para equipamentos e 25 anos para construções. A tabela 8 apresenta os valores resultantes da depreciação sobre o investimento.

Tabela 8: Depreciação sobre o investimento

Depreciação sobre o investimento			
Descrição	Vida útil	Valor do investimento	Depreciação
Equipamentos	10 anos	R\$ 2.495.000,00	R\$ 249.500,00
Edificações	25 anos	R\$ 275.000,00	R\$ 11.000,00
Total			R\$ 260.500,00
Valor depreciado por saca			R\$ 0,12

(Fonte: Receita Federal, 2018)

4.10.5 Determinação dos custos de secagem

Os custos de secagem foram determinados a partir da somatória das despesas acima descritas, de acordo com cada sistema de fornalha, resultando na tabela 9 abaixo:

Tabela 9: Comparativo de secagem

Custos de secagem Lenha x Cavaco		
Descrição	Lenha	Cavaco
Custos com alimentação de combustível	R\$ 0,62	R\$ 0,18
Custos com mão de obra operacional	R\$ 0,08	R\$ 0,02
Depreciação	N/A	R\$ 0,12
Custo total de secagem	R\$ 0,70	R\$ 0,32
Perdas e ganhos		R\$ 820.195,80

(Fonte: Autor, 2018)

4.11 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A seguir serão apresentados os resultados calculados dos índices de análise de investimentos.

4.11.1 Montagem do fluxo de caixa

O fluxo de caixa foi estipulado em um horizonte de 10 anos, onde, no momento zero (início do projeto), o valor do fluxo de caixa é igual ao valor total do investimento (valor negativo) e para os anos seguintes, o valor do fluxo de caixa é o encontrado com perdas e ganhos na tabela 9. O quadro 1 a seguir demonstra o fluxo de caixa montado:

Quadro 1: Montagem do fluxo de caixa

Ano	Fluxo de Caixa
0	-R\$ 2.770.000,00
1	R\$ 820.195,80
2	R\$ 820.195,80
3	R\$ 820.195,80
4	R\$ 820.195,80
5	R\$ 820.195,80
6	R\$ 820.195,80
7	R\$ 820.195,80
8	R\$ 820.195,80
9	R\$ 820.195,80
10	R\$ 820.195,80

(Fonte: Autor, 2018)

4.11.2 Cálculo da Taxa Mínima de Atratividade (TMA)

A TMA foi definida através da multiplicação da taxa de juros de 6,0% a.a (Plano Agrícola e Pecuário 2018/19) pelo retorno de 60% exigido sem a taxa de juros. Portanto, a TMA deste investimento é de 9,6% a.a.

4.11.3 Cálculo do Valor Presente Líquido (VPL)

O VLP foi calculado pela equação 3 utilizando os fluxos de caixa e a TMA calculada no item 4.11.2, resultando em um valor de R\$ 2.357.526,09.

Abaixo quadro 2 com a apresentação dos resultados individuais para cada ano.

Quadro 2: Resultados do VPL

Ano	Fluxo de Caixa	Valor Presente Líquido
0	-R\$ 2.770.000,00	-R\$ 2.770.000,00
1	R\$ 820.195,80	R\$ 748.353,83
2	R\$ 820.195,80	R\$ 682.804,59
3	R\$ 820.195,80	R\$ 622.996,89
4	R\$ 820.195,80	R\$ 568.427,82
5	R\$ 820.195,80	R\$ 518.638,52
6	R\$ 820.195,80	R\$ 473.210,33
7	R\$ 820.195,80	R\$ 431.761,25
8	R\$ 820.195,80	R\$ 393.942,75
9	R\$ 820.195,80	R\$ 359.436,81
10	R\$ 820.195,80	R\$ 327.953,30

(Fonte: Autor, 2018)

4.11.4 Cálculo da Taxa Interna de Retorno (TIR)

Para o cálculo da TIR, foi utilizado o auxílio da “Função TIR” do Ms Excel®, onde as variáveis foram alimentadas com os valores do fluxo de caixa, obtendo-se um resultado de 27%.

4.11.5 Payback descontado

Para o cálculo do Payback Descontado é necessário sabermos qual é o saldo do projeto durante cada ano (quadro 3). Para isso, soma-se o fluxo de caixa do ano avaliado com o VPL do ano seguinte. No início do projeto o saldo é negativo, devido ao investimento de recursos, porém, se o investimento tiver uma boa rentabilidade este valor tende a se tornar positivo, representando intervalo de tempo em que o investimento irá se pagar.

Quadro 3 - Saldo do projeto

Ano	Fluxo de Caixa	Valor Presente Líquido	Saldo
0	-R\$ 2.770.000,00	-R\$ 2.770.000,00	-R\$ 2.770.000,00
1	R\$ 820.195,80	R\$ 748.353,83	-R\$ 2.021.646,17
2	R\$ 820.195,80	R\$ 682.804,59	-R\$ 1.338.841,58
3	R\$ 820.195,80	R\$ 622.996,89	-R\$ 715.844,69
4	R\$ 820.195,80	R\$ 568.427,82	-R\$ 147.416,87
5	R\$ 820.195,80	R\$ 518.638,52	R\$ 371.221,65
6	R\$ 820.195,80	R\$ 473.210,33	R\$ 844.431,98
7	R\$ 820.195,80	R\$ 431.761,25	R\$ 1.276.193,23
8	R\$ 820.195,80	R\$ 393.942,75	R\$ 1.670.135,98
9	R\$ 820.195,80	R\$ 359.436,81	R\$ 2.029.572,79
10	R\$ 820.195,80	R\$ 327.953,30	R\$ 2.357.526,09

(Fonte: autor, 2018)

Para a obtenção do Payback Descontado deve-se dividir o último saldo negativo pelo VPL do ano seguinte, e o resultado é somado ao último ano em que o saldo é negativo. Desta forma, obteve-se um Payback de 4,28 anos ou 4 anos, 3 meses e 11 dias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a atual situação econômica do país e o mercado cada vez mais agressivo com as empresas, a necessidade de assertividade no investimento de recursos, a melhoria contínua dos processos e redução de custos são questão de sobrevivência para muitas empresas que não conseguem aumentar de maneira expressiva seu faturamento. Estes fatores motivaram a concepção do problema da pesquisa do presente trabalho: qual a viabilidade econômica na implantação de queimadores de cavaco para o processo de secagem de grãos? Com o intuito de responder esta questão foram elaborados cinco objetivos específicos.

No primeiro deles objetivou-se contabilizar a quantidade de grãos secados na unidade, resultando em uma média anual de 2.158.410 sacas.

O segundo objetivo era escolher um queimador que atenda as condições requeridas para a secagem dos grãos na unidade, resultando na escolha do Queimador de cavaco Imtab IFS-50 com capacidade de liberação térmica de 5.000.000 kcal/h, com folga de 12% em relação a energia térmica que deveria ser disponibilizada nos secadores de grãos, calculada em 4.400.315,28 kcal/h.

O terceiro objetivo específico proposto foi levantar custos para a implantação do sistema, sendo preciso avaliar quais alterações seriam necessárias na estrutura da unidade através de um layout com a disposição dos equipamentos, resultando em um montante de R\$ 2.495.000,00 com a aquisição de equipamentos e R\$ 275.000,00 com obras civis, totalizando RS 2.770.000,00 em investimentos.

Em relação ao quarto objetivo de quantificar os possíveis ganhos com a instalação dos queimadores de cavaco constatou-se uma economia de R\$ 820.195,80 por ano devido ao fato do equipamento necessitar de menor quantidade de mão de obra operacional e consumir menos combustível.

Por fim, com a finalidade de avaliar a viabilidade econômica do investimento foram analisados os indicadores VPL, TIR, e Payback. O VPL (Valor Presente Líquido) encontrado foi de R\$ 2.357.526,09, demonstrando que o investimento é viável, pois um VPL maior que zero expressa uma retribuição maior que o capital investido. A TIR (Taxa Interna de Retorno) encontrada foi de 27%, resultado maior que a TMA (Taxa Mínima de Atratividade), representando a taxa de retorno anual que a empresa terá caso o

investimento seja realizado. Além do mais, o Payback (Tempo de Retorno do Capital) obtido foi de 4 anos, 3 meses e 11 dias.

Dessa forma, analisando os indicadores econômicos constatou-se que o investimento é viável para a empresa, portanto, tanto o objetivo geral quanto os objetivos específicos do presente trabalho foram atingidos.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Analisar a eficiência de secagem após a instalação dos queimadores de cavaco;
- Dimensionar os queimadores de cavaco a fim de confrontar os dados repassados pelo fornecedor do equipamento;
- Elaborar um estudo de viabilidade econômica para o sistema com queima de pellets de eucalipto;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BIANCHINI, B. J. **Estudo de viabilidade financeira na implantação de um aviário modelo dark house em uma propriedade rural no município de Nova Bréscia.** Lajeado: UNIVATES, 2014.

BORDIGNON, B. C. S. **Relação das condições de armazenamento com a qualidade fisiológica de sementes e composição do óleo extraído de cultivares de soja.** 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, RS.

CASAROTTO FILHO, Nelson C.; KOPITKE, Bruno H. **Análise de Investimentos.** 10 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

CEGARIOLI, N. S. **Qualidade de cavacos produzidos em sistemas florestais de curta rotação de eucalipto para fins energéticos.** Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2013.

GARCIA, E. S; REIS, L. M. T. V.; MACHADO, L. R.; FERREIRA, V. J. M. – **Gestão de estoques: Otimizando a logística e a cadeia de suprimentos.** Rio de Janeiro: E-papers, 2006.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira.** 10ª edição, São Paulo: Harba, 2007.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira.** Tradução Allan Vidigal Hastings. 12.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010.

GOLTZ, E. P. **Calibração de medidor portátil de umidade de cavacos e materiais granulados.** Curitiba: UFPR, 2014.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia Econômica e Análise de Custos.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

KEPLER WEBER S.A - **Catálogo Geral de produtos - Armazenagem de Grãos,** 2015. Disponível em http://www.kepler.com.br/2014/armazenagem/trading/secadores_ads; Acesso em 07/04/2015.

LIMA, E. A. L. **Alternativa para estimar o preço da madeira para energia.** Comunicado técnico 260. Colombo: Embrapa Florestas, 2010.

LIMA JUNIOR, João da Rocha. **Decidir sobre Investimentos no Setor da Construção Civil.** 1998, 74 p. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 1998.

MAGALHÃES, E. A. **Desenvolvimento e análise de uma fornalha para aquecimento direto e indireto de ar utilizando biomassa polidispersa.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007.

MATA, M. E. R.; DUARTE, M. E. M.; **Porosidade Intergranular de Produtos Agrícolas**. Campina Grande: Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, 2002.

MATARAZO C. D. **Análise Financeira de Balanços**: Abordagem básica e gerencial. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MOTTA, Regis R; CALÔBA, Guilherme M. **Análise de Investimentos**. São Paulo: Atlas, 2002.

NOGUEIRA, L. A. H.; NOGUEIRA, F. J. H.; ROCHA, C. R. **Eficiência energética no uso de vapor**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABiXgAI/manual-vapor>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

OLIVEIRA, D. G. **Dimensionamento e análise de uma fornalha de fogo indireto**. Panambi: UNIJUÍ, 2011.

PARAGINSKI, R. T.; **Secagem e Aeração de Grãos**. Alegrete: IFF, 2015.

PARIKH, J.; CHANNIWALA, S. A.; GHOSAL, G. K. **A correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels**. Fuel, v. 84, n. 5, p. 487-494. 2005.

PEREIRA, J. T. M. **Avaliação de equipamento medidor elétrico resistivo de umidade da madeira utilizando amostras de eucalipto e pinus**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

PIMENTEL, M. A. G.; FONSECA, M. J. O. – **Sistema de Produção Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, 2011.

PRODANOV, C. et al. **Metodologia do trabalho científico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

QUIRINO, W. F; VALE, A. P. A; ABREU, V. L. S; AZEVEDO, A. C. A. **Pode calorífico de madeira e de materiais ligno-celulósicos**. **Revista da Madeira**, v. p. 100-106, 2005.

RENDEIRO, G.; NOGUEIRA, M. F. M. **Combustão e Gaseificação da Biomassa Sólida**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008.

SANTOS, J. R. S. **Estudo da biomassa torrada de resíduos florestais de eucalipto e bagaço de cana-de-açúcar para fins energéticos**. 2012. Dissertação (Mestrado em ciências, programa: recursos florestais – USP). Piracicaba. 2012.

SANTOS, F.; COLODETTE, J.; QUEIROZ, J. H. **Bioenergia e Biorrefinaria**, Cana-de-Açúcar e Espécies Florestais. Viçosa, MG, 2013.

SCHÜRHAUS, P. **Produtos e propriedades energéticas da madeira**. União da Vitória: Centro Universitário de União da Vitória, 2007.

SILVA, J. S.; **Secagem e armazenagem de produtos Agrícolas**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008.

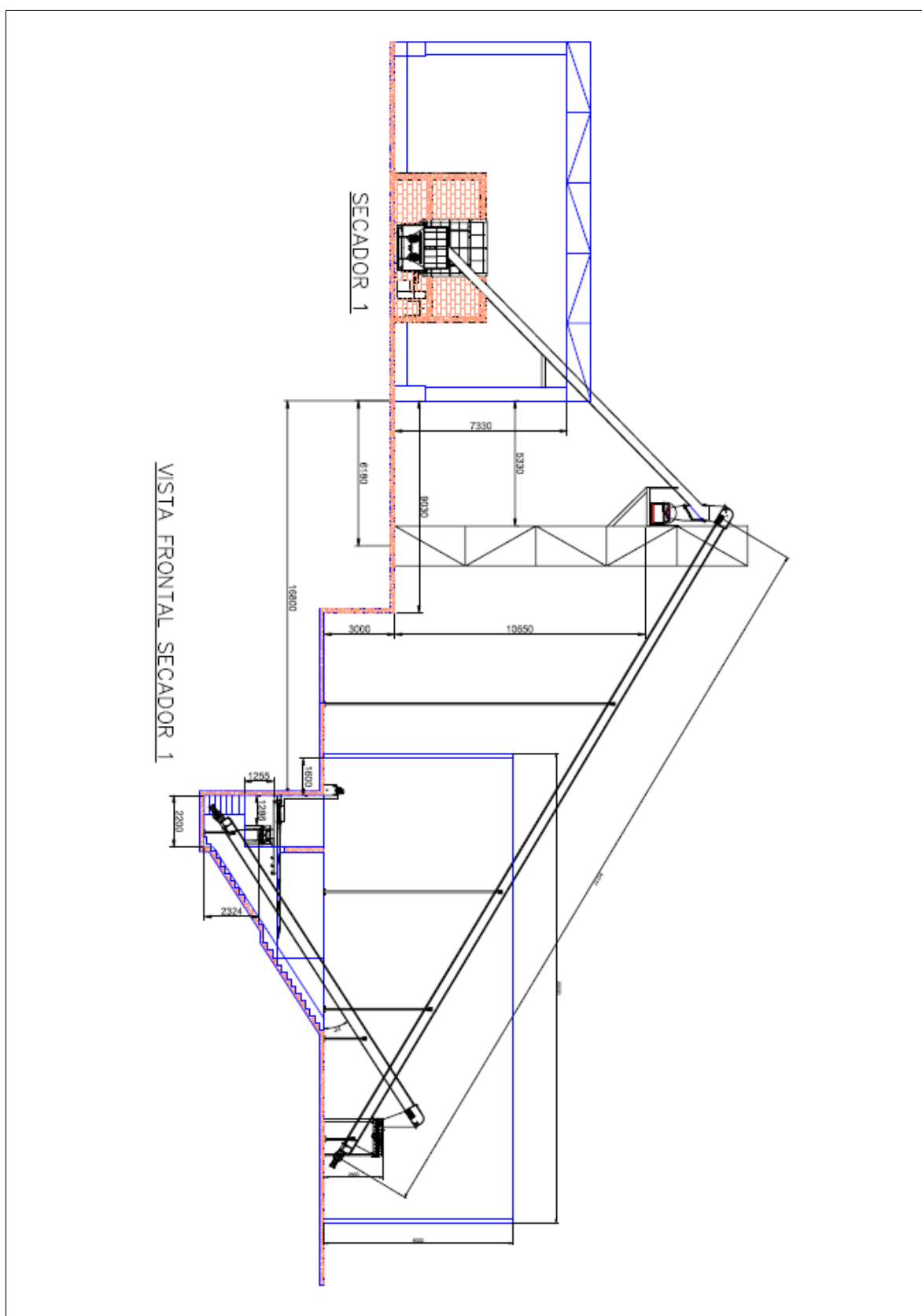
SILVA, Francimar N.; FERREIRA, Marco A. M.; PAZZINI, Felipe L. S.; ABRANTES, Luis A. **Abordagem Determinística e de Simulação de Risco como Instrumentos de Análise de Viabilidade Financeira em Investimentos Imobiliários**. Revista de Negócios da FURB, Blumenau, v.12, n.3, p.03-17, 2007.

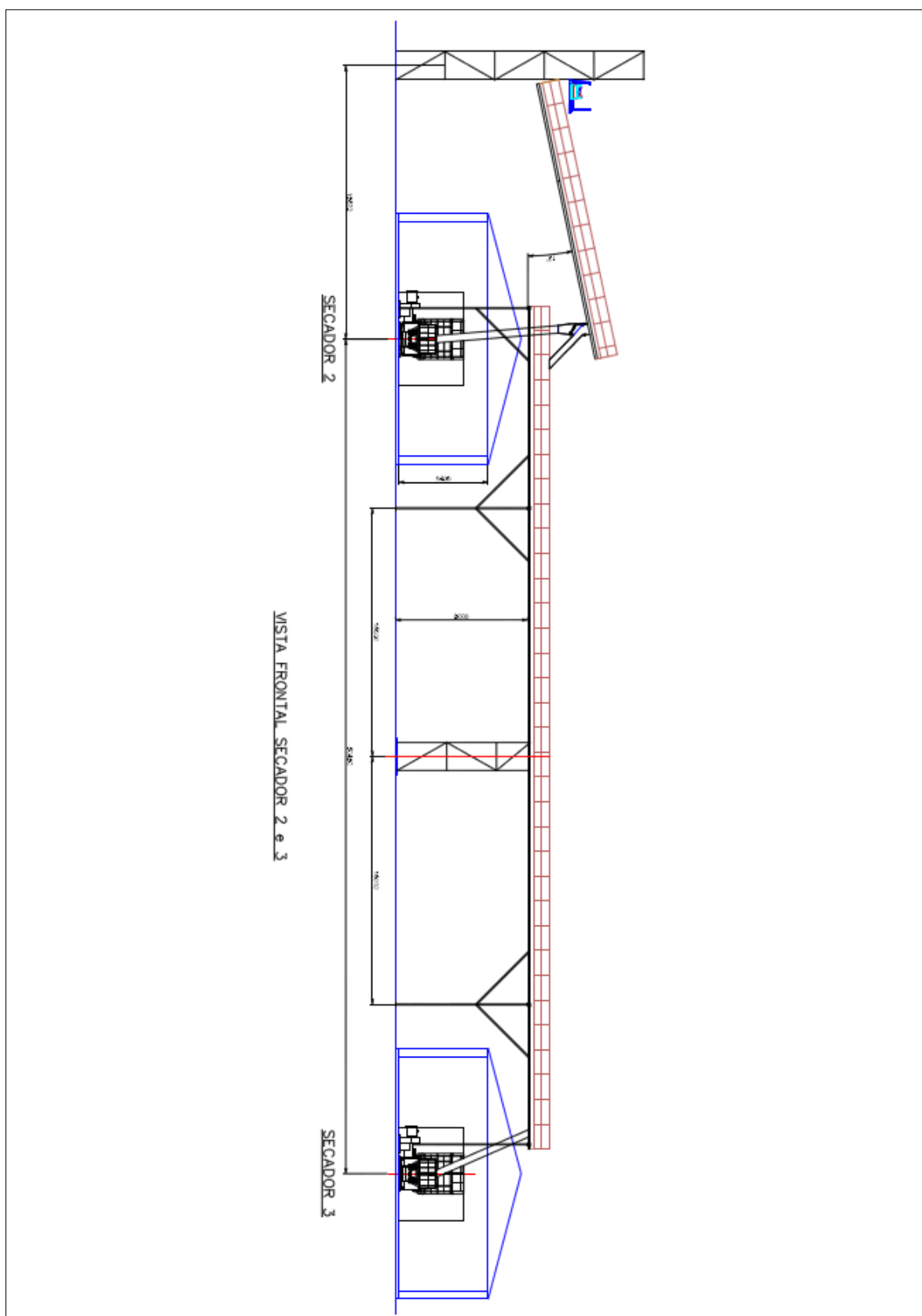
SENGER, R. **Análise do rendimento térmico de uma caldeira alimentada com lenha e toras**. Ponta Grossa: UTFPR, 2015.

SOUZA, Acilon B. **Projetos de Investimento de Capital: Elaboração, Análise e Tomada de Decisão**. São Paulo: Atlas, 2003.

SOUZA, S. N. M; SORDI, A.; OLIVA, C. A. **Potencial de energia Primária de Resíduos Vegetais no Paraná**. 4º Encontro de Energia no Meio Rural. 2002.

WOILER, S; MATHIAS, W.F. **Projetos: Planejamento, Elaboração, Analise**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

APÊNDICE A – LAYOUT DE EQUIPAMENTOS

APÊNDICE A – (CONTINUAÇÃO) LAYOUT DE EQUIPAMENTOS

APÊNDICE B – MEMORIAL DESCRITIVO DE EQUIPAMENTOS

MEMORIAL TÉCNICO DESCRITIVO - SISTEMA DE QUEIMA PARA BIOMASSA

1. CLASSE MECÂNICA

Este memorial descritivo apresenta o escopo e a descrição geral dos serviços a serem realizados pela empresa contratada.

1.1. Escopo do fornecimento.

Incluem o fornecimento de mão-de-obra especializada e equipamentos de qualidade que obedecem na íntegra as solicitações descritas nesta memorial.

1.2. Objetivo

O memorial descritivo estabelece o escopo geral do fornecimento, definem seus limites, as responsabilidades a serem assumidas pela CONTRATADA.

Este item também garante a satisfação do cliente, uma vez que entendidos as necessidades expressa neste memorial atendera o objetivo estudado para o projeto.

2. ESCOPO DE FORNECIMENTO DA CONTRATADA

A tabela abaixo mostra a descrição padrão para o fornecimento dos equipamentos:

Itens	SERVIÇOS
2.1	EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE.
2.2	PILARES E PASSARELA.
2.3	QUEIMADORES.
2.4	MÃO DE OBRA PARA MONTAGEM

2.1. EQUIPAMENTOS DE TRANSPORTE.

APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) MEMORIAL DESCRITIVO DE EQUIPAMENTOS

- Construído em aço galvanizado;
- Velocidade máxima de transporte: 2,2 m/s;
- Produto a ser transportado: cavaco (peso específico de 0,315 t/m³);
- Acionamento por 220/380 V, de potência weg / cestari ou SEW ;
- Itens com atendimento a NR12;
- A pintura da plataforma de manutenção deverá ser em cor amarelo segurança;
- Cobertura da fita deverá ser com chapa galvanizada com espessura mínima de 1.95mm;
- Suporte para sensores magnético 30mm (rotação);
- Os mancais deverão ser protegidos contra exposição de partes girantes (figura 1), conforme preconiza a norma NR-12.
- Proteção de rolos em baixo da correia transportadora.
- As correias inclinadas não poderão ultrapassar a inclinação de 33°, as correia deverão ser taliscadas com altura mínima de 1,5 cm;
- Partes moveis totalmente fechadas para evitar possíveis contatos de operadores

2.2. PILARES E PASSARELA

- Construído em aço galvanizado;
- Vão livre entre pilares deverão ter no mínimo 15 metros de espaçamento, assim atender todas as possibilidades de transito no local;
- Passarela em cantoneira laminada e galvanizada;
- Guarda corpo normatizado pela NPT-027, item 5.2.1.7.
- Escada de acesso com guarda corpo em amarelo segurança, linha vida com fornecimento de ART de execução e equipamento;
- “Correia com largura mínima 24”, três lonas;
- Peneira classificadora de cavaco para retiradas de metais, pedras entre outros;
- Gavetas desviadoras deverão ter cilindros pneumáticos, estes deverão conter os seguintes itens:
 - Cilindro Pneumático Parker Metal Work e ou Festo;
 - Conjunto Lubrefil;

APÊNDICE B – (CONTINUAÇÃO) MEMORIAL DESCRITIVO DE EQUIPAMENTOS

- Válvula pneumática 5/2 vias Parker Metal Work e ou Festo;
- Conexões QS;
- Mangueiras PU;
- Tensão das Bobinas deverá ser 24 Vcc;

2.3. QUEIMADORES.

- Capacidade Térmica requerida: 5.000.000 kcal/h;
- Quantidade mínima de cromo na grelha: 28%;
- Remoção de cinza automática;
- Grelha móvel com cilindros hidráulicos;
- Caixa silo para cavaco na entrada do queimador;
- Biomassa a ser queimada: cavaco de eucalipto a 35% de umidade;
- Cilindros pneumáticos a serem fornecidos deverão conter os seguintes itens:
 - Cilindro Pneumático Parker Metal Work e ou Festo;
 - Conjunto Lubrefil;
 - Válvula pneumática 5/2 vias Parker Metal Work e ou Festo;
 - Conexões QS;
 - Mangueiras PU;
 - Tensão das Bobinas deverá ser 24 Vcc;

2.4. MÃO DE OBRA PARA MONTAGEM.

- Descarga dos equipamentos por cota da empresa contratada;
- A empresa contratada deverá destinar uma pessoa, para limpeza diária do canteiro de obras, nem permitiremos de forma alguma, canteiro sujo ou mal organizado;
- Utilização de caminhão guincho ou munck fica por conta da empresa contratada.
- Empresa contratada deverá fornecer relatório semana da obra, assim como organização do canteiro e evolução da execução de montagem;

ANEXO A – TABELA DE PCI DA ALFA LAVAL

Alfa Laval Aalborg
Rua Divino Espírito Santo
1100, Carangola
Petrópolis, RJ
CEP: 25715-410

Tel: +55 24 2233-9963
Fax: +55 24 2237-6603
www.alfalaval.com
E-mail: dec.rto@alfalaval.com

PODER CALORÍFICO INFERIOR

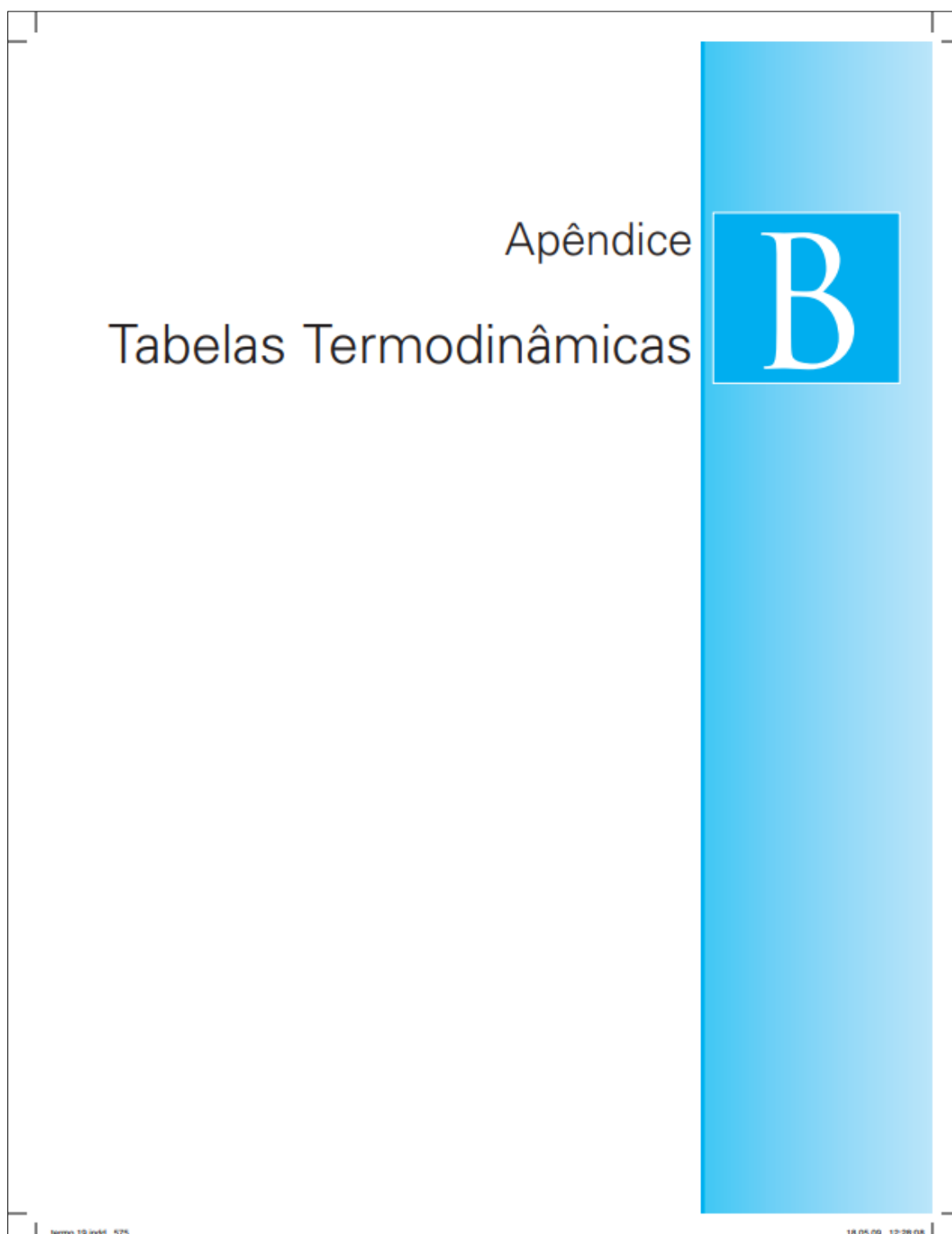
COMBUSTÍVEL	PCI
Alcool de cana	5.500 kcal/l
Apartas virilo	6.300 kcal/kg
Bagajo de cana (20% ÁGUA)	3.200 kcal/kg
Bagajo de cana (50% ÁGUA)	1.800 kcal/kg
Bambu (10% água)	3.700 kcal/kg
Borra de café	1.570 kcal/kg
Carvão de bambu	7.000 kcal/kg
Carvão mineral - Cambu/PR	6.200 kcal/kg
Carvão mineral - Charqueadas/RS	3.100 kcal/kg
Carvão mineral - Mina do leão/RS	4.200 kcal/kg
Carvão mineral - Tubarão/SC	4.500 kcal/kg
Carvão vegetal	7.500 kcal/kg
Casca de aroeira	2.200 kcal/kg
Casca de algodão	3.000 kcal/kg
Casca de amêndoa dendê	4.800 kcal/kg
Casca de arroz (12% água)	3.300 kcal/kg
Casca de babaçu	4.000 kcal/kg
Casca de cacau (8% água)	3.900 kcal/kg
Casca de café	3.800 kcal/kg
Casca de castu	4.700 kcal/kg
Casca de côco	4.000 kcal/kg
Casca de eucalipto	3.750 kcal/kg
Casca de ianino úmido (58% água)	800 kcal/kg
Casca de soja	3.300 kcal/kg
Cavaco (eucalipto)	4.300 kcal/kg
Cavacos de pinho	2.500 kcal/kg
Coque de gás	5.400 kcal/kg

COMBUSTÍVEL	PCI
Coque de lenha	7.500 kcal/kg
Coque metalúrgico	7.200 kcal/kg
Fibras de palmeira (48% de água)	2.000 kcal/kg
Fibras de palmito	3.800 kcal/kg
Filme polietileno	5.600 kcal/kg
Gas de água	4.000 kcal/Nm³
Gas de água carburetado	6.000 kcal/Nm³
Gas de alto forno	700 kcal/Nm³
Gas de biodigestor (biogas)	5.000 kcal/Nm³
Gas de coqueira	4.300 kcal/Nm³
Gas de gasogênio	1.250 kcal/Nm³
Gas de nafta	4.220 kcal/Nm³
Gas GLP (50%)	11.025 kcal/kg
Gas natural	9.065 kcal/Nm³
Lascas de madeira	3.300 kcal/kg
Lenha (40% água)	2.400 kcal/kg
Lenha (seca) (12% água)	3.690 kcal/kg
Madeira de calceitos	3.800 kcal/kg
Madeira muito seca	4.800 kcal/kg
Madeira pinho (seca ao ar)	3.500 kcal/kg
Madeira verde	2.500 kcal/kg
Óleo combustivel 1A	9.750 kcal/kg
Óleo combustivel 1B	9.940 kcal/kg
Óleo combustivel 2A	9.550 kcal/kg
Óleo combustivel 2B	9.920 kcal/kg
Óleo combustivel 3A	9.500 kcal/kg
Óleo combustivel 3B	9.870 kcal/kg

COMBUSTÍVEL	PCI
Óleo de algodão	8.050 kcal/l
Óleo de amendoim	8.000 kcal/l
Óleo de babaçu	7.770 kcal/l
Óleo de soja	8.125 kcal/l
Óleo diesel	8.520 kcal/l
Palha de amendoim (12% água)	3.100 kcal/kg
Palha de trigo (20% ÁGUA)	3.200 kcal/kg
Papel	4.200 kcal/kg
Piche alcatrão	8.600 kcal/kg
Pó de linho	4.000 kcal/kg
Pó de madeira fino (seco)	4.000 kcal/kg
Pó de madeira grosso (seco)	4.200 kcal/kg
Pó de tabaco	2.300 kcal/kg
Querosene	8.300 kcal/l
Recortes de couro (14% ÁGUA)	4.400 kcal/kg
Resíduos de juta	3.800 kcal/kg
Restos de borracha	4.000 kcal/kg
Sementes de girassol (9,5% água)	4.300 kcal/kg
Serragem de pinho (40% água)	2.000 kcal/kg
Serragem seca (20% água)	3.500 kcal/kg
Serragem + Cepilho (seco)	4.600 kcal/kg
Sisal (11% água)	3.400 kcal/kg
Sobra de serraria (pinho)	4.160 kcal/kg
Tecido nylon	7.300 kcal/kg
Tiapos de pano	4.200 kcal/kg
Turfa (seca ao ar) (25 a 6% água)	3000 - 5000 kcal/kg

Interior Heat Power

(Fonte: ALFA LAVAL, 2009)

ANEXO B – TABELAS TERMODINÂMICAS

(Fonte: VAN WYLEN, 2018)

ANEXO B – (CONTINUAÇÃO) TABELAS TERMODINÂMICAS

576 Fundamentos da Termodinâmica

Tabela B.1 — Propriedades termodinâmicas da água

Tabela B.1.1 Água saturada: tabela em função da temperatura												
Temp. °C	Pressão kPa	Volume específico (m³/kg)		Energia interna (kJ/kg)			Entalpia (kJ/kg)			Entropia (kJ/kg K)		
		Líquido sat.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.	Líquido sat.	Evap.	Vapor sat.
T	P	v_f	v_g	u_f	u_{fg}	u_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_{fg}	s_g
0,01	0,6113	0,001000	206,132	0,00	2375,33	2375,33	0,00	2501,35	2501,35	0,0000	9,1562	9,1562
5	0,8721	0,001000	147,118	20,97	2361,27	2382,24	20,98	2489,57	2510,54	0,0761	8,9496	9,0257
10	1,2276	0,001000	106,377	41,99	2347,16	2389,15	41,99	2477,75	2519,74	0,1510	8,7498	8,9007
15	1,705	0,001001	77,925	62,98	2333,06	2396,04	62,98	2465,93	2528,91	0,2245	8,5569	8,7813
20	2,339	0,001002	57,7897	83,94	2318,98	2402,91	83,94	2454,12	2538,06	0,2966	8,3706	8,6671
25	3,169	0,001003	43,3593	104,86	2304,90	2409,76	104,87	2442,30	2547,17	0,3673	8,1905	8,5579
30	4,246	0,001004	32,8922	125,77	2290,81	2416,58	125,77	2430,48	2556,25	0,4369	8,0164	8,4533
35	5,628	0,001006	25,2158	146,65	2276,71	2423,36	146,66	2418,62	2565,28	0,5052	7,8478	8,3530
40	7,384	0,001008	19,5229	167,53	2262,57	2430,11	167,54	2406,72	2574,26	0,5724	7,6845	8,2569
45	9,593	0,001010	15,2581	188,41	2248,40	2436,81	188,42	2394,77	2583,19	0,6386	7,5261	8,1647
50	12,350	0,001012	12,0318	209,30	2234,17	2443,47	209,31	2382,75	2592,06	0,7037	7,3725	8,0762
55	15,758	0,001015	9,56835	230,19	2219,89	2450,08	230,20	2370,66	2600,86	0,7679	7,2234	7,9912
60	19,941	0,001017	7,67071	251,09	2205,54	2456,63	251,11	2358,48	2609,59	0,8311	7,0784	7,9095
65	25,03	0,001020	6,19656	272,00	2191,12	2463,12	272,03	2346,21	2618,24	0,8934	6,9375	7,8309
70	31,19	0,001023	5,04217	292,93	2176,62	2469,55	292,96	2333,85	2626,80	0,9548	6,8004	7,7552
75	38,58	0,001026	4,13123	313,87	2162,03	2475,91	313,91	2321,37	2635,28	1,0154	6,6670	7,6824
80	47,39	0,001029	3,40715	334,84	2147,36	2482,19	334,88	2308,77	2643,66	1,0752	6,5369	7,6121
85	57,83	0,001032	2,82757	355,82	2132,58	2488,40	355,88	2296,05	2651,93	1,1342	6,4102	7,5444
90	70,14	0,001036	2,36056	376,82	2117,70	2494,52	376,90	2283,19	2660,09	1,1924	6,2866	7,4790
95	84,55	0,001040	1,98186	397,86	2102,70	2500,56	397,94	2270,19	2668,13	1,2500	6,1659	7,4158
100	101,3	0,001044	1,67290	418,91	2087,58	2506,50	419,02	2257,03	2676,05	1,3068	6,0480	7,3548
105	120,8	0,001047	1,41936	440,00	2072,34	2512,34	440,13	2243,70	2683,83	1,3629	5,9328	7,2958
110	143,3	0,001052	1,21014	461,12	2056,96	2518,09	461,27	2230,20	2691,47	1,4184	5,8202	7,2386
115	169,1	0,001056	1,03658	482,28	2041,44	2523,72	482,46	2216,50	2698,96	1,4733	5,7100	7,1832
120	198,5	0,001060	0,89186	503,48	2025,76	2529,24	503,69	2202,61	2706,30	1,5275	5,6020	7,1295
125	232,1	0,001065	0,77059	524,72	2009,91	2534,63	524,96	2188,50	2713,46	1,5812	5,4962	7,0774
130	270,1	0,001070	0,66850	546,00	1993,90	2539,90	546,29	2174,16	2720,46	1,6343	5,3925	7,0269
135	313,0	0,001075	0,58217	567,34	1977,69	2545,03	567,67	2159,59	2727,26	1,6869	5,2907	6,9777
140	361,3	0,001080	0,50885	588,72	1961,30	2550,02	589,11	2144,75	2733,87	1,7390	5,1908	6,9298
145	415,4	0,001085	0,44632	610,16	1944,69	2554,86	610,61	2129,65	2740,26	1,7906	5,0926	6,8832
150	475,9	0,001090	0,39278	631,66	1927,87	2559,54	632,18	2114,26	2746,44	1,8417	4,9960	6,8378
155	543,1	0,001096	0,34676	653,23	1910,82	2564,04	653,82	2098,56	2752,39	1,8924	4,9010	6,7934
160	617,8	0,001102	0,30706	674,85	1893,52	2568,37	675,53	2082,55	2758,09	1,9426	4,8075	6,7501
165	700,5	0,001108	0,27269	696,55	1875,97	2572,51	697,32	2066,20	2763,53	1,9924	4,7153	6,7078
170	791,7	0,001114	0,24283	718,31	1858,14	2576,46	719,20	2049,50	2768,70	2,0418	4,6244	6,6663
175	892,0	0,001121	0,21680	740,16	1840,03	2580,19	741,16	2032,42	2773,58	2,0909	4,5347	6,6256
180	1002,2	0,001127	0,19405	762,08	1821,62	2583,70	763,21	2014,96	2778,16	2,1395	4,4461	6,5857

(Fonte: VAN WYLEN, 2009)

ANEXO C – FATORES DE CONVERSÃO MÉTRICOS

ESPÉCIE	ESTÉREO (st)	METRO CÚBICO (m ³)	TONELADA (t)
Eucalipto com casca	1.00	0.70	0.61
	1.43	1.00	0.87
	1.65	1.15	1.00
Eucalipto sem casca	1.00	0.61	0.58
	1.64	1.00	0.95
	1.74	1.06	1.00
Pinus com casca	1.00	0.70	0.59
	1.43	1.00	0.83
	1.73	1.20	1.00
Pinus sem casca	1.00	0.57	0.55
	1.75	1.00	0.96
	1.83	1.04	1.00
Madeira para energia	1.00	0.50	0.34
	2.00	1.00	0.68
	2.94	1.47	1.00

(Fonte: VAN WYLEN, 2009)