

VANDERLEY DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E ECONÔMICA DA SECAGEM DE GRÃOS
UTILIZANDO SECADOR DE COLUNA COM CALDEIRA AQUATUBULAR**

**CASCADEL
PARANÁ - BRASIL
FEVEREIRO – 2014**

VANDERLEY DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E ECONÔMICA DA SECAGEM DE GRÃOS
UTILIZANDO SECADOR DE COLUNA COM CALDEIRA AQUATUBULAR**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura – PPGEA, linha de pesquisa: Racionalização de energia em processos agroindustriais, pelo mestrando Vanderley de Oliveira, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Prof. Orientador Dr. Reginaldo Ferreira Santos

Coorientador: Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza.

**CASCABEL
PARANÁ - BRASIL
FEVEREIRO - 2014**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Ficha catalográfica elaborada por Jeanine da Silva Barros CRB-9/1362

O52a Oliveira, Vanderley de
Avaliação energética e econômica da secagem de grãos utilizando secador de coluna com caldeira aquatubular. / Vanderley de Oliveira — Cascavel, PR: UNIOESTE, 2014.
83 p.

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.
Bibliografia.

1. Secagem. 2. Secadores de coluna. 3. Caldeira - Aquatubular. 4. Fontes alternativas de combustíveis sólidos. 5. Análise energética e econômica do sistema. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.

CDD 21^oed. 333.79

TERMO DE APROVAÇÃO

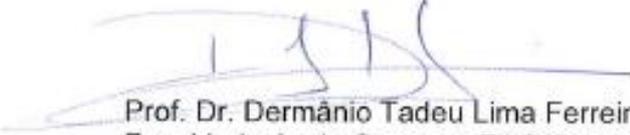
VANDERLEY DE OLIVEIRA

**"Avaliação energética e econômica da secagem de grãos utilizando
secador de coluna com caldeira aquatubular"**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovada** pela seguinte Banca Examinadora:


Orientador: Prof. Dr. Reginaldo Ferreira Santos
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel


Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel


Prof. Dr. Dermânio Tadeu Lima Ferreira
Faculdade Assis Gurgacz- FAG/Cascavel


Prof. Dr. Elvir José Assmann
Faculdade Assis Gurgacz- FAG/Cascavel

Não se escreve por se querer dizer alguma coisa,
escreve-se porque se tem alguma coisa para dizer.

Scott Fitzgerald

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Diagrama do Processo de Secagem	3
Figura 2	Relação entre Base úmida e seca	5
Figura 3	Secagem por convecção sem circulação de ar.....	6
Figura 4	Secagem por convecção com circulação de ar.....	6
Figura 5	Secagem por contato.....	7
Figura 6	Secagem Liofilizada	8
Figura 7	Secagem por vapor superaquecido.....	9
Figura 8	Caldeiras Aquatubulares – SSGB.....	10
Figura 9	Sistema de Trocador de Calor	10
Figura 10	Secador de Coluna.....	15
Figura 11	Secador de Coluna - Fluxo de ar na massa de Grãos.....	15
Figura 12	Secador de Coluna – Descarga volumétrica.....	16
Figura 13	Secador de Coluna – Descarga volumétrica.....	17
Figura 14	Preparo da amostra de lenha	22
Figura 15	Preparo da amostra de lenha	22
Figura 16	Amostra de Briquetes	23
Figura 17	Amostra de Briquetes	23
Figura 18	Industria de Briquetes	23
Figura 19	Amostra de Pelletes	24
Figura 20	Mapa do Paraná – Santa Helena - PR.....	36
Figura 21	Secador de Coluna - Fluxo de ar na massa de Grãos.....	38
Figura 22	Caldeira Aquatubular – AW 40	40
Figura 23	Trocador de Calor	40
Figura 24	Teste de calorimetria – Preparo do Equipamento	42
Figura 25	Teste de calorimetria – Preparo do Equipamento	42

Figura 26	Teste de calorimetria – Preparo da Amostra	42
Figura 27	Teste de calorimetria – Preparo da Amostra/Pesagem.....	42
Figura 28	Teste de calorimetria – Preparo do Equipamento	42
Figura 29	Teste de calorimetria – Lançamento de dados	42

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Projeções do Fluxo de Caixa	54
Gráfico 2	Projeções do Payback descontado	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Rendimento de Secagem em função do Produto	18
Tabela 2	Rendimento de Secagem em função da Umidade do produto.....	19
Tabela 3	Rendimento de Secagem em função da Temperatura	20
Tabela 4	Temperatura Máxima de Secagem na Massa de Grãos	20
Tabela 5	Rendimento de Secagem em função da Umidade do ar	21
Tabela 6	Valores da Qualidade do Combustível	29
Tabela 7	Dados Técnico do Secador – CM 150 DR.....	38
Tabela 8	Características Físicas da Madeira – Verde	39
Tabela 9	Características Físicas da Madeira – Seca	39
Tabela 10	Dados Técnicos da Caldeira AWD	41
Tabela 11	Poder Calorífero das principais fontes energéticas	44
Tabela 12	Parâmetro obtidos da Secagem - Produto e Amostra.....	45
Tabela 13	Parâmetro obtidos da Secagem – Ambiente.....	46
Tabela 14	Parâmetro obtidos da Secagem - Secador e Secagem.....	47
Tabela 15	Parâmetro obtidos da Secagem - Eficiência Energética.....	49
Tabela 16	Custos de Manutenção da Caldeira Aquatubular – AWD.....	51
Tabela 17	Custos Variáveis para a secagem – Energia Elétrica	52
Tabela 18	Custo Total Anual do Sistema	53
Tabela 19	Projeções de Recebimento e Secagem de produtos agrícolas	53
Tabela 20	Projeções de Receitas no investimento	53
Tabela 21	Resumo dos Indicadores Econômicos	58

OLIVEIRA, V. UNIOESTE, fevereiro de 2014. Avaliação Energética e Econômica da Secagem de Grãos Utilizando Secador de Coluna com Caldeira Aquatubular. Prof. Orientador Dr. Reginaldo Ferreira Santos .

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar os parâmetros energética e econômica da secagem de grãos, utilizando caldeira aquatubular. Visando uma avaliação energética e econômica da secagem de grãos, optou-se por pesquisar a secagem de grãos de milho, utilizando secador de coluna – duplo reaproveitamento – modelo Comil CM 150 DR e caldeira aquatubular – modelo CW 40. Realizou-se estudos dos conceitos e princípios de secagem; os dados técnicos do secador de coluna – CM 150 DR; a Caldeira – Aquatubular CW 40; as fontes alternativas de combustíveis sólidos e Análise Energética e Econômica do Sistema . Considerando-se que o principal desafio do armazenamento adequado de grãos é manter as qualidades físicas, químicas e biológicas que os grãos possuem, imediatamente após a colheita. A operação de secagem é uma parte importante do processamento que antecede a armazenagem e de extrema importância para este processo. A utilização racional da energia na secagem de produtos agrícolas pode contribuir para a economia de combustível e, obviamente, para a redução dos custos de secagem. O sistema de secagem com caldeira aquatubular, apresentou as seguintes vantagens: estabilidade e controle de temperatura; modulação da vazão de ar; economia de combustível; economia de energia elétrica; possibilidade de secagem de qualquer tipo de grão; possibilidade de secagem de sementes; eliminação do risco de incêndio. Na análise econômica, considerou um investimento de R\$ 350.000,00; a taxa média de atratividade (TMA) de 3,5 % a.a., o valor presente líquido (VPL) no período de 15 anos, será de R\$ 452.241,54. A taxa interna de retorno (TIR) é de 17,89 % a.a. O projeto apresentou índice de lucratividade (IL) de 1,29 % e taxa de retorno (TR) de 29 %, considerados atraentes. O período Payback, considerado como o tempo necessário para a recuperação do capital investido no projeto é de 7 anos, portanto ficando positiva e sinalizando viabilidade econômica..

Palavras-chaves: Secagem, secador de coluna, caldeira aquatubular, fontes energéticas e análise econômica-financeira.

OLIVEIRA, V. UNIOESTE, February, 2014. **Energy and Economical Evaluation of Grain Drying Using Column Dryer with Watertube Boiler**. Professor Advisor Dr. Reginaldo Ferreira Santos .

ABSTRACT

The present paper aimed at assessing the energy and economic parameters of grain drying, using a watertube boiler. Seeking an energy and economic evaluation of grain drying, it was chosen to research the drying of corn grains, using a column dryer – double reuse – model Comil CM 150 DR and a watertube boiler – model CW 40. Studies were accomplished about the concepts and principles of drying; the technical data of the column dryer – CM 150 DR; the Boiler – Watertube CW 40; the alternative sources of solid fuels and Energy and Economic Analysis of the System. Considering that the main challenge of the appropriate storage of grains is to maintain the physical, chemical and biological properties the grains hold, immediately after the harvest. The drying operation is an important part of the processing which precedes the storage, and extremely important for this process. The rational use of energy in the drying of agricultural products can contribute to an economy of fuel and obviously, to the reduction of the drying costs. The drying system with watertube boiler, showed the advances as follows: stability and control of temperature; modulation of air flow; fuel economy; electrical energy economy; possibility of drying any kind of grain; possibility of drying seeds; elimination of fire hazard. In the economical analysis, it was considered an investment of R\$ 350.000,00; the minimum acceptable rate of return (MARR) of 3,5% per year, the net present value (NPV) in the period of 15 years, will be R\$ 452.241,54. The internal rate of return (IRR) is 17,89 % per year. The project has presented profitability index (PI) of 1,29 % and rate of return (ROR) of 29 %, considered attractive. The Payback period, considered as the time required to recover the capital invested in the project, is 7 years, therefore staying positive and indicating economical viability.

Key words: Drying, column dryer, watertube boiler, energy sources and economic financial analysis.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	1
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
1. Secagem.....	2
1.1. Umidade de um Sólido.....	4
1.2. Métodos de Secagem.....	5
1.2.1. Secagem por convecção.....	6
1.2.2. Secagem por condução.....	6
1.2.3. Secagem por radiação	7
1.2.4. Secagem Dielétrica.....	7
1.2.5. Secagem por Liofilização	8
1.2.6. Secagem por Vapor Super Aquecido	9
1.2.7. Secagem em Leito Fludizado Ativos.....	9
1.2.8. Secagem com Secadores e Caldeiras Aquatubular.....	9
1.3. Sistemas de Secagem.....	11
1.3.1. Secagem Intermitente.....	11
1.3.2. Secagem Contínua.....	12
1.3.3. Secagem Combinada.....	13
1.3.4. Secagem Re-Secagem.....	13
1.3.5. Secagem Seca-Aeração.....	14
1.4. Secadores.....	14
1.4.1. Aspectos operacionais do secador	15
1.4.1.1. Torre de secagem	15
1.4.1.2. Fluxo de ar na massa de grãos	15
1.4.1.3. Temperatura.....	16
1.4.1.4. Descarga volumétrica.....	16

1.4.2. Rendimento do secador	18
1.4.2.1. Produto	18
1.4.2.2. Umidade de entrada e saída dos grãos	18
1.4.2.3. Temperatura de secagem	19
1.4.2.4. Temperatura e Umidade Relativa do ar	21
1.5. Fontes Energéticas	21
1.5.1. Principais fontes energéticas	22
1.5.1.1. Lenhas de Eucaliptus; Grevilhas e Leucenas	22
1.5.1.2. Briquetes	22
1.5.1.3. Pellets	24
1.5.1.4. Carvão	26
1.5.1.5. Sabugo de Milho	26
1.5.2. Poder Calorífico.....	27
1.6. Aspectos Econômicos	30
1.6.1. Análise Econômica do Sistema de Investimento	31
1.6.2. Estrutura de Custos -Despesas	31
1.6.3. Estrutura de Custos - Projeção do Fluxo de Caixa.....	32
1.6.4. Estrutura de Custos - Projeção do Demonstrativo de Resultado	33
1.6.5. Indicadores Econômicos de Investimentos	33
1.6.5.1. Taxa Média de Atratividade	33
1.6.5.2. Valor Presente Líquido (VPL)	33
1.6.5.3. Taxa Interna de Retorno (TIR)	34
1.6.5.4. Índice de Lucratividade	35
1.6.5.5. Período Pay back descontado	36
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
2.1. Local e Coleta de Dados	36
2.2 Secadores.....	37

2.2.1. Tipos de Secadores.....	37
2.2.2. Sistemas de Secagem.....	37
2.3. Fontes Energéticas	39
2.3.1. Lenha.....	39
2.4. Avaliação Energética	39
2.5. Sistema de Caldeira e Secador	40
2.6. Teste de Calorimetria de Biomassas para caldeiras	41
2.7. Análises Estatísticas e Ajuste de Equações	43
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
3.1. Análise Energética.....	43
3.1.1. Aspectos Energéticos - Poder Calorífico superior (PCS).....	43
3.1.1.1. Teste de médias	43
3.1.1.2. Poder Calorífico	44
3.1.2. Aspectos Energéticos da Secagem de Milho.....	45
3.1.2.1. Parâmetros da Secagem - Produto.....	45
3.1.2.2. Parâmetros da Secagem - Ambiente.....	46
3.1.2.3. Parâmetros da Secagem - Secador	47
3.1.2.4. Parâmetros da Secagem - Eficiência Energética.....	49
3.2. Aspectos Econômicos.....	50
3.2.1. Análise Econômica do Sistema de Investimento.....	50
3.2.1.1. Estrutura de Custos - Despesas.....	51
3.2.1.2. Estrutura de Custos - Receitas.....	53
3.2.1.3. Estrutura de Custos - Fluxo de Caixa.....	54
3.2.2. Demonstração de Resultados e Indicadores Econômicos	55
3.2.2.1. Taxa Média de Atratividade - TMA.....	55
3.2.2.2. Valor Presente Líquido - VPL.....	55
3.2.2.3. Taxa Interna de Retorno - TIR.....	56

3.2.2.4. Índice de Lucratividade (IL) e Taxa de Retorno (TR).....	56
3.2.2.5. Período Payback Descontado.....	57
3.2.3. Resumo dos indicadores Econômicos	58
4. CONCLUSÃO.....	59
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS.....	66

1. INTRODUÇÃO

A secagem é dentre as práticas de pós-colheita, uma das mais importantes, pois tem como finalidade: diminuir o teor de água do produto, permitir a armazenagem por períodos mais longos sem o perigo de deterioração do produto; antecipar a colheita; manter o poder germinativo por longos períodos; impedir o crescimento de microrganismos e insetos; minimizar a perda de produto no campo; e reduzir o volume e o peso a ser transportado. O elevado teor de umidade presente no produto armazenado, segundo AFONSO (2011), contribui para a perda do poder germinativo e do vigor das sementes; afeta a qualidade de amido, proteínas e induz a acidez do produto; desenvolve contaminações microbianas; afeta as estruturas físicas (= grãos inteiros); prejudica a boa conservação do produto; ocasiona perdas do teor nutritivo exigido pelo setor industrial e afeta as composições químicas médias e valores energéticos das espécies durante o seu armazenamento ou industrialização.

Portanto a secagem é a etapa do pré-processamento de produtos agrícolas que tem como principal finalidade a retirada de parte da água neles contida. BREMM (2012), cita que a secagem é o processo de pós-colheita que apresenta maior consumo energético, sendo de fundamental importância utilizar secadores que consumam uma quantidade mínima de energia para remover o máximo de água para a condição final desejada do produto. Conforme GROFF (2013), o consumo energético e energia na secagem é um insumo caro e escasso, sendo que sempre estaremos consumindo uma quantidade de energia superior na secagem ao calor latente de vaporização da água, que é algo em torno de 540 Kcal/Kg H_2O . AFONSO (2012), indica que o secador de coluna é o mais recente a ser introduzido no processo de secagem, apresentando internamente uma série de módulos verticais (colunas) por entre os quais o produto flui. BENECKE (2013) e SOBRINHO (2001), apresentam como alternativa de geração de calor o sistema de caldeira aquatubular, também chamadas de caldeiras de paredes de água ou de tubos de água. A água passa pelo interior dos tubos, que por sua vez são aquecidos pelas chamas de uma fornalha com aquecimento indireto circulantes no trocador de calor. As características apresentadas neste sistema, evidenciam na qualidade: sistema de

secagem com radiador; secagem limpa; não há contaminação por fumaça; não apresenta grãos ardidos pela secagem; após a secagem o cereal apresenta aparência brilhante; os grãos não sofrem trincas e pode variar a temperatura de secagem em função da umidade. No aspecto economia: Não há consumo de gás; apresenta o uso racional de lenha; pode ser utilizado biomassa (= cascas a granel ou prensada); redução de até 50% no consumo de lenha; custo unitário por unidade secada de até 70% menor; milho com qualidade excelente para o consumo humano; melhor programação e previsão de fontes de energia com antecedência (=economia). Na segurança: Equipamento seguro contra risco de acidente (= Fogo em secadores); a caldeira tem quadro elétrico que automatiza todas as funções; fornalha fechada; saída de fumaça por chaminé dimensionada (=poluição ambiental) e risco zero de incêndio no corpo do secador.

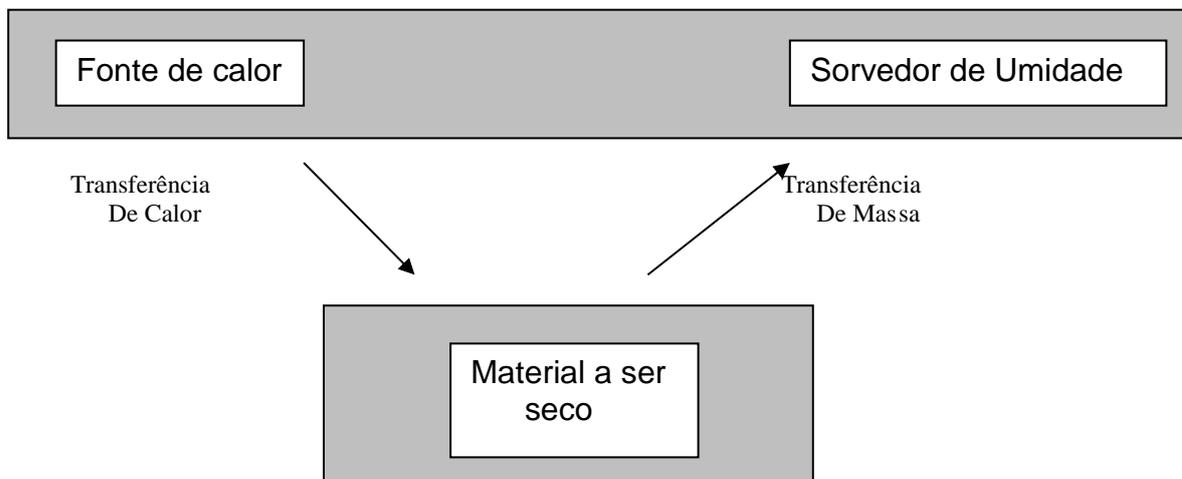
O Objetivo deste trabalho foi a avaliação energética-econômica da utilização de um secador de coluna com sistema de vapor em substituição a fornalha convencional. A avaliação energética dos sistemas de secagem, apresentou determinada através da metodologia desenvolvida por BAKKER-ARKEMA et al. (1978, apud SOBRINHO 2001, p.30). Houve o calculo da viabilidade econômica com a substituição, através do levantamento do potencial de redução do consumo de lenha (eucaliptus), com o sistema proposto no processo de secagem do milho .

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. SECAGEM

Conforme PARK (2007), a secagem é a remoção de uma substância volátil (comumente, mas não exclusivamente, água) de um produto sólido. E a quantidade de água presente no sólido é chamada de umidade. Esta definição de secagem exclui a concentração de uma solução e a remoção mecânica de água por filtragem ou centrifugação..

Exclui também métodos térmicos relatados à destilação. Durante a secagem é necessário um fornecimento de calor para evaporar a umidade do material e também deve haver um sorvedor de umidade para remover o vapor água, formado a partir da superfície do material a ser seco. (Figura 1).



Fonte; ALONSO (1998), citado por PARK (2007)

Figura 1. Diagrama do processo de secagem

O fornecimento de calor da fonte quente para o material úmido que promoverá a evaporação da água do mesmo e em seguida a transferência de massa arrastará o vapor formado.

Do ponto de vista de fornecimento de calor, os mecanismos básicos de transferência de calor empregados indicam os possíveis equipamentos necessários.

A retirada do vapor de água formado na superfície do material é analisada do ponto de vista de movimento do fluido, indicando também os possíveis equipamentos para esta finalidade. Assim, observa-se que dois fenômenos ocorrem simultaneamente quando um sólido úmido é submetido à secagem:

- _ Transferência de energia (calor) do ambiente para evaporar a umidade superficial. Esta transferência depende de condições externas de temperatura, umidade do ar, fluxo e direção de ar, área de exposição do sólido (forma física) e pressão.
- _ Transferência de massa (umidade), do interior para a superfície do material e sua subsequente evaporação devido ao primeiro processo. O movimento interno da umidade no material sólido é função da natureza física do sólido, sua temperatura e conteúdo de umidade.

PACHECO (2013), define secagem como a operação unitária de remoção de um líquido agregado a um sólido para uma fase insaturada através de vaporização térmica, ocorrendo em uma temperatura inferior aquela de ebulição do líquido na pressão do sistema.

Normalmente se mentaliza um sólido como algo com forma definida, em alguns casos o que se tem na alimentação do secador é uma pasta ou uma suspensão de sólidos ou ainda uma solução. Porém em qualquer situação o produto final é sólido com alguma umidade.

A fase gasosa chamada de meio de seca deve ser insaturada para que possa receber a umidade como vapor. O mecanismo de vaporização térmica para a remoção da umidade distingue a secagem dos processos de filtração e centrifugação.

A determinação da umidade e a presença da água no produto. O sistema comumente encontrado é o de um sólido úmido exposto ao ar em uma certa temperatura e umidade.

1.1. Umidade de um Sólido

O valor para a umidade de um sólido refere à base seca ou úmida. A terminologia usada indevidamente, pode levar a se receber um produto ou matéria prima com mais água do que se supõe.

Define-se umidade de um sólido na base seca (W_d) como o quociente entre a massa de umidade (M_a) e a massa do sólido isenta desta umidade (M_d):

$$W_d = \frac{M_a}{M_d} \quad (1)$$

W_d pode ser expresso por exemplo em kg de água por kg de sólido seco.

Define-se umidade de um sólido na base úmida (W_w) como o quociente entre a massa de umidade (M_a) e a massa do sólido úmido ($M_d + M_a$):

$$W_w = \frac{M_a}{M_a + M_d} \quad (2)$$

W_d pode ser expresso por exemplo em kg de água por kg de sólido úmido.

A transformação da umidade de uma base para outra pode ser obtida pelas seguintes expressões e pela Figura 2.:

$$W_w = \frac{W_d}{1 + W_d} \quad (3)$$

$$W_d = \frac{W_w}{1 - W_w} \quad (4)$$

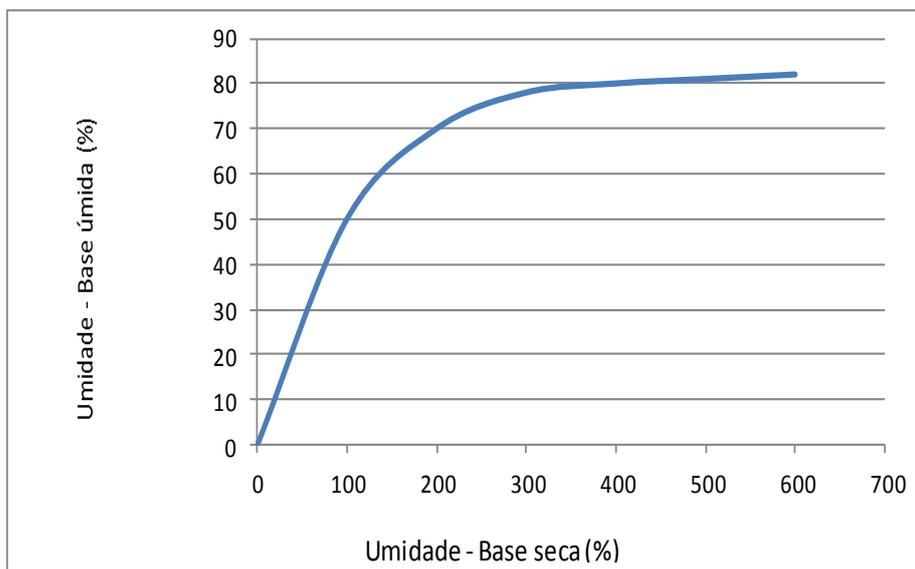


Figura 2. Relação entre base úmida e seca
Fonte: Pacheco (2013)

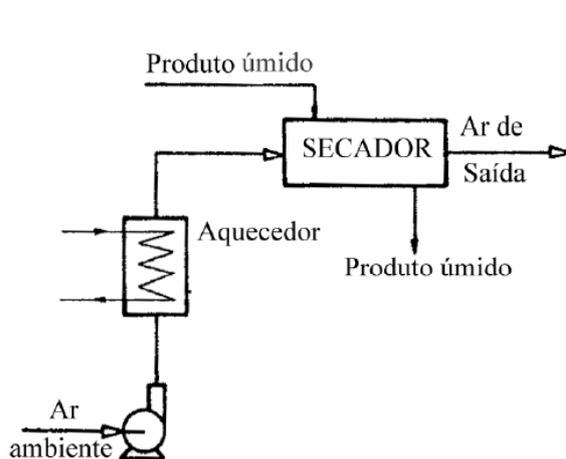
1.2. Métodos de Secagem

Segundo D'ARCE (2011), o calor se propaga de um ponto para outro por condução, convecção e irradiação térmica. O calor em uma massa de grãos é propagado por condução de grão para grão quando encontram-se em contato, é também conduzido por micro-convecção, em decorrência do fluxo de ar intergranular que se desloca. A massa de grãos é um bom isolante, oferecendo uma resistência ao fluxo de calor da ordem de 1/3 da resistência da cortiça. Conforme PARK (2007), existem vários métodos que podem ser utilizados para fornecer calor para o

material, assim é muito difícil classificar todos os métodos de secagem. Os mais importantes estão descritos a seguir (STRUMILLO e KUDRA, 1986; KEEY, 1978). Para se ter uma ideia geral são apresentados alguns exemplos.

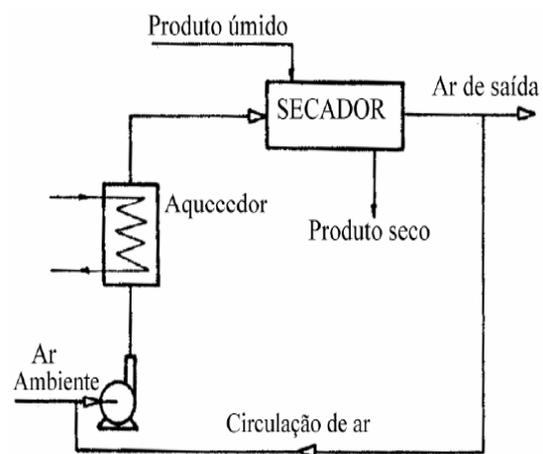
1.2.1. Secagem por convecção

Este é um dos métodos mais comuns, onde o calor sensível é transferido para o material por convecção. O agente de secagem (ar pré aquecido) passa sobre ou através do sólido, evaporando a umidade e transportando-a para fora do secador (Figura 3). Tendo em mente o aumento da eficiência térmica e a economia de energia, uma recirculação total ou parcial do ar de secagem é também muito utilizada (Figura 4). As condições de secagem podem ser controladas pela temperatura e umidade do ar aquecido.



Fonte: PARK (2007)

Figura 3: Secagem por convecção sem circulação de ar. .

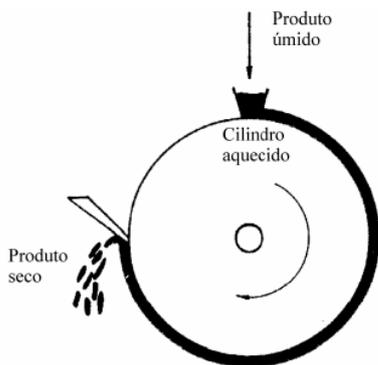


Fonte: PARK (2007)

Figura 4: Secagem por convecção Com circulação de ar

1.2.2. Secagem por condução

Se o material a ser seco é muito fino ou muito úmido, este método é o mais apropriado. O calor é fornecido ao material úmido por condução (contato) de superfícies aquecidas, que suportam ou confinam o material, tais como: bandejas, placas, cilindros ou paredes de secadores (Figura 5). A temperatura do material é maior do que na secagem por convecção e os coeficientes de transferência de calor do material para a superfície aquecida e da superfície aquecida para o ar aquecido governam o total de calor transferido ao material.



Fonte: PARK (2007)

Figura 5: Secagem por contato.

1.2.3. Secagem por radiação

A energia térmica pode ser suprida através de ondas eletromagnéticas ou infravermelho. Tendo-se que a penetração da radiação infravermelha é baixa, a secagem por radiação é geralmente usada para materiais finos, tais como filmes, pinturas e coberturas. Radiadores de baixa temperatura e lâmpadas de quartzo de alta temperatura são geralmente empregados como fonte de radiação infravermelha. Na secagem por radiação, o transporte de umidade e a difusão de vapor do sólido seguem as mesmas leis que a secagem por condução e convecção.

1.2.4. Secagem dielétrica

Embora a maioria dos materiais úmidos, especialmente quando quase secos, sejam pobres condutores de rádio-frequência na faixa de 20 Hz, a impedância de tais materiais permite que se tenha aquecimento elétrico como uma técnica factível.

O material é posto em um campo eletromagnético de frequência muito alta (na região de rádio-frequência ou microondas) que varia rapidamente de direção, causando a mudança de orientação nos dipolos de líquidos dielétricos ou polares. Esta mudança provoca uma geração de energia devido à fricção molecular.

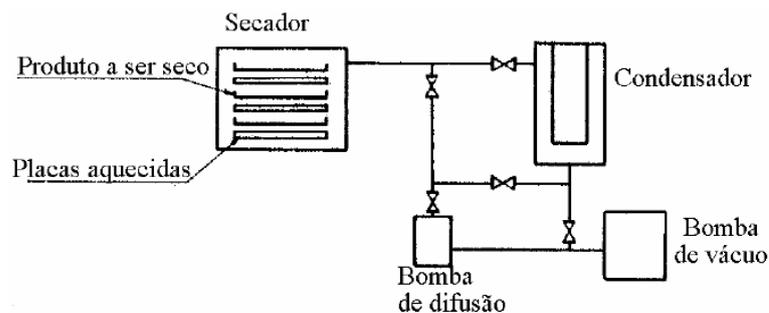
Desde que a constante dielétrica (que é proporcional à geração de calor) da água líquida é consideravelmente maior que materiais sólidos a serem secos, calor é produzido nas partes úmidas dos materiais. Assim a secagem dielétrica é uma boa escolha quando há pequenas variações de umidade no material a ser seco, e não há

maiores estresses na secagem. A técnica é muito cara, e poucas aplicações industriais foram reportadas.

1.2.5. Secagem por liofilização

Este método baseia-se na sublimação da água congelada do material colocado em uma câmara de secagem onde a pressão é abaixo do ponto tríplice da água. A energia requerida é geralmente suprida por radiação ou condução de bandejas aquecidas a taxas nas quais a temperatura do material não ultrapasse o valor de 0 ° C..

A umidade sublimada se condensa em placas refrigeradas localizadas em uma câmara do secador longe do material ou em um condensador separado (Figura 6). Este método é utilizado quando o material a ser seco não pode ser aquecido, mesmo com temperaturas baixas. Como uma regra, a secagem liofilizada é a que menos agride o material, produzindo um produto de melhor qualidade dentre todos os outros métodos. Entretanto, este método é muito caro, pois as taxas de secagem são baixas e usa-se o vácuo. A secagem liofilizada é utilizada para desidratar alimentos com dificuldades na secagem convencional, como aqueles que não podem ser aquecidos mesmo com temperaturas amenas, tais como: café, cebola, sopas, frutas e certos produtos do mar (LIAPIS, 1987).

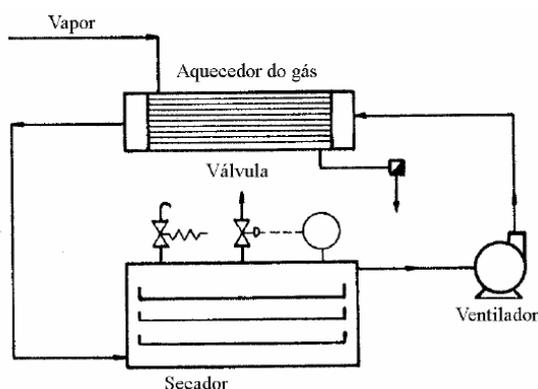


Fonte: PARK (2007)

Figura 6: Secagem liofilizada.

1.2.6. Secagem por vapor super aquecido

Neste processo, o secador é preenchido com ar quente e tem início a convecção. No decorrer do processo, a umidade evaporada começa a circular juntamente com o ar quente (Figura 7). Isto faz com que a pressão interna aumente e ative uma válvula de controle de pressão, a qual regula qualquer sobrepressão, retirando gradualmente o ar ainda presente no secador, fazendo com que a secagem ocorra no contato com o vapor superaquecido.



Fonte: PARK (2007)

Figura 7: Secagem por vapor super aquecido.

1.2.7. Secagem em Leito Fluidizados Ativos

Este método consiste na imersão do corpo sendo seco em um leito de uma substância dissecante, fluidizada pelo ar. O mecanismo de transferência de umidade da superfície do material para o leito dissecante possui uma natureza penetrativa; a força de secagem do processo é uma diferença entre a conteúdo de umidade do material dissecante em equilíbrio com a superfície e o centro do leito fluidizado.

1.2.8. Secagem utilizando secadores e caldeiras aquatubulares

As caldeiras aquatubulares, também chamadas de caldeiras de paredes de água ou de tubos de água. A água passa pelo interior dos tubos, que por sua vez são aquecidos pelas chamas de uma fornalha com aquecimento indireto circulantes no trocador de calor.

Segundo NOGUEIRA (1985 e 1986, apud SOBRINHO, 2001, p. 26), uma alternativa viável para utilização de biomassa como fonte de calor, visando à

preservação da qualidade do produto final, é a instalação de um sistema constituído caldeira associada a um ou mais trocadores de calor e substituindo as fornalhas de combustíveis sólidos. Nesse processo, o vapor fornecido pela caldeira passa pelo trocador de calor, que é aquecido. O ventilador do secador, por sua vez, força a passagem do ar ambiente pelo trocador de calor, injetando-o na massa de grãos, o que propicia a secagem. Esse sistema tem como vantagens a possibilidade de instalação, em paralelo, de vários secadores, economia de combustível e mão-de-obra, menor risco de incêndio, redução dos níveis de poluição do ambiente e uniformidade da temperatura do ar de secagem. Como principal desvantagem, pode-se ressaltar o elevado custo do investimento inicial para implantação e manutenção do sistema.

O equipamento consiste de trocadores de calor que utilizam vapor como fluido de aquecimento para a secagem de grãos e sementes, garantindo que a temperatura do ar que entra no secador seja constante. O sistema pode ser instalado em qualquer secador, conforme segue Figura 8 e 9.

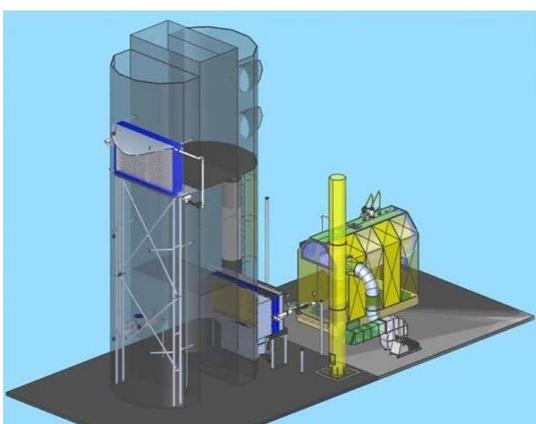


Figura 8: Caldeiras Aquatubulares
Benecke - SSGB
Fonte: BENECKE (2013)



Figura 9: Sistema de Trocador de Calor
Fonte: Foto do autor (2013)

SAGLIETTI (1991), apud SOBRINHO et al. p. 27. obteve 28% de eficiência térmica na secagem de café, numa fornalha a lenha, com sistema de aquecimento indireto do ar de secagem. Concluiu que o melhor rendimento operacional foi obtido com a maior abertura nos tubos do trocador de calor e, quanto maior o número de tubo abertos, maior o tempo de resistência do ar na fornalha, aumentando a troca de calor.

1.3 Sistemas de Secagem

Segundo ELIAS (2009), a secagem pode ser realizada por vários métodos, desde o natural e os naturais melhorados, até os de secagem forçada (que inclui a estacionária e as convencionais contínua, intermitente e secagem aeração).

Os métodos são considerados naturais quando ocorrem sem interferência humana na temperatura e nem no fluxo do ar. Os adaptados têm a interferência em pelo menos um desses fatores e usam estruturas construídas originalmente para outro fim, enquanto nos tecnificados a movimentação do ar ocorre por meio da ação de ventiladores e /ou exautores e há controle das condições térmicas do ar, o qual pode ser usado nas condições ambientais, sem aquecimento, ou após ser aquecido.

Para médias e grandes quantidades, são mais recomendáveis os métodos de sistemas tecnificados de secagem, os quais podem ser classificados em estacionários (de fluxo de ar axial ou radial), convencionais (contínuos ou intermitentes) e mistos (seca-aeração).

1.3.1. Secagem Intermitente

Pela secagem intermitente, segundo AFONSO (2011), consiste em utilizar a secagem em alta temperatura até o produto atingir o teor de umidade recomendado, transferindo o produto seco e frio/quente para o sistema de armazenagem (o produto atravessa mais de uma vez o secador). Nesse sistema de secagem o produto atravessa a câmara de secagem mais de uma vez retirando pontos percentuais de umidade em cada passagem até atingir o teor de umidade adequada.

CARVALHO PINTO (1993), realizando a secagem de café em um secador intermitente de fluxo contracorrente e resfriamento em concorrentes, a temperatura de 80, 100 e 120 ° C, obteve valores médios no consumo específico de energia iguais a 6.068, 5.657 e 5.685 kJ por kg de água evaporada, respectivamente.

OSÓRIO (1982), secou café em um secador intermitente de fluxo contracorrente e utilizando temperaturas do ar de secagem em 80, 100 e 120 ° C, obteve valores médios no consumo específico de energia iguais a 5.700, 4.870 e 4.760 kJ por kg de água evaporada.

Um secador onde cada carga é secada a cada vez, permitindo um exato ajuste dos parâmetros de secagem para cada situação particular do produto. Pode tanto ser efetuado em secadores convencionais de coluna ou cavalete quanto em com câmara de repouso.

Segundo GROFF (2002), neste último caso é possibilitada, mais facilmente, a secagem de cargas parciais do secador. Este sistema permite que o resfriamento seja feito no próprio secador, se assim for desejado ou possível. Alternativamente o produto pode ser resfriado em silos pulmões previamente ao secador, porém com maiores danos mecânicos.

1.3.2. Secagem Contínua

Na secagem contínua, consiste em utilizar a secagem em alta temperatura transferindo o produto seco e frio/quente para o sistema de armazenagem (o produto atravessa uma única vez o secador). Nesse sistema o produto permanece ao secador o tempo suficiente para reduzir o teor de umidade até o teor de umidade ideal ou recomendado para a conservação.

Um secador que procede a secagem de forma contínua, com grãos úmidos entrando e grãos secos saindo. A torre de secagem pode ser de cavaletes ou de coluna. O secador pode ou não dispor de zona de resfriamento e existe neste último caso um cuidado com a aeração que poderá ser ineficiente, devido o produto quente saindo do secador. Este sistema apresenta dificuldades em processar lotes muito pequenos pois secagem contínua com pouca agressão requer tempo de residência elevados e dificuldades para atender requerimento de preservação de identidade de produtos, divididos em muitas parcelas. Através do sistema de secagem contínua, predomina os métodos: secagem pelo sistema convencional; secagem com reaproveitamento de calor e secagem com torre inteira.

A secagem convencional é aquela em que o ar quente passa na parte superior da torre de secagem (2/3) e o ar frio na parte inferior da torre de secagem (1/3) WEBER (1998).

Na secagem com reaproveitamento de calor segue o mesmo processo descrito acima, apenas o ar frio é reaproveitado misturando-se com ar quente. Nesse processo temos vantagens, pois o ar esfriou os grãos, e, essa quantidade de ar que se aqueceu é aproveitada, gastando-se menos combustível (energia) do que se tivermos que esquentar todo o ar da camada de secagem (parte superior da torre de secagem).

Quanto a secagem com torre inteira significa que teremos ar quente em 3/3 (toda) da torre do secador. Nesse caso, teremos vantagem quando secamos parcialmente o produto, jogamos quente para o silo/armazém e completamos a secagem com aeração.

1.3.3. Secagem Combinada

Segundo AFONSO (2011), consiste em utilizar secagem em alta temperatura enquanto o produto tem alto teor de umidade e transferir o produto para um sistema de baixa temperatura cuja secagem será complementada. Neste sistema existe uma redução substancial de energia requerida para a secagem; pode dobrar a capacidade dinâmica dos secadores e a câmara de resfriamento não é utilizado. Como desvantagem, segundo o autor existe maior risco de deterioração devido maior teor de umidade e temperatura do produto colocado no sistema de baixa temperatura; requer constante monitoramento da qualidade do produto e necessita de retorno do produto no sistema de secagem.

1.3.4. Secagem Re-Secagem

AFONSO (2011), cita em utilizar a secagem com alta temperatura enquanto o produto tem alto teor de umidade, transferindo provisoriamente para o silo com sistema de aeração e, posteriormente retornando ao secador para complementar a secagem. Como vantagem, segundo o autor apresenta uma redução substancial de energia para a secagem; Pode dobrar a capacidade dinâmica dos secadores; a câmara de resfriamento dos secadores poderá ser utilizada; haverá um aumento do fluxo de recebimento de grãos pela unidade. Como desvantagens: Maior movimentação do produto podendo ocasionar danos; Necessidade de silos para

estocar o produto provisoriamente; requer monitoramento de qualidade do produto e planejamento de energia do sistema.

1.3.5. Secagem Seca-Aeração

Conforme AFONSO (2011), é o processo de secagem realizada a alta temperatura quando o produto apresenta maior teor de umidade, sendo transferido úmido e quente para um silo têmpera onde permanece por 6 a 8 dias em repouso para posterior aeração. Como vantagens: Redução no consumo de energia requerida para secagem; aumento na capacidade dinâmica dos secadores; redução nos danos térmicos; a câmara de resfriamento dos secadores não são utilizados; o sucesso do sistema depende da temperatura e do tempo que o produto permanece no silo têmpera; o produto é resfriado no silo têmpera com fluxos de ar de 05, a 1,0 m³ /min/m³ de grãos. Como desvantagens, o autor cita: Disponibilidade de silos têmperas para a realização do processo de secagem; Aumento da movimentação do produto; monitoramento constante da qualidade do produto nos silos têmpera; maior potência instalada nos ventiladores dos silos têmperas.

1.4. Secadores

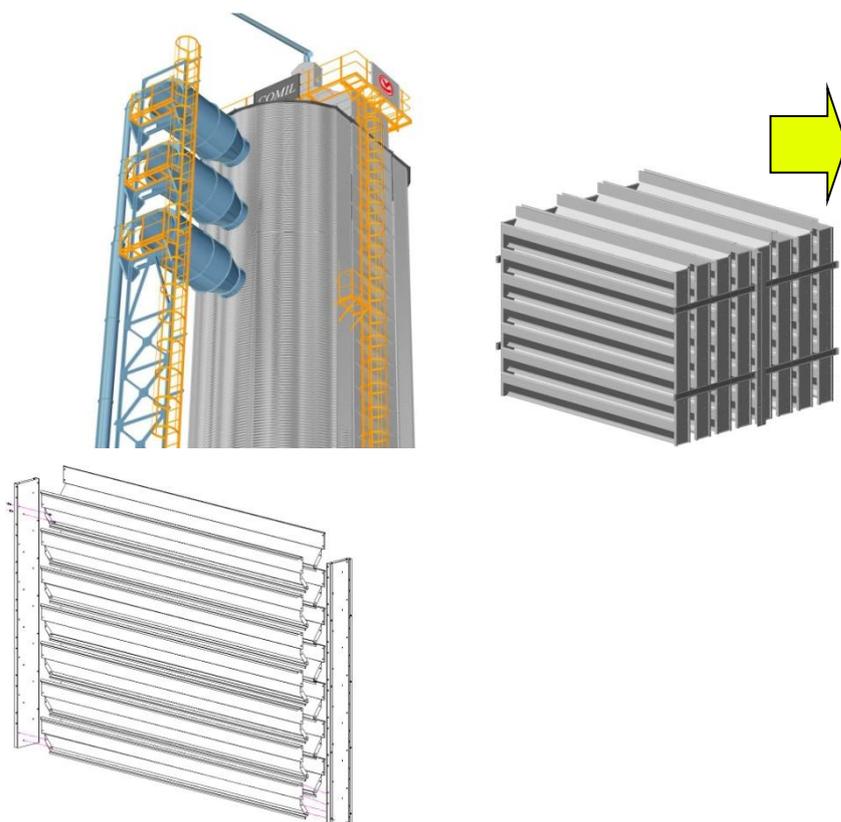
O secador é uma das “ peças “ do conjunto de secagem que merece atenção, cuidado e conhecimento para o bom funcionamento. Também precisamos saber que para obter um bom rendimento de secagem são necessários: uma boa e adequada fornalha, o ciclone com boa regulagem e utilização, bem como um bom exaustor que produza (puxe) um bom volume de ar. Sem ar não há secagem PUZZI (1986).

SILVA et al. 1995 apud SOBRINHO, 2001, p 27, mencionou que o desempenho dos secadores mecânicos é função de fatores como: teor de umidade inicial e final do produto, temperatura do ar de secagem, resistência oferecida ao fluxo de ar, temperatura e umidade relativa do ambiente, natureza da fonte de energia, sistema de carga do secador e características do ventilador.

1.4.1. Aspectos Operacionais do Secador

1.4.1.1. Torre de Secagem

Composta de painéis (espelhos) e dutos intercalados, é por onde a massa de grãos, desloca-se verticalmente, e recebe o fluxo de ar quente proveniente da fornalha, proporcionando a secagem dos grãos.



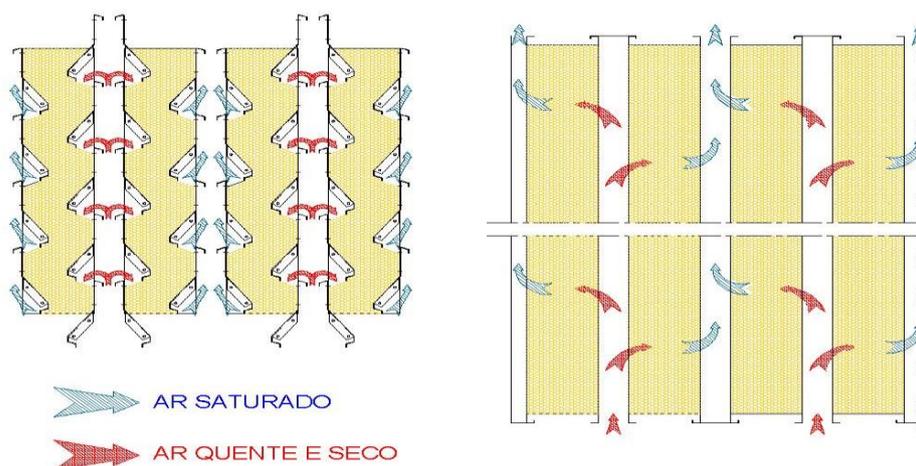
Fonte: Comil, Silos e Secadores (2013)
Figura 10: Secador de Coluna

1.4.1.2. Fluxo de ar na massa de grãos

Os secadores possuem venezianas para entrada de ar que possibilitam a mistura do ar ambiente com o ar proveniente da fornalha, obtendo-se assim a mistura ideal para a secagem.

Vista Frontal

Vista Superior



Fonte: Comil, Silos e Secadores (2013)

Figura 11: Secador de Coluna – Fluxo de ar na massa de grãos

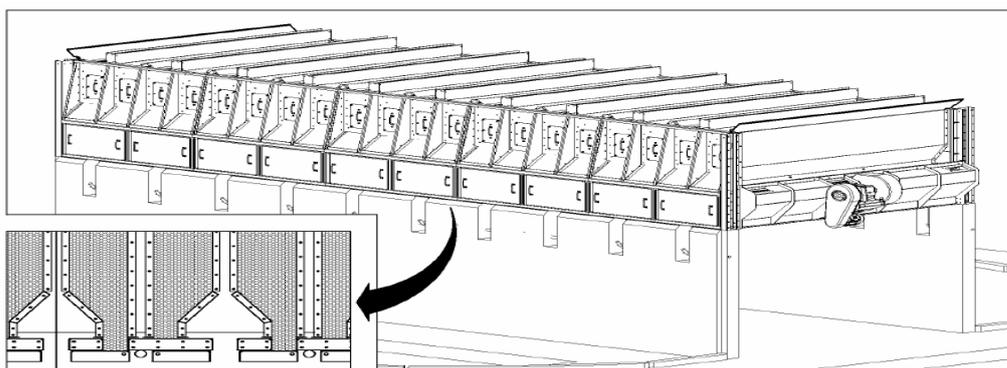
1.4.1.3. Temperatura

O monitoramento do ar de secagem é realizado em 3 pontos da torre, através de sensores localizados na entrada do primeiro estágio de secagem, no segundo estágio e na saída para os ventiladores. O aparelho de medição está incorporado ao quadro de comando de descarga, podendo ser programado para emitir sinal sonoro quando os valores saírem da faixa de temperaturas pré-programadas. A temperatura de secagem é dependente de fatores como: Tipo de produto; umidade e condições ambientais.

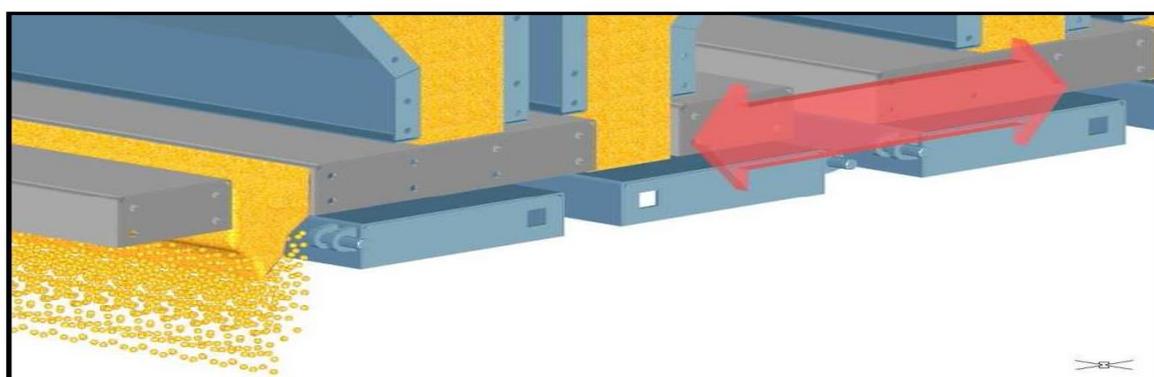
1.4.1.4. Descarga volumétrica

Consiste em um sistema composto por quadro de bandejas em chapa de aço galvanizado que em movimento oscilante horizontal deslocam-se até a coluna de grãos, carregando-se de um volume específico e em seguida descarregando-o para o funil inferior (Figura 12). Este movimento é produzido por um braço motorizado e se repete com certa frequência, proporcionando um descarregamento contínuo e muito uniforme, independente das impurezas que possam estar misturadas aos grãos.

Esta descarga assim como o funil inferior é modulada, dotada de tampas de inspeção e dispositivos que permitem melhor acesso para manutenção e limpeza do equipamento (Figura 13).



Fonte: Comil, Silos e Secadores (2013)
 Figura 12: Secador de Coluna – Descarga volumétrica



Fonte: Comil, Silos e Secadores (2013)
 Figura 13: Secador de Coluna – Descarga volumétrica

Segundo OLIVEIRA (2008), a secagem é influenciada por fatores extrínsecos e intrínsecos. Os **fatores extrínsecos** que influenciam na secagem são: Fluxo de ar na massa de grão (volume e movimento do ar); Fluxo do produto (grãos em movimento); Temperatura (temperatura do ar de secagem na massa de grãos); Temperatura e umidade relativa do ar ambiente. Cada um desses fatores interfere na secagem do cereal da seguinte maneira: quanto maior o volume de ar que passa pelo produto mais rapidamente ocorre a secagem; quanto maior a temperatura do ar que passa entre os grãos, mais umidade será retirado deles. O ar que passa entre os grãos tem a função de absorver a umidade da periferia dos grãos, carregando e conduzindo para fora da massa de grãos, e assim sucessivamente. Portanto, quanto maior o volume de ar (m^3 de ar / m^3 de massa de grãos / min), maior será o rendimento de secagem, ou seja, mais rápido seca. A temperatura tem duas funções básicas: reduzir a umidade relativa do ar de secagem; acelerar a saída de umidade

de dentro dos grãos. O grão ou massa de grãos em movimento facilita a secagem de maneira uniforme e homogênea. O volume de ar entrará pelos seguintes locais: Janelas dos cinzeiros da fornalha (ar primário); Janelas do ciclone (ar secundário); Algumas fornalhas têm também, depois da câmara de combustão e antes do ciclone; janela persiana para regulagem do ar; Janelas/persianas da câmara fria do secador. Quanto aos **fatores intrínsecos** que influenciam diretamente na eficiência de secagem: Equilíbrio do secador; Fornalha; Ciclone; Regulagem do Secador; Limpeza e Manutenção do Secador; Qualidade da Lenha;

1.4.2. Rendimento do secador

Segundo WEBER (1998), o rendimento de secagem está condicionado a determinados fatores: produto; umidade de entrada e saída do produto; temperatura de secagem; temperatura e umidade relativa do ar; tipo de lenha.

1.4.2.1. Produto

Weber (1998), relatou que o arroz como muito sensível, deve ser mantido a temperaturas máximas na massa de grãos entre 55 e 60°C, e por outro lado, outros produtos não são tão sensíveis como a soja que pode chegar à temperatura de até 110°C.

Tabela 1. Rendimento da secagem em função da temperatura de secagem relativa e as características de cada tipo de grão

Produto	Temperatura de secagem	Coeficiente
Soja	110°C	1,00
Milho	110°C	0,75
Trigo	100°C	0,70
Sorgo	90°C	0,54
Aveia	70°C	0,38
Feijão	70°C	0,22
Arroz	60°C	0,29
Girassol	60°C	0,36
Canola	60°C	0,35
Gergilim	60°C	0,30

Fonte: Adaptado de Comil, 2008

1.4.2.2. Umidade de entrada e saída dos grãos

Nas unidades de armazenagem é determinada por métodos diretos e indiretos da quantidade de água presente no produto. Para a secagem poderá definir a quantidade de água retirada de uma determinada quantidade de um determinado produto, segundo a fórmula proposta por Ribeiro e Viccari (2005):

$$P_i = P_f \times (100 - U_f / 100 - U_i)$$

Quanto maior for a quantidade de água a ser retirada, ou seja, a umidade de entrada, maior será o tempo de secagem gerando um coeficiente de correção conforme tabela

Tabela 2. Rendimento de secagem em função das umidades de entrada e saída do produto.

Umidade de entrada (%b.u.)	28	-	-	-	-	0,38	0,45	0,49	0,53	0,61	0,69
	27	-	-	-	-	0,40	0,48	0,52	0,57	0,66	0,75
	26	-	-	-	-	0,42	0,51	0,56	0,62	0,71	0,81
	25	-	-	-	-	0,45	0,54	0,60	0,67	0,78	0,89
	24	-	-	-	-	0,49	0,58	0,65	0,74	0,87	0,99
	23	-	-	-	-	0,54	0,63	0,72	0,84	0,97	1,13
	22	-	-	-	-	0,59	0,69	0,80	0,93	1,11	1,33
	21	-	-	-	0,50	0,66	0,77	0,90	1,08	1,30	1,58
	20	-	-	0,41	0,57	0,74	0,87	1,03	1,25	1,57	1,97
	19	-	0,31	0,46	0,65	0,84	1,03	1,22	1,47	1,93	-
	18	0,27	0,36	0,53	0,74	1,00	1,20	1,44	1,85	-	-
	17	0,32	0,43	0,62	0,85	1,17	1,42	1,80	-	-	-
16	0,37	0,52	0,72	0,98	1,40	1,78	-	-	-	-	
15	0,42	0,60	0,84	1,14	1,75	-	-	-	-	-	
14	0,48	0,71	0,98	1,41	-	-	-	-	-	-	
13	0,56	0,84	1,20	-	-	-	-	-	-	-	
12	0,67	0,98	-	-	-	-	-	-	-	-	
11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	Umidade de saída (%b.u.)										

Fonte: Comil, 2008

1.4.2.3. Temperatura de secagem

Influencia diretamente no tempo de secagem, sendo que segundo Weber (1998) para determinar a temperatura ideal de secagem, deve-se respeitar os parâmetros técnicos relativos a cada tipo de produto e suas respectivas finalidades,

levando em consideração o tempo que este ficara exposto àquela temperatura, administrando a secagem para que o produto não fique com teores de umidade fora do desejado, conforme tabela 3.

Tabela 3. Rendimento da secagem em função da temperatura de secagem

Temperatura	Rendimento
120°C/110°C	1,07
110°C/90°C	1,00
100°C/85°C	0,90
90°C/75°C	0,82
80°C/65°C	0,75
70°C/55°C	0,65
60°C/45°C	0,52
55°C/40°C	0,45

Fonte: Consilos, 2006.

Tabela 4. Temperatura máxima de secagem na massa de grãos

PRODUTO E DESTINO		° C
Temperatura		
CEREAIS		
MILHO	Sementes	44
	amido	55
	alimentação animal	82
Arroz em casca – até 20 % de umidade		44
Além de 20 % de umidade		40
Sorgo	Semente	44
	Amido	60
	Alimentação animal	82
Paíño	Semente	44
	Alimentação	65
Trigo	Semente até 24 % de umidade	49
	Semente além de 24 % de umidade	44
	Moagem	66
LEGUMINOSAS		
Feijão	Semente	38
	Alimentação animal	45
Soja	Semente	38
	Agroindústria	48

Amendoim	Semente	37
Café	Normal	45
	Com frutos verdes	30

Fonte: Puzzi(1986)

Segundo PUZZI (1986), analisando a tabela 4 verifica-se que, quanto mais úmido o produto, tanto menor deve ser a temperatura de secagem. As temperaturas mais altas são aquelas empregadas na secagem de produtos destinados à alimentação de animais. As temperaturas médias são aquelas usadas para os produtos que serão empregados nas agroindústrias e moinhos. As mais baixas são as usadas na secagem de grãos destinadas à semente. A temperatura, também ficará na dependência do teor de umidade inicial do grão. Os produtos quanto mais secos podem admitir maiores temperaturas.

1.4.2.4. Temperatura e Umidade relativa do ar

Estes parâmetros podem atingir um ponto de equilíbrio, conforme mostra tabela 5, sendo que quanto maior a temperatura e menor a umidade relativa do ar melhor será o rendimento da secagem, pois o ar utilizado na secagem estará mais seco.

Tabela 5. Rendimento da secagem em função da temperatura e umidade relativa do ar.

Umidade Relativa	Temperatura ambiente					
	5°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
50%	0,91	0,93	0,99	1,01	1,01	1,01
60%	0,90	0,93	0,97	1,00	1,00	1,01
70%	0,89	0,91	0,93	0,97	0,97	0,97
80%	0,89	0,91	0,93	0,92	0,92	0,91
90%	0,92	0,89	0,91	0,90	0,89	0,87

Fonte: Consilos, 2006.

1.5. Fontes Energéticas

Segundo GAUZA (1999), é na fornalha que ocorre a queima/combustão da lenha. Precisamos dar a ela as condições ideais para que haja uma boa queima e boa produção de energia térmica. É preferível sempre termos um bom nível de fogo

na fornalha e grande entrada de ar (fornalha e ciclone) para obtermos uma boa secagem, do que termos pouco fogo e pouca entrada de ar.

Oliveira (2010), cita que a qualidade da matéria prima, como fonte energética é um fator de extrema importância para a geração de energia de alto rendimento, baixo custo e elevada qualidade do processo de secagem. Características como densidade básica, poder calorífico, constituição química e umidade estão entre os principais critérios de seleção do material para esta atividade.

1.5.1. Principais Fontes Energéticas utilizadas na Secagem de Grãos

1.5.1.1. LENHA de Eucaliptus; Grevilhas e Leucenas

Os *Eucalyptus* são base para várias indústrias, como a serração, celulose, carvão vegetal e principal lenha para secagem de grãos (Figuras 14 e 15) .



Figura 14 : Preparo da amostra de Lenha
Fonte: Autor do projeto (2013)



Figura 15 : Preparo da amostra de Lenha
Fonte: Autor do projeto (2013)

As Grevilhas (*Grevillea robusta*) e Leucena (*Leucaena leucocephala*), são alternativas como combustíveis para fontes energéticas na utilizações da secagem de grãos, conforme disponibilidade regional.

1.5.1.2. BRIQUETES

ROCHA (2013), cita que a lenha e o carvão vegetal são importantes fontes de energia no Brasil, porém grande parte deles ainda vem de origem ilegal, com derrubada de árvores em florestas nativas. Uma alternativa ambientalmente correta

é a fabricação de briquetes – uma fonte concentrada e comprimida de material energético que pode ser queimado no lugar da lenha em casa, em caldeiras, nos secadores de grãos e em fornos de pizzarias e padarias. O briquete (Figuras 16 e 17), segundo o pesquisador é uma LENHA ECOLÓGICA, que apresenta como características: alto poder calorífico; regularidade Térmica; gera menos cinza e fumaça; polui menos do que outros tipos de combustíveis; ocupa menos espaço para armazenagem; fácil manuseio; mais higiênico e possui boa aparência; reduz o custo na geração de energia; ecologicamente correto; não usa aglutinantes; feito a partir de resíduos selecionados; sem sujeira e insetos. A região dispõe de indústria de briquete, conforme Figura 18.



Figura 16: Amostras de Briquetes
Fonte: Autor da pesquisa (2013)



Figura 17: Amostras de Briquetes
Fonte: Autor da pesquisa (2013)



Figura 18: Indústria de Briquetes - Capitão Leônidas Marques - PR
Fonte: Autor da pesquisa (2013)

GENTIL (2008), estudando o mercado para o briquete, constatou vários usos em diversos segmentos do mercado; no entanto, a lenha tem sido utilizada nestes

segmentos, sendo hoje, seu maior rival, pois o consumidor compra preço e, não energia e, neste caso, a lenha leva vantagem.

O briquete é um produto técnico e economicamente viável sendo os seguintes os fatores da sua preferência: o aumento da demanda por energia; o aumento dos preços do petróleo, por ser um combustível fóssil e portanto, finito; a crescente consciência ecológica, o que dificultará cada vez mais a oferta da lenha nativa; redução do preço pela futura escala de produção. Em função disto o quadro que se apresenta para o futuro do briquete é favorável e certamente terá o seu consumo registrado no Balanço Energético Nacional, consolidando, assim pela informação oficial, a sua maior participação no mercado

1.5.1.3. PELLETS

Segundo a PRESTENERGIA (2013), os pellets de madeira (Figura 19), são um tipo de lenha, geralmente produzidos a partir de serragem ou serradura de madeira refinada e seca que depois é comprimida. Para obter um bom pellet de madeira, é necessário possuir serradura fresca, de primeira transformação, proveniente de serrações locais. Não deve ser utilizada serradura de pellets usados, nem serradura de carpintarias (que, em geral, possui resíduos de produtos químicos), nem desperdícios de madeira fabricada. Para fazer um pellet de madeira 100% natural, não é necessário cola nem qualquer outro aditivo.

Os pellets de madeira são granulados cilíndricos com 6 a 8 milímetros (mm) de diâmetro, e com 10 a 40 mm de comprimento. Os pellets são extremamente densos e devem ser fabricados com um baixo índice de humidade (abaixo de 1%), o que lhes permite serem consumidos (isto é, queimados) com uma elevada eficiência calorífica. Para obter um rendimento óptimo, é necessário fazer uma montagem precisa do pellet utilizando diferentes tipos de madeira com elevado poder calórico. Além disso, a geometria regular e o pequeno tamanho dos pellets de madeira possibilitam uma alimentação contínua e extremamente calibrada das caldeiras que realizam a combustão dos pellets.

A alta densidade dos pellets de madeira também permitem um armazenamento compacto e um transporte mais económico a longas distâncias. Os pellets podem ser facilmente descarregados de um veículo de transporte para o seu

local de armazenamento nas instalações do cliente. A energia calorífica contida nos pellets de madeira é de aproximadamente 4,8 MWh por tonelada.



Figura 19: Amostra de Pelletes
Foto: Autor da pesquisa (2013)

PRESTENERGIA (2013), cita que a utilização dos pellets de madeira como combustível, em relação a outros tipos de combustíveis mais conhecidos, são as seguintes:

- Os pellets de madeira são o combustível sólido mais limpo. Devido às caldeiras de combustão altamente eficiente desenvolvidas ao longo dos últimos anos, a emissão de compostos químicos, como óxidos de nitrogénio (NOX), ou compostos orgânicos voláteis, é muito reduzida, o que torna os pellets de madeira uma das formas de aquecimento menos poluentes disponíveis actualmente no mercado.
- Devido ao tratamento na sua transformação, a humidade dos pellets é extremamente reduzida, o que permite que a combustão seja muito mais eficiente e liberte muito menos fumo que a lenha normal. Além disso, o seu tamanho reduzido permite dosear unidade a unidade a quantidade que vai ser queimada para produção de energia.
- Não é necessário cortar árvores para a produção de pellets de madeira, porque a matéria-prima necessária são serrações e os desperdícios gerados pela própria floresta.
- Como a sua matéria-prima são subprodutos da indústria do mobiliário e desperdícios gerados pela própria floresta, o preço dos pellets de madeira tem de ser obrigatoriamente mais barato do que os preços de outros tipos de combustíveis. Além disso, o preço dos pellets de madeira não depende dos acontecimentos mundiais (conflitos, guerras, etc.): é estável e previsível.

- Como consequência, os pellets de madeira reduzem a nossa dependência energética em relação ao gás e ao petróleo.
- Os pellets de madeira são uma forma sustentável de energia. A extração da matéria-prima necessária para a produção dos pellets de madeira tem como consequência a limpeza das florestas, o que, por sua vez, contribui para uma grande redução do risco de incêndios, uma vez que a matéria que ficaria ao abandono serve apenas para atear e propagar os fogos florestais.
- Os pellets de madeira são uma energia renovável que, ao contrário das restantes, apresenta uma disponibilidade permanente, isto é, está disponível quando dela necessitamos. Por exemplo, a energia solar está disponível no Verão quando não temos tanta necessidade de aquecimento, mas não se encontra tão disponível no Inverno, quando mais precisamos dela.
- Uma tonelada de pellets de madeira produz sensivelmente a mesma energia que uma tonelada e meia de madeira; assim sendo, os pellets de madeira ocupam muito menos espaço de armazenamento.
- O armazenamento dos pellets de madeira também é mais seguro, porque não possuem os riscos associados ao gás e ao gasóleo: não há fugas nem perigo de explosão.
- Os pellets de madeira são um combustível limpo, natural, renovável e amigo do ambiente; assim sendo, estão previstos benefícios fiscais para a aquisição de sistemas de utilização de pellets de madeira.

1.5.1.4. Carvão

Segundo SILVA (1998), o carvão vegetal é um produto obtido artificialmente em fornos especiais através da carbonização da lenha, com uma eficiência de conversão de 50-55%, e sua utilização principal é na siderurgia. A viabilidade do carvão vegetal como fonte de energia limpa para a secagem de produtos agrícolas e a geração de calor praticamente livre de fumaça densa e de contaminantes durante o processo de secagem dos grãos.

1.5.1.5. Sabugo de Milho

Segundo PRECCI (1995), os resíduos agrícolas provenientes de lavouras comerciais, se fossem utilizados como fontes de energia para a secagem, seriam mais do que suficientes para a secagem dos produtos que lhes deram origem. O calor produzido pela queima de um sabugo de milho seria suficiente para secar os grãos de duas ou três espigas. Aproximadamente, 70% do total de sabugos produzidos em uma lavoura seria suficiente para a secagem dos grãos e do próprio sabugo.

1.5.2. Poder calorífico

O Poder Calorífico é a quantidade de energia por unidade de massa (ou de volume, no caso dos gases) liberada na oxidação de um determinado combustível.

Segundo SILVA (1998), Para determinação do PCS podem ser empregados três métodos (CETEC, 1988):

– Método experimental

Para os combustíveis sólidos, o calorímetro de uso mais generalizado é de Berthelot-Mahler, comumente chamado de Bomba Calorimétrica de Mahler. Seu funcionamento baseia-se na combustão completa de uma amostra de combustível de massa conhecida, em atmosfera rica em oxigênio. Após o balanço de calor tem-se o poder calorífico superior, pois para chegar ao equilíbrio, após a combustão, ocorre a condensação do vapor de água.

– Método analítico

O cálculo é feito a partir da composição química e baseado na entalpia de reação de um corpo composto, que é igual ao somatório dos valores dos poderes caloríficos de cada um dos componentes. Este método é menos exato que o experimental, já que não leva em consideração o calor de dissociação necessário para separar as moléculas dos componentes; porém, os valores obtidos são próximos aos do calorímetro. A diferença observada, para muitos combustíveis, é de 1 a 2% (CETEC, 1988).

Segundo SILVA (1988), o poder calorífico pode ser determinado pela equação:

$$PCS = 33774 \cdot P_c + 141744 \cdot \left[P_{H_2} - \frac{P_{O_2}}{8} \right] + P_s \quad \text{eq. 1}$$

em que

PCS = poder calorífico superior, kJ.kg^{-1} ;

P_c = fração de carbono, kg de C. $\text{kg de combustível}^{-1}$;

P_{H_2} = fração de hidrogênio, kg de H_2 . $\text{kg de combustível}^{-1}$;

P_{O_2} = fração de oxigênio, kg de O_2 . $\text{kg de combustível}^{-1}$; e

P_s = fração de enxofre, kg de S. $\text{kg de combustível}^{-1}$.

O poder calorífico inferior (PCI) do combustível seco pode ser calculado por meio da equação a seguir, conhecida como fórmula de Dulong (SILVA, 1988):

$$PCI = PCS - 2450 \cdot (9 \cdot P_{H_2}) \quad \text{eq. 2}$$

em que

PCS= poder calorífico superior, kJ.kg^{-1} , calculado pela equação anterior;

P_{H_2} = fração de hidrogênio no combustível, $\text{kg de } H_2 \cdot \text{kg de combustível}^{-1}$.

O P.C.I. é dado apenas pelo primeiro termo, isto é, a energia liberada na forma de calor. Para combustíveis que não contenham hidrogênio na sua composição, o valor de P.C.S. é igual ao do P.C.I., porque não há a formação de água e conseqüentemente não há energia gasta na sua vaporização.

Assim, o P.C.S. é sempre maior ou igual ao P.C.I., pois o P.C.S. aproveita a entalpia de condensação da água. O valor de aquecimento ou de poder calorífico de uma substância, geralmente um combustível ou alimentos (ver a energia do alimento), é a quantidade de calor liberado durante a combustão de um determinado montante do mesmo. O valor calórico é uma característica para cada substância. É medido em unidades de energia por unidade de substância, geralmente massa, tais como: kcal/kg , kJ.kg^{-1} , J/mol , Btu/m^3 . O valor de aquecimento é normalmente determinado pelo uso de um calorímetro.

SILVA (1998), cita que para os combustíveis sólidos, o calorímetro (= método experimental) de uso mais generalizado é de Berthelot-Mahler, comumente chamado de Bomba Calorimétrica de Mahler. Seu funcionamento baseia-se na combustão completa de uma amostra de combustível de massa conhecida, em atmosfera rica em oxigênio. Após o balanço de calor tem-se o poder calorífico superior, pois para chegar ao equilíbrio, após a combustão, ocorre a condensação do vapor de água.

– Método empírico

Quando se dispõe apenas da análise química imediata, pode-se estimar o poder calorífico por meio das equações:

$$\text{Para lenha: PCI} = 4186,8.[4383 - 49,7.(W)] \quad \text{eq. 3}$$

$$\text{Para carvão vegetal: PCS} = 4,180.(82.CF + a.MV) \quad \text{eq. 4}$$

em que

CF = carbono fixo, %;

a = coeficiente dependente da qualidade do combustível, adimensional;

MV = matérias voláteis, %; e

W = teor de umidade, %.

A equação 15 se aplica a carvões cuja presença de voláteis (MV) não seja superior a 40%. Os valores de **a** se encontram na Tabela .

Tabela 6 - Valores de **a** em função dos teores de matérias voláteis (MV) e carbono fixo (CF)

MV	a
MV + CF	
0,05	150
0,05	145
0,10	130

0,5	117
0,2	109
0,25	103
0,30	96
0,35	89
0,40	80

Fonte: CETEC (1988)

O fator que mais influi no poder calorífico de um combustível é a presença de umidade em sua estrutura (Engalichev e Mathur, 1980, Martins, 1981, citados por CETEC, 1988). A umidade aumenta, significativamente, a energia requerida para a pré-ignição e diminui, de modo substancial, o calor líquido produzido pela combustão em sistemas abertos, reduzindo a temperatura de chama (Tillman, 1979). Assim, é possível aumentar o poder calorífico do combustível se houver redução de sua umidade (Diniz, 1981, citado por MELO, 1987).

1.6. Aspectos Econômicos

O controle financeiro ou gestão de finanças é fundamental para a empresa, e muito mais do que isso, além de se controlar as receitas e despesas geradas há uma gama enorme de informações que os números proporcionam, pois se faz necessário não só analisar a situação de momento em que se vive, mas a vida a longo prazo do empreendimento, planejando de forma eficiente e eficaz os recursos de uma empresa, analisando-os e projetando-os da melhor forma possível.

“Avaliar o investimento total é uma das tarefas mais importantes associadas ao projeto de viabilidade, porque o total a ser investido é muito relevante em termos de viabilidade.” (KASSAI, 2005, p. 154).

As decisões de investimento referem-se às aplicações de recursos em ativos, bem como aos retornos esperados e aos riscos oferecidos por esses ativos.” (SILVA, 2004 p.33).

Os investimentos a longo prazo podem ser denominados como gastos de capital e fazem parte da proposta de investimento, explica BRAGA (1989). Os

gastos podem ser divididos em gastos operacionais e gastos de capital dependendo dos benefícios correspondentes, bem como dos valores envolvidos.

Os gastos operacionais são considerados; matérias-primas, salários e outros gastos pois seus benefícios esgotam a curto prazo (até um ano). Gastos de capital são gastos que irão perdurar por mais de um ano. O valor do investimento ainda tem influência na classificação. As propostas de gastos de capital envolvem benefícios não monetários, aspectos monetários, que necessitam ser mensurados tecnicamente e, riscos que devem ser avaliados da melhor forma possível, conforme BRAGA (1989).

Para que os investidores consigam atingir os objetivos propostos buscando assim os resultados esperados, haverá a necessidade de que se faça um investimento em benfeitorias, máquinas e equipamentos.

Através do programa de Incentivo à Armazenagem para Empresas e Cooperativas Cerealistas Nacionais - BNDES Cerealistas, dispõe de financiamento para pagamentos em 15 anos, com juros de 3,5 % a.a. BNDES (2013).

1.6.1. Análise Econômica do Sistema de Investimento

Para a análise econômica, será considerados os cálculos do tempo do retorno do investimento (PAY BACK descontado), Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa de Retorno (TIR), conforme citado por KASSAI et al. (2005). Estas alternativas são as mais consistentes para análise de investimentos

Na Análise de indicadores econômico-financeiro, inicialmente devemos determinar a estrutura de custos, preços de venda e do ponto de equilíbrio. Será analisado o sistema de financiamento, a projeção do fluxo de caixa e projeção do demonstrativo de resultado no exercício (=DRE).

BRAGA (1989), cita os métodos mais difundidos para avaliar propostas de investimentos como sendo: taxa média de retorno, prazo de retorno, valor atual líquido, taxa interna de retorno.

Para realização do estudo da viabilidade econômica e financeira, faz-se necessário apresentar os seguintes itens: TMA, VPL, TIR, IL, TR e payback descontado..

Nos cálculos financeiros, será utilizada no último ano, ou seja, no 15º ano uma receita extra adicionado ao resultado do exercício referente ao valor residual, que segundo OLIVEIRA (2005) quando se analisa uma projeção de investimentos, no último ano deve-se contar com um valor residual do investimento, que para construções (obras civis) de 30%, e para máquinas e equipamentos equivale a 10%.

1.6.2. Estrutura de Custos - Despesas

Visando um melhor controle dos gastos e despesas de uma empresa, ela deve montar uma estrutura de custos, a fim de visualizar mais claramente o que está acontecendo com o desenvolvimento do seu negócio.

Os custos fixos são gastos que independem da quantidade produzida, não tem variação, sendo contabilizados a cada período de produção, ou seja, permanecem constantes em um certo intervalo de tempo, não ocorrendo aumento com o volume de produção e vendas (BRAGA 1995).

Os custos com reparos e manutenção de bens e instalações correspondem às despesas necessárias para conservar as construções, benfeitorias, instalações, máquinas e equipamentos em condições de uso.” (OCEPAR, 2003, p. 3).

Para que os equipamentos tenham seu funcionamento e vida útil prolongada deve-se fazer corretamente a manutenção dos mesmos, contanto esses gastos devem ser contabilizados pois são despesas do negócio que se propõe.

Já os custos variáveis, são despesas ocorridas em função da quantidade produzidas, em outras palavras, representam os insumos utilizados no processo de produção, (matéria-prima, comissão de vendas), entre outras despesas (HOJI 2003). As receitas, para efeito dos cálculos, será a diferença de preço que se pode obter com a instalação do sistema de secagem a vapor e o sistema convencional de fomalhas a lenha.

O custo total, representa a soma dos custos fixos com os custos variáveis. A receita em que será possível alcançar com uma redução no consumo de lenha .

1.6.3. Estrutura de Custos - Projeção do fluxo de caixa

Conforme MATARAZZO (2003), O Fluxo de Caixa, consiste em discriminar as entradas e saídas monetárias em determinado período (realizado ou previsto), apurando, assim, o saldo de caixa e possibilitando várias análises econômicas. Os principais objetivos da Demonstração do Fluxo de Caixa são: Avaliar alternativas de investimentos; Avaliar e controlar ao longo do tempo as decisões importantes que são tomadas na empresa, com reflexos monetários; avaliar as situações presentes e futuras do caixa na empresa, posicionando-a para que não chegue a situações de liquidez; Certificar que os excessos momentâneos de caixa estão sendo devidamente aplicados.

1.6.4. Estrutura de Custos - Projeção do demonstrativo de resultados

As demonstrações financeiras fornecem uma série de dados sobre a empresa, de acordo com regras contábeis. Na Análise de Balanços transforma esses dados em informações e será tanto mais eficiente quanto melhores informações produzir” (MATARAZZO, 2003. p.15)

Conforme BRAGA (1989), na demonstração é evidenciada a formação do lucro ou prejuízo do exercício social, pela confrontação das receitas e despesas incorridas.

Antes de apurar os resultados econômico-financeiro com base em quadros orçamentários, é necessário analisar as movimentações financeiras das diversas contas patrimoniais e contas de resultados” (HOJI 2003).

1.6.5. Indicadores Econômicos de Investimentos

1.6.5.1. Taxa média de atratividade (TMA)

Para se fazer uma análise financeira de um projeto, é necessário que se defina uma taxa mínima de atratividade (TMA) como fonte de comparação em relação ao investimento que se pretende efetuar. Sendo assim, “entende-se por Taxa Mínima de Atratividade (TMA) a taxa mínima a ser alcançada em determinado projeto; caso contrário, o mesmo deve ser rejeitado.” (KASSAI, 2005, p. 58).

1.6.5.2. Valor Presente Líquido (VPL)

O valor presente líquido é uma ferramenta muito utilizada e sofisticada para que se possam avaliar propostas de investimento de capital, como também mostra a riqueza em valores monetários do investimento medida pela diferença entre o valor presente das entradas e saídas de caixa, descontados por uma determinada taxa (KASSAI 2005).

Os valores para os cálculos serão referentes aos resultados líquidos de cada ano obtidos no DRE, os quais são fluxos positivos e o investimento fluxo negativo.

Para o Cálculo do VPL foi utilizada a seguinte equação:

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

Em que:

VPL= valor presente líquido

\sum = Somatória

t: Período

n: Vida útil do projeto (anos ou meses)

i: Taxa Mínima de Atratividade

FC: Fluxo de Caixa Líquido

Para efeito de atratividade é considerado atraente todo investimento que apresente VPL maior ou igual a zero (KASSAI 2005).

1.6.5.3. Taxa interna de retorno (TIR)

É a forma de demonstrar a taxa interna de retorno, ou seja, método de avaliação de avaliar as propostas de investimentos empregando uma taxa de retorno sobre um investimento de ativos, encontrando uma taxa que iguala o valor presente das entradas futuras as saídas de caixa (WESTON E BRIGHAM 2004 apud KASSAI 2005).

$$TIR = \sum_{j=0}^n \frac{FC_j}{(1+i)^j} = 0$$

Em que:

TIR: Taxa interna de retorno;

Σ = Somatória

FCj: Fluxo de caixa líquido no momento i;

n: Duração do projeto;

Analisando a TIR calculada, é economicamente viável todo investimento que apresente uma TIR maior ou igual a TMA (KASSAI 2005).

1.6.5.4. Índice de lucratividade (IL) e taxa de retorno (TR)

O índice de lucratividade refere-se à relação entre os fluxos de caixa positivos que entram no caixa e os fluxos negativos que saem do caixa, ou seja, para cada R\$ 1,00 investido quanto que retorna para a empresa, sendo considerado atraente considerando atraente todo investimento que tenha índice de lucratividade igual ou maior que 1,00 (NETO 2000).

$$\text{Então: IL} = \frac{\text{PV (retornos)}}{\text{PV (investimento)}}$$

O índice de lucratividade do negócio que se propõe é praticamente igual a 1, sendo considerado atraente.

Segundo o mesmo autor, a TR (taxa de retorno) de um investimento é representada por valores relativos, ou seja, porcentagem, onde se considera atraente todo investimento que tiver uma taxa de retorno maior ou igual a zero.

A taxa de retorno sobre investimento é dada pela seguinte fórmula:

$$TR = (IL - 1) \times 100$$

Evidencia-se a que a taxa de retorno é maior que zero, atingindo os valores considerados atraentes.

1.6.5.5. Período Payback Descontado

O período Payback descontado é considerado o período de tempo exato necessário para que se possa recuperar o capital investido em um projeto, contando com as entradas de caixas anuais (GITMAN 2002). Com análise deste índice financeiro, fica fácil para constatar o período ou tempo que uma empresa irá necessitar para que consiga recuperar aquilo que investiu anteriormente, tendo uma melhor visão do negócio que se propõe.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e Coleta de dados

O estudo foi realizado em uma unidade de recebimento e armazenagem de grãos de uma Cooperativa do Oeste do Paraná, localizada no Município de Santa Helena no Oeste do Estado do Paraná (Figura 20), situado a uma latitude 24°51'37" sul e uma longitude 54°19'58" oeste, estando a uma altitude de 258 metros. Santa Helena está localizada no centro da Costa Oeste do Paraná, às margens do lago de Itaipu, com área territorial de 758,227 km², correspondente a 75.823 hectares.

Segundo dados do IBGE (2011), realizou o cultivo de 25.300 hectare de Milho (=em grãos), com uma quantidade produzida de 109.220 toneladas (= rendimentos médios de 12.100 kg/ha); Soja, com 26.000 hectares cultivados e uma quantidade produzida de 83.880 toneladas (=rendimentos médios de 3.226 kg/ha). Trigo (=em grãos), com 300 hectares cultivados e uma quantidade produzida de 660 toneladas (=rendimentos médios de 2.200 kg/ha).

A cidade de Santa Helena está aproximadamente 619 km da capital Curitiba, Paranaguá: 711 km; Foz do Iguaçu: 104 km; Cascavel: 114 km; Toledo: 86 km e Guaíra: 125 km



Figura 20: Mapa do Paraná com a localização de Santa Helena
Fonte: SEAB, 2013.

Neste estudo avaliou-se o processo de secagem do milho na referida unidade. Dados do estudo foram desenvolvidos conforme levantamentos; boletim e registros em ANEXOS: A; B e C.

2.2. SECADORES

No trabalho de pesquisa, utilizou-se o SECADOR de coluna, realizando secagem contínuo com sistema de coluna inteira. O Combustível utilizado foi a lenha de eucaliptos, com idade superior a 7 anos, determinado sua umidade e poder calorífico.

2.2.1. Tipo do Secador

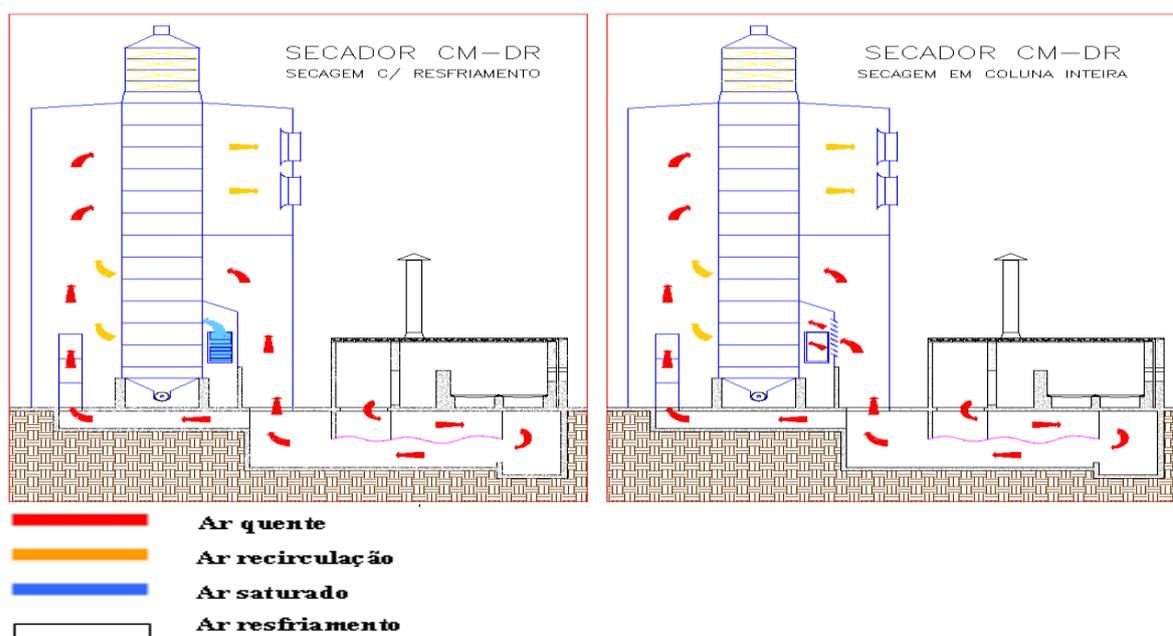
Foi realizado estudo, utilizando um secador de colunas (Figura 12), com duplo reaproveitamento de calorías - modelo CM 150 DR – marca Comil.

2.2.2. Sistemas de Secagem

Segundo GAUZA (1999), predominam os sistemas de secagem: secagem no sistema convencional; secagem com reaproveitamento de caloría e secagem com torre inteira. Na secagem convencional é aquela em que o ar quente passa na parte superior da torre de secagem (2/3) e o ar frio na parte inferior da torre de secagem (1/3).

A secagem com reaproveitamento de caloría segue o mesmo processo descrito acima, apenas o ar frio é reaproveitado misturando-se com ar quente. Nesse processo temos vantagens, pois o ar esfriou os grãos, e, essa quantidade de

ar que se aqueceu é aproveitada, gastando-se menos combustível (energia) do que se tivermos que esquentar todo o ar da camada de secagem (parte superior da torre de secagem). Na secagem com torre inteira significa que teremos ar quente em 3/3 (toda) da torre do secador, conforme Figura 21. Nesse caso, teremos vantagem quando secamos parcialmente o produto, jogamos quente para o silo/armazém e completamos a secagem com aeração. Na figura 21, evidencia o secador de Coluna e fluxo de Ar com os sistemas de secagem com resfriamento e coluna inteira.



Fonte: Comil, Silos e Secadores (2013)
Figura 21: Secador de Coluna – Fluxo de Ar

Tabela 7.Dados técnicos do Secador de Coluna, Duplo Reaproveitamento–CM150 DR.

Características	Discriminações	Modelo Comil – CM 150 DR
Capacidade de Secagem SOJA (t/h) *	Com Resfriamento	150
	Coluna Inteira	195
Capacidade de Secagem MILHO (t/h)	Com Resfriamento	112
	Coluna Inteira	146
Capacidade de Secagem TRIGO (t/h)	Com Resfriamento	105
	Coluna Inteira	136
Largura (m)	Metros	7,65
Comprimento (m)	Metros	9,65
Altura (m)	Metros	29,90
Capacidade Estática (m ³)	Metros Cúbicos	239,00
Capacidade Estática (t)	Toneladas métricas	179,30
Quantidade Calor (Kcal/h x 10 ³)	Kcam/h x 10 ³	6.750

Consumo de Lenha **	Kg/h	2.411
	m ³ lenha seca	4,72
	m ³ lenha verde	2,109
Vazão do Ar (m ³ / h)	m ³ / h	270.000
Potência do Ventilador (CV)	CV	4 x 25 CV

Fonte: Adaptado de Comil, Silos e Secadores (2013).

Obs: * Capacidade de secagem em coluna inteira; Potência em relação aos motores do ventilador e da descarga; Consumo de lenha baseado em lenha de PCI-2800. Capacidade nominais calculadas com base em secagem de 18% para 13% de umidade.

** Consumo de Lenha: Conversões de Kg/ha para m³ seca e verde, conforme Tabelas 8 e 9

2.3. Fonte Energética

2.3.1. Lenha

Foram utilizadas as lenhas das madeiras de Eucaliptus (*Eucalyptus grandis*); Grevilha (*Grevillea robusta*) e Leucena (*Leucaena leucocephala*)..,

Os testes com lenha foram efetuados para madeira seca e madeira verde. As constantes físicas e algumas condições iniciais consideradas importantes, foram utilizadas as Tabelas 8 e 9 e convertidos conforme as simulações.

Tabela 8: Características físicas da madeira tipo Building Board Softwood * utilizada nas simulações de madeira verde.

Propriedade	Valor
Velocidade na entrada	1 m/s
Velocidade no swirl	4 m/s
Massa específica	1.143 kg/m ³
Calor específico	0,472 cal/g °C
Condutividade térmica	0,0002868 cal/cm°Cs
Massa molar	1 kg/kmol
Dimensões das peças	15 x 40 x 2,54 cm

Fonte: Fernandes (2006)

Obs:

* Building Board Softwood : placa de construção de fibra longa; madeira compensada; contraplacado.

Tabela 9. Características físicas da madeira tipo Building Board Softwood * utilizada nas simulações de madeira seca.

Propriedade	Valor
Velocidade na entrada	1 m/s
Velocidade no swirl	4 m/s
Massa específica	510 kg/m ³
Calor específico	1380 J/kg K
Condutividade térmica	0,12 W/m K

Massa molar	1 kg/kmol
Dimensões das peças	15 x 40 x 2,54 cm
Fonte: Fernandes (2006)	

2.4. Avaliação Energética

A avaliação energética dos sistemas de secagem foi determinada segundo a metodologia desenvolvida por BAKKER-ARKEMA et al. (1978, apud SOBRINHO, 2001, p. 30), considerando-se os seguintes parâmetros: a) do produto: teor de umidade inicial, % bu; teor de umidade final, % bu, temperatura inicial, ° C; temperatura final, ° C; massa específica aparente inicial, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; massa específica aparente final, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$; massa inicial, kg e massa final, kg; b) do ar: temperatura de secagem, ° C; temperatura ambiente, °C; umidade relativa do ar, %; c) do secador: fluxo de ar, $\text{m}^3\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$; espessura da camada, m; área de secagem, m^2 ; pressão estática, mmca; d) de energia: Tipo de combustível; massa de combustível, kg; poder calorífico inferior, $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$; energia elétrica, kWh, e do desempenho: duração do teste, h; redução de umidade, %; eficiência energética, $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$; com energia elétrica e sem energia elétrica. Utilizou-se os ANEXOS A; B e C, na coleta dos dados de Secagem.

2.5. Sistema de Caldeira e Secadores

No presente estudo foi instalado em Santa Helena – PR, uma 01 (uma) Caldeira (Figura 18) completa com bomba de água para alta temperatura e fornalha induzida para a queima de lenha e outros combustíveis sólidos, devidamente dimensionada para um secador de 150 toneladas da marca Comil. Esta caldeira é do tipo Aquatubular, com trocador de calor (Figura 22); com 03 (três) passagens de gás (Figura 23), fornalha interna com tubos de fumaça induzida e dimensionada para garantir na saída dos gases, uma temperatura máxima de 230 ° C, correspondendo a um rendimento térmico de 85 %. O quadro de comando é totalmente automático com opção manual.



Fonte: Foto do Autor (2013)
Figura 22: Caldeira Aquatubular – AWD 40



Fonte: Foto do autor (2013)
Figura 23 – Trocador de Calor

Tabela 10. Dados Técnicos da Caldeira AWD

CARACTERÍSTICAS GERAIS	Caldeira
Modelo	CW 40
Tipo	Aquatubular
Produção de vapor	4.000 Kgv/h
Pressão de trabalho	8 Kg/cm ²
Pressão de ensaio hidráulico	12 Kg/cm ²
Superfície de aquecimento	160 m ²
Combustível	Lenha e outros combustíveis Sólidos
Temperatura Máxima (=Saída dos gases)	230 ° C
Rendimento Térmico	83 %

Fonte: AWD Metalúrgica (2013)

A Caldeira AWD, modelo CW 40 do tipo Aquatubular, operou com uma pressão de trabalho de 8 Kg/cm², utilizou lenha de eucaliptos como combustível sólido e temperatura de 85° C a 105 ° C.

2.6. Testes de calorimetria de biomassas disponíveis como fonte energética para caldeiras.

A determinação do poder calorífico superior foi feito de acordo com a norma ABNT/NBR 8633/84. Utilizou-se uma bomba calorimétrica adiabática. Na transformação dos valores de poder calorífico superior para poder calorífico inferior, o cálculo pode ser feito utilizando-se percentual de hidrogênio presente no material como 6%, citado por SOUZA (2012).

O teor de umidade dos materiais foi calculado de acordo com a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)/NBR 149229/2003. Para tanto, foi utilizado uma balança com sensibilidade de 0,01 g e uma estufa com temperatura de $103 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Foi determinado o teor de umidade assim que os materiais chegaram ao laboratório, para estimar os valores que eles apresentavam no local de coleta.

O estudo, foi realizado no laboratório da UNIOESTE, campus de Cascavel-PR, testes de calorimetria, utilizando-se do CALORÍMETRO (Figuras 24 a 29), visando conhecer o poder calorífico das principais fontes energéticas e alternativas na região, disponível para abastecer o sistema de secagem com caldeira aquatubular.

Foram retirados 3 repetições das amostras de eucalipto seco (umidade de 22%); eucalipto verde (umidade 45%); briquetes mistos; briquetes de crambe; carvão; cavacos; grevilhas; leucenas; pellets e sabudo de milho. Segunda a norma ASTM D – 2015-66, as amostras foram moídas, passadas nas peneiras 40/60 U.S.Tyler e levadas à estufa a $100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por duas horas. Colocou-se 0,5 g deste material no cadinho e, usando a bomba calorimétrica, determinou-se o Poder Calorífico Superior.

Segue representação das etapas para a determinação do poder calorífico.



Figura 24: Preparo do Equipamento
Fonte: Foto do autor (2013)



Figura 25: Preparo do Equipamento
Fonte: Foto do autor (2013)



Figura 26: Preparo da amostra
Fonte: Foto do autor (2013)



Figura 27: Preparo da amostra/Pesagem
Fonte: Foto do autor (2013)



Figura 28: Preparo do Equipamento
Fonte: Foto do autor (2013)

Figura 29: Lançamento dados/Determinação
Fonte: Foto do autor (2013)

2.7. Análise estatística e ajuste de equações

O delineamento experimental adotado para a determinação do poder calorífico das principais fontes energéticas foi o inteiramente casualizado, com 10 tratamentos sendo que cada tratamento houve 3 repetições. Os dados do poder calorífico específico foram analisados e interpretados a partir de análises de variância. O confronto de médias foi feito pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidades. Foi utilizado o programa estatístico ASSISTAT para realização das análises estatísticas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ANÁLISE ENERGÉTICA E ECONÔMICA DO SISTEMA

Os resultados médios para os valores energéticos, mostrados nas tabelas do poder calorífico das principais fontes energéticas e parâmetros obtidos da secagem, fornecem indicadores de eficiências de rendimento e economia. Os custos e projeções de receitas na utilização do sistema de secagem de grãos com secador de coluna, utilizando caldeira aquatubular, será quantificado através de análise econômica do investimento..

3.1.1. ASPECTOS ENERGÉTICOS – Poder Calorífico Superior (= PCS).

Os resultados médios para os valores do poder calorífico das fontes energéticas estudadas estão apresentadas na tabela 11, bem como os respectivos coeficientes de variação e testes de médias.

3.1.1.1. Testes de médias:

EXPERIMENTO INTEIRAMENTE CASUALIZADO - DIC -QUADRO DE ANÁLISE

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	22.75075	2.52786	2708422.70 **
Resíduo	20	0.00002	0.00000	
Total	29	22.75077		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < .01$)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade ($.01 \leq p < .05$)

ns não significativo ($p \geq .05$)

3.1.1.2. Poder Calorífico

Tabela 11. Poder Calorífico das principais fontes energéticas para secagem de grãos em unidades armazenadoras.

Amostra	teor de Umidade (%)	Poder Calorífico Superior			
		kJ.kg^{-1}	$\text{kcal/kg}_{\text{lenha}}$		
Briquete / Crambe	5 %	20.097	4.801	c	
Briquetes / Mistos	8 %	16.860	4.028		f
Carvão	9 %	28.450	6.796	a	
Cavacos	12 %	17.294	4.131		e
Eucaliptus	22 %	20.115	4.805	b	
Eucaliptus	45 %	16.082	3.842		i
Grevilha	47 %	15.531	3.710		j
Leucena	25 %	16.396	3.917		g
Pellets	8 %	17.996	4.299	d	
Sabugo/Milho	17 %	16.190	3.868		h

dms = 0,00279 MG = 4,42013 CV% = 0,02

Nota: As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Autor da pesquisa (2013)

Conforme os resultados, pode-se observar que os tratamentos apresentaram diferenças ao nível de 5% de probabilidade. A partir do poder calorífico superior determinado pela bomba calorimétrica adiabática, a caldeira aquatubular em estudo poderá utilizar as principais fontes energéticas apresentadas. Segundo GENTIL (2008), o que deve ser observado no momento da aquisição do material é seu poder energético e não apenas o preço. O briquete, conforme seu poder calorífico, é uma

excelente alternativa energética, assim como a lenha de eucaliptos e demais fontes testadas.

3.1.2. ASPECTOS ENERGÉTICOS DA SECAGEM DE MILHO

Realizou a secagem de grãos, utilizando secador de coluna – duplo reaproveitamento – modelo Comil CM 150 DR e sistema de caldeira aquatubular – modelo CW 40.

Nas Tabelas 12 a 15, segue os parâmetros encontrados nos 05 diferentes testes de secagem, desenvolvida nos meses de fevereiro e agosto de 2013.

3.1.2.1. Parâmetros da Secagem de Milho – Produto da Amostra

Tabela 12. Parâmetros da Secagem de Milho – Produto da Amostra

Parâmetros	Teste 1	Teste2	Teste 3	Teste 4	Teste 5
	22/02/13	25/02/13	01/08/13	20 e 21/08/13	29/08/13
1. Produto					
Tipo	Milho	Milho	Milho	Milho	Milho
Massa Específica Aparente Inicial (Kg.m ⁻³)	750	750	750	750	750
Massa Específica Aparente Final (Kg.m ⁻³)	720	730	720	720	720
Teor de Umidade Inicial (%b.u)	21,4 %	19,2 %	19,0 %	17,0 %	17,0 %
	14,5 %	15,0 %	14,0 %	13,5 %	13,5 %

Teor de Umidade Final (%b.u)

Fonte: Autor da Pesquisa (2013)

Conforme os dados apresentados pela secagem do milho, pode-se observar que a massa específica aparente inicial e final do produto apresentou valores médios de 750 Kg. m⁻³ inicial e 722 Kg. m⁻³ final . O teor de umidade inicial recebido na unidade, apresentou média de 18,72 % b.u. Esta umidade é elevada para os padrões de armazenagem, definido como 14% b.u. pela empresa receptora. Visando uma armazenagem com segurança, realizou a secagem para o teor de umidade de 14%.

3.1.2.2. Parâmetros da Secagem de Milho – Ambiente

Tabela 13. Parâmetros da Secagem de Milho – Ambiente

Parâmetros	Teste 1	Teste2	Teste 3	Teste 4	Teste 5
	22/02/13	25/02/13	01/08/13	20 e 21/08/13	29/08/13

2. Ambiente

Temperatura (° C)

Mínima (° C)	18° C	18° C	8° C	22° C	13° C
Máxima (° C)	29° C	30° C	18° C	29° C	24° C
Média (° C)	25° C	22° C	15° C	25° C	20° C
Umidade Relativa Ar (%)	60 %	70 %	60 %	60 %	55 %
Precipitações (mm)	00 mm	49 mm	00 mm	00 mm	00 mm

Fonte: Autor da Pesquisa (2013)

Os dados ambientais apresentados pela secagem do milho, pode-se observar que no mês de fevereiro de 2013, as temperaturas apresentou níveis elevados (= mínima de 18 ° C e máxima de 30° C) e houve precipitações pluviométrica no dia 25. fevereiro. No mês de agosto, as temperaturas estiveram baixas com nível de mínimo de 8 ° C. Estes indicadores representaram parâmetros para corrigir o rendimento

dos secadores, conforme os critérios técnicos dos equipamentos e avaliar a eficiência do sistema de secagem e caldeiras aquatubular em condições climáticas adversas.

3.1.2.3. Parâmetros da Secagem de Milho – Secador e Secagem

Tabela 14. Parâmetros da Secagem de Milho – Secador e Secagem

Parâmetros	Teste 1	Teste2	Teste 3	Teste 4	Teste 5
	22/02/13	25/02/13	01/08/13	20 e 21/08/13	29/08/13
3. Secador					
Modelo	CM 150DR	CM 150DR	CM 150DR	CM 150DR	CM 150DR
Torre de Secagem	Coluna	Coluna	Coluna	Coluna	Coluna
Sistema de Descarga	volumétrica	volumétrica	volumétrica	volumétrica	volumétrica
Capacidade Estática (t)	180 t	180 t	180 t	180 t	180 t
Rendimento de Secagem Previsto (t/hora) *	150 t	150 t	150 t	150 t	150 t
Temperatura de Secagem					
P1 = Câmara Quente (°C)	105 °C	98 °C	85 °C	100 °C	95 °C
P2 = Câmara Saída (°C)	45 °C	39 °C	30 °C	30 °C	30 °C
Velocidade de descarga (%)	60 %	60 %	60 %	60 %	40 %
Hora/Secagem	12 horas	10 horas	12 horas	10 horas	11 horas
Quantidade Secada (t)					

	540 t	540 t	540 t	540 t	540 t
Rendimento de Secagem Realizado (t/hora)	45 t	54 t	45 t	54 t	49 t
Rendimento de Secagem Previsto (t/hora) **	87 t	120 t	101 t	132 t	132 t
Resultado % de Eficiência de Secagem	51,72 %	45 %	44,55 %	40,9 %	37,12 %
Média de Eficiência de Secagem:	43,86 %				

Fonte: Autor da Pesquisa (2013)

Nota: * Modelo CM 150 DR = Rendimento de 150 tonelada / hora; Produto SOJA (peso específico: 0,75 ton / m³); Umidade do produto de 18 % umidade para 13 % de umidade; Temperatura do ar de 20 ° C; Temperatura de Secagem de 110 ° C e Umidade Relativa do Ar de 60 %. Conversões foram utilizadas as tabelas 4 a 8.

Na tabela 14, parâmetros da secagem do milho, o modelo de secador de coluna – CM 150 DR, com descarga volumétrica, capacidade estática de 180 toneladas e rendimento previsto de 150 tonelada/hora, conforme especificação técnica do fabricante em nota na tabela 14, apresentou temperatura mínima de 85 ° C e máxima de 105 ° C na câmara quente. Estas temperaturas são consideradas excelente para a temperatura de secagem exigida aos principais produtos, conforme citado na tabela 4.

Houve temperatura mínima de 8 ° C, no dia 01.agosto.2013 e conforme tabela 13, o sistema conseguiu manter as temperaturas de secagem na câmara quente (ponto 1) em 85 ° C e no exaustor de saída (ponto 2) em 30 ° C . Este índice é satisfatório para garantir a estabilidade do sistema em condições climáticas adversas de baixas temperaturas.

Mediante os dados apresentados na tabela 14, pode-se ressaltar que, o tempo médio de secagem foi de 11 horas para 540 toneladas de produto (milho). Conforme ajuste no rendimento de secagem previsto (t/hora) e o realizado, o sistema apresentou eficiência de 43,86 %.

3.1.2.4. Parâmetros da Secagem de Milho – Eficiência Energética

Tabela 15. Parâmetros da Secagem de Milho – Eficiência Energética

Parâmetros	Teste 1	Teste2	Teste 3	Teste 4	Teste 5
	22/02/13	25/02/13	01/08/13	20 e 21/08/13	29/08/13
2. Caldeira AWD	CW 40	CW 40	CW 40	CW 40	CW 40
Modelo	Aquatubular	Aquatubular	Aquatubular	Aquatubular	Aquatubular
Pressão de Trabalho (kg/cm ²)	8	8	8	8	8
Combustível Térmico	Lenha	Lenha	Lenha	Lenha	Lenha
Massa específica *(kg/m ³)	510	510	510	510	510
Umidade do combustível (%)	30%	30%	30%	30%	30%
Poder Calorífico Superior (kcal/nj)	4.805	4.805	4.805	4.805	4.805
Energia elétrica ** kWh	22 kWh	22 kWh	22 kWh	22 kWh	22 kWh
Consumo de Combustível Lenha/Previsto (t/h)	28,93 t	24,11 t	28,93 t	24,11 t	26,52 t
Consumo de Combustível Lenha/Realizado (t/h)	14,28 t	13,77 t	15,3 t	17,34 t	15,55 t
Economia (t/h)	14,65 t	10,34 t	13,63 t	6,77 t	10,97 t
Resultado					

 % de Eficiência de Consumo

Média de Eficiência do consumo de combustível	50,64 %	35,74 %	47,11 %	28,08 %	41,36 %
Lenha: 40 %					

Fonte: Autor da Pesquisa (2013)

Nota: * Madeira tipo Building Board Softwood, utilizada nas simulações de matéria seca FERNANDES (2006). Característica: Velocidade na entrada: 1 m/s; Velocidade no swirl: 4 m/s; Massa específica: 510 kg/m³.

** 02 motores: 25 cv x 1 motor = 25 cv x 0,73549875 kW = 18,3874 kWh
 5 cv x 1 motor = 5 cv x 0,73549875 kW = 3,6774 kWh
 Total: 22 kWh

Na tabela 15, parâmetros da secagem de milho, a eficiência energética, conforme o consumo de combustível lenha, com uma massa específica de 510 kg/m³ e umidade média de 30 %. Apresentou uma eficiência do consumo de combustível / lenha em 40%, quando comparado com o sistema de fornalhas, apresentado no boletim técnico da empresa fornecedora do secador. O sistema é movido por 02 motores elétricos, que apresenta uma consumo de energia em 22 kWh.

3.2. Aspecto Econômicos do Sistema

Segundo SILVA (2003), As decisões de investimento referem-se às aplicações de recursos em ativos, bem como aos retornos esperados e aos riscos oferecidos por esses ativos. Os investimentos inicial se caracteriza pela aquisição de uma caldeira do tipo Aquatubular, com 03 (três) passagens de gás, fornalha interna com tubos de fumaça induzida e dimensionada para garantir na saída dos gases, uma temperatura máxima de 230 ° C, correspondendo a um rendimento térmico de 85 %, com bomba de água para alta temperatura e fornalha induzida para a queima de lenha e outros combustíveis sólidos. Apresenta como Acessórios: Manômetro; Válvula para saída de vapor; Válvula de segurança; Válvula de descarga; Corpo indicador de nível com respectivo visor; Chaminé: acompanha 01 (uma) chaminé de chapa de aço carbono com altura e diâmetro adequados; Exaustor com motor; Injetor manual.

O preço para fornecimento da caldeira acima descrito mais, 2 radiadores, devidamente dimensionados para o secador da marca Comil, é de R\$ 350.000,00.

Através do programa de Incentivo à Armazenagem para Empresas e Cooperativas Cerealistas Nacionais - BNDES Cerealistas, dispõe de financiamento para pagamentos em 15 anos, com juros de 3,5 % a.a. BNDES (2013).

3.2.1. Análise Econômica do Sistema de Investimento

Para realização do estudo da viabilidade econômica e financeira, projetou-se os seguintes itens: TMA, VPL, TIR, IL, TR e pay-back descontado..

Nos cálculos financeiros, foi utilizado no último ano, ou seja, no 15º ano uma receita extra adicionado ao resultado do exercício referente ao valor residual, que segundo OLIVEIRA (2005) quando se analisa uma projeção de investimentos, no último ano deve-se contar com um valor residual do investimento, equivale a 10%.

3.2.1.1. Estrutura de Custos - Despesas

Para se ter um melhor controle dos gastos e despesas de uma empresa, ela deve montar uma estrutura de custos, a fim de visualizar mais claramente o que está acontecendo com o desenvolvimento do seu negócio.

O montante de R\$ 350.000,00, será financiado pela Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), através de rede de agentes financeiros associada ao banco de fomento. O orçamento fará parte do Programa de Sustentação do Investimento (PSI) para financiar a construção e ampliação de silos e estruturas auxiliares. Os empréstimos terão prazo de 180 meses (15 anos) e juros de 3,5 % ao ano.

Para que os equipamentos tenham seu funcionamento e vida útil prolongada deve-se fazer corretamente a manutenção dos mesmos, contanto esses gastos devem ser contabilizados pois são despesas do negócio que se propõe. O investimento é de R\$ 350.000,00, foi apresentado pela empresa AWD Metalúrgica em Geral Ltda.

Tabela 16. Custos Fixos – Valor da Manutenção anual da Caldeira aquatubular

Especificação	Qtde	Valor total R\$	Alíquota (%)	Manutenção Anual - R\$
Caldeira	1	350.000,00	4	14.000,00
<i>Total</i>				14.000,00

Fonte: autor do projeto (2013)

Observa-se na tabela 16, que a Caldeira terá um valor de R\$ 14.000,00 em manutenção da estrutura, e as taxas de manutenção foram extraídas do Informe agrônômico da OCEPAR (2003).

Já os custos variáveis, são despesas ocorridas em função da quantidade produzidas, representam os insumos utilizados no processo de produção, (matéria-prima, comissão de vendas), entre outras despesas (HOJI 2003).

Tabela 17. Custos Variáveis para a Secagem – Valor anual (R\$) da energia elétrica.

Itens	Quantidade	Valor Unitário R\$ / dia	Valor Anual R\$ / 40 dias de Trabalho
Energia Elétrica	01 motor 25 c.v.*	R\$ 169,99	6.799,60
Energia Elétrica	01 motor 05 c.v.*	R\$ 33,99	1.359,60
Total			8.159,20

Fonte: autor do projeto (2013)

* 1 c.v. = 0,73549875 kw

Obs: CV= cavalo-vapor é uma unidade de potência

kWh = quilowatt-hora é uma unidade de energia

A unidade de potência do sistema internacional é o watt, ou seus múltiplos, como o quilowatt.

Podemos converter cavalo-vapor em watts e vice-versa, conforme a relação:

1CV é aproximadamente igual a 3/4 do kW, (ou mais exato 0,7355kW)

Portanto: 50 CV ~ 36,8kW

Um motor de 50CV após uma hora em funcionamento terá consumido a energia de 36,8kWh.

* O preço do quilowatt-hora (kWh), que é a medida do consumo de energia, encontra-se explicitado na conta de eletricidade emitida pela concessionária. Para efeito de cálculo, consideremos o valor de R\$ 0,38521, montante cobrado pelo grupo Coelba (= Preço Final: Dezembro/ 2013), para o grupo – B (Tensões de 127 e 220 V), para o setor B3 - Industrial.

** Utilizou secagem para dias,

Ex. motor 25 c.v x 0,73549875 kW = 18,3874 kW x 0,38521 R\$ / kWh = R\$ 7,083 kWh deste motor. Portanto: R\$ 7,083 kWh x 24 horas = R\$ 169,99 ao dia x 40 dias de secagem ao ano = R\$ 6.799,60.

motor 5 c.v x 0,73549875 kW = 3,6774935 kW x 0,385099 R\$ / kWh = R\$ 1,4162 Wh deste motor. Portanto: R\$ 1,4162 kWh x 24 horas = R\$ 33,99 ao dia x 40 dias de secagem ao ano = R\$ 1.359,60..

Tabela 18. Custos total – Valor Anual (R\$)

Especificação	Valor (R\$)
Custos Fixos	14.000,00
Custos Variáveis	8.159,20
Total	22.159,20

Fonte: autor do projeto (2013)

3.2.1.2. Estrutura de Custos - Receitas

As receitas, para efeito dos cálculos, será a diferença de preço que se pode obter com a instalação do sistema de secagem a vapor e o sistema convencional de fornalhas a lenha.

Tabela 19. Projeções de Recebimento e Secagem de produtos agrícolas (=toneladas).

PRODUTO	RECEBIMENTO E SECAGEM – PROJEÇÕES	
	toneladas	%
SOJA	18.000	26,09
MILHO	48.000	69,57
TRIGO	3.000	4,34
TOTAL	69.000	100

Fonte: Autor da pesquisa, 2013

A receita em que será possível alcançar com uma redução média de 40% no consumo de lenha (= 5.000 m³ / ano), conforme Tabela 11 - Resultado dos Parâmetros obtidos no procedimento de Secagem de milho, utilizando o secador de coluna, com sistema de caldeira aquatubular. Considerando um preço médio de R\$ 45,00 o metro cúbico/lenha, teremos um faturamento bruta anual é de R\$ 90.000,00, utilizando deste sistema de secagem.

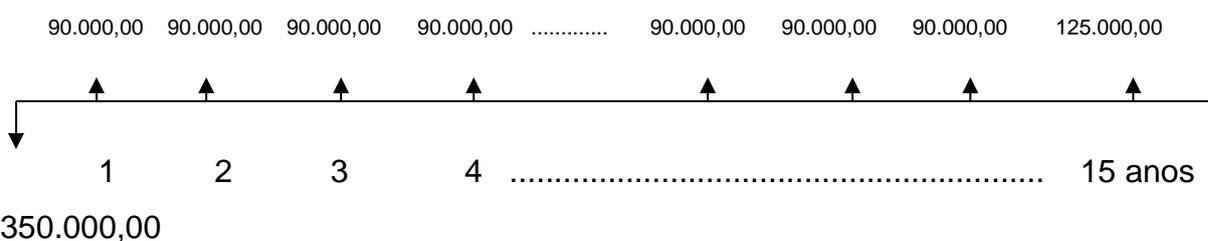
Tabela 20 – Projeção de incremento de RECEITAS no investimento.

Produto	Quantidade Secagem Toneladas	Participação %	Receita Total (R\$)
Soja	18.000	26,09 %	23.481,00
Milho	48.000	69,57 %	62.613,00
Trigo	3.000	4,34 %	3.906,00
<i>Total</i>	69.000	100 %	90.000,00

Fonte: Autor do projeto (2013).

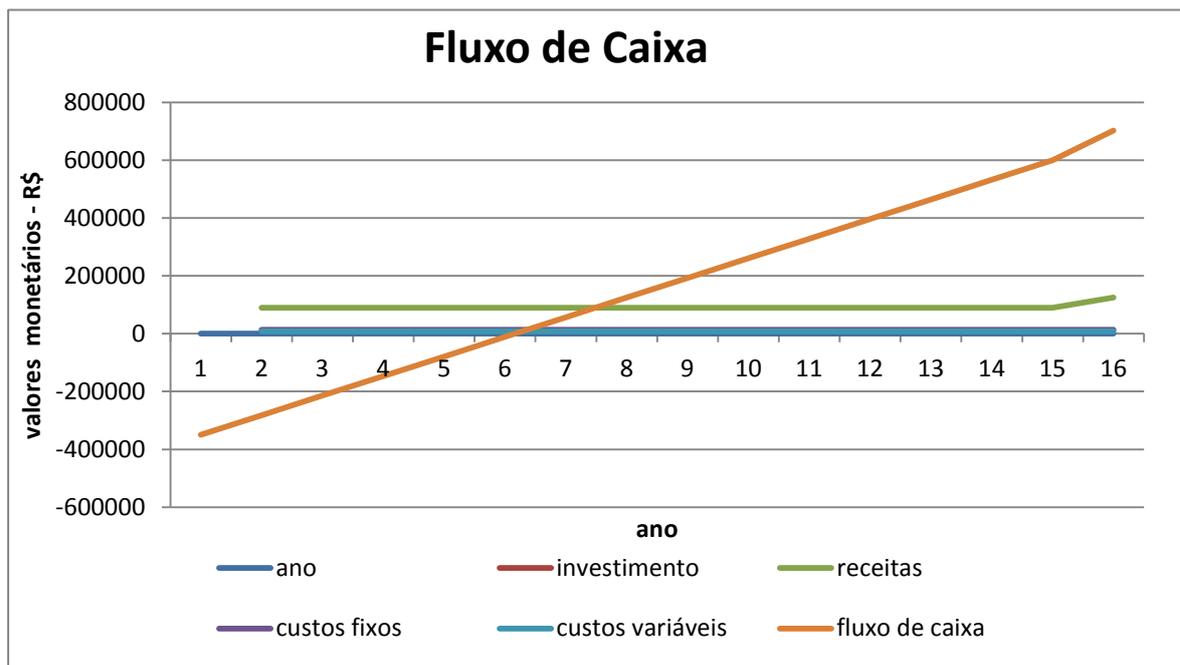
3.2.1.3. Estrutura de Custos - Projeção do fluxo de caixa

Considerando um investimento “saída “ de R\$ 350.000,00, apresentou receitas bruta “entradas “ de R\$ por ano, em um período de análise em 15 anos, poderá ser representado :



Fonte: Abreu, 1982

Gráfico 1 – Projeção do fluxo de caixa



Fonte: Autor da pesquisa (2013)

Conforme o Gráfico 1, a projeção de fluxo de caixa no investimento de R\$ 350.000,00, representado por um período de 15 anos, apresentou como custo fixo anual de R\$ 14.000,00; custos variáveis anual de R\$ 8.159,00 e receitas líquidas de R\$ 90.000,00 até o 15º ano, com as eficiências no consumo de combustível. Houve incremento de 10% do investimento no 15º ano, considerando R\$ 35.000,00, como valor residual .

3.2.2. Demonstração de Resultados : Indicadores Econômicos de Investimentos

3.2.2.1. Taxa média de atratividade (TMA)

A TMA utilizada neste projeto é de 3,5% a.a., considerada pelo BNDES a taxa de juros aplicado a uma linha de crédito para financiamento a nível de investimento e amparada pelo Plano Safra 2013/2014. MAPA (2013)

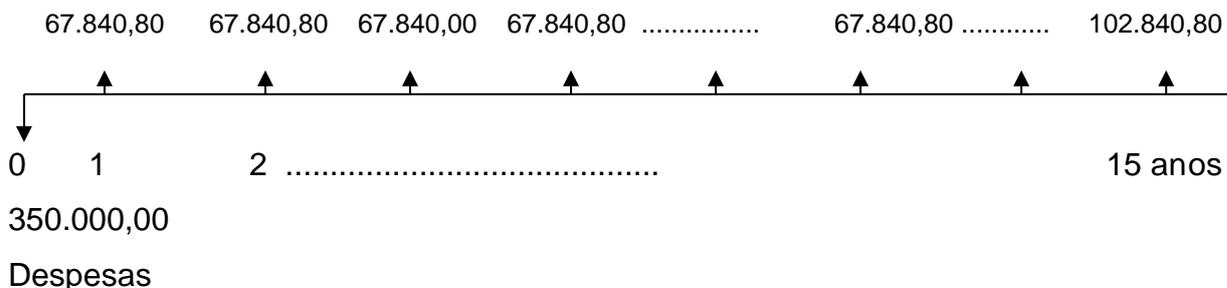
3.2.2.2. Valor Presente Líquido (VPL)

Os valores para os cálculos serão referentes aos resultados líquidos de cada ano obtidos no DRE, os quais são fluxos positivos e o investimento fluxo negativo (KASSAI 2005)..

Análise:

Um investimento de R\$ 350.000,00, apresentando um Fluxo Líquido de R\$ 67.840,80 anuais até o 14º ano e R\$ 102.840,80 no 15º ano. Considerando um período de análise em 15 anos e uma Taxa de juros de 3,5 % a.a, apresentou a seguinte VPL:

Receitas Líquidas



Cálculo da VPL:

$$VPL = 452.241,54$$

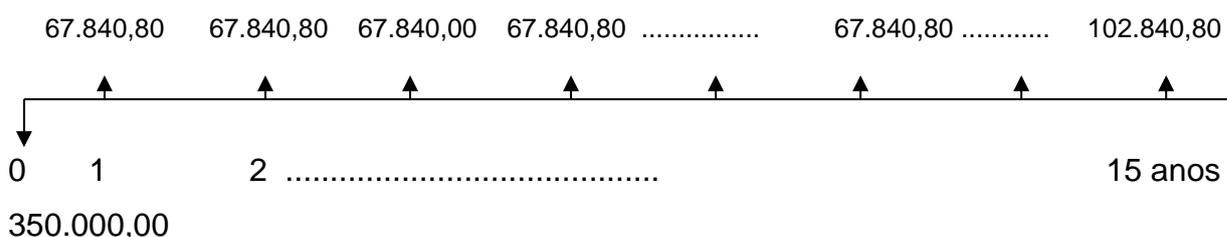
Para efeito de atratividade é considerado atraente todo investimento que apresente VPL maior ou igual a zero (KASSAI 2005). Sendo assim constatamos a VPL da empresa está em R\$ 452.241,54, ficando positiva e sinalizando viabilidade.

3.2.2.3. Taxa interna de retorno (TIR)

A taxa que iguala o valor presente das entradas futuras as saídas de caixa (WESTON E BRIGHAM 2004 apud KASSAI 2005).

Os valores para os cálculos serão referentes aos resultados líquidos de cada ano obtidos no DRE, os quais são fluxos positivos e o investimento fluxo negativo (KASSAI 2005), conforme o fluxo de caixa apresentado:

Receitas Líquidas



Despesas

Cálculo da TIR:

TIR = 17,89%

Conforme análise, o investimento apresentou a TIR = 17,89.

Analisando a TIR calculada, é economicamente viável todo investimento que apresente uma TIR maior ou igual a TMA (KASSAI 2005), que no caso superou a TMA em 3,5 %.

3.2.2.4. Índice de lucratividade (IL) e taxa de retorno (TR)

O índice de lucratividade refere-se à relação entre os fluxos de caixa positivos que entram no caixa e os fluxos negativos que saem do caixa, ou seja, para cada R\$ 1,00 investido quanto que retorna para a empresa, sendo considerado atraente considerando atraente todo investimento que tenha índice de lucratividade igual ou maior que 1,00 (NETO 2000).

Considerando a VPL = R\$ 452.241,54

$$\text{Então: IL} = \frac{\text{PV (retornos)}}{\text{PV (investimento)}} = \frac{\text{R\$ 452.241,54}}{\text{R\$ 350.000,00}} = 1,29$$

O índice de lucratividade do negócio que se propõe é praticamente igual a 1, sendo considerado atraente.

Segundo o mesmo autor, a TR (taxa de retorno) de um investimento e representada por valores relativos, ou seja, porcentagem, onde se considera atraente todo investimento que tiver uma taxa de retorno maior ou igual a zero.

A taxa de retorno sobre investimento e dada pela seguinte formula:

$$\text{TR} = (\text{IL} - 1) \times 100$$

$$\text{TR} = (1,29 - 1) \times 100$$

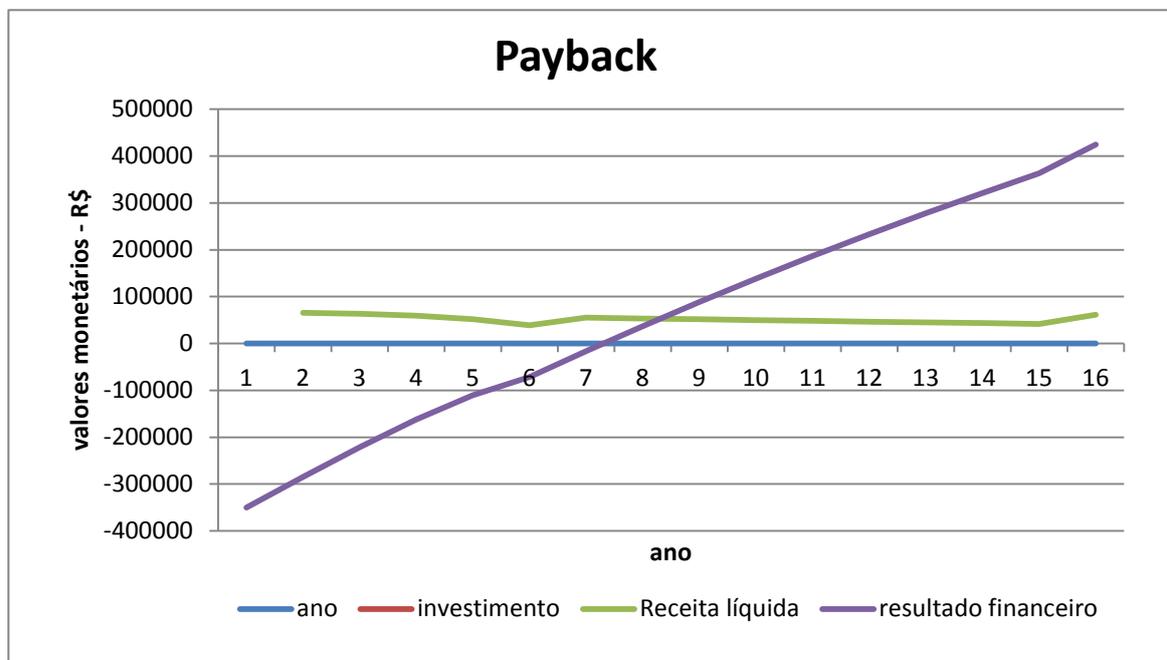
$$\text{TR} = 29\%$$

Evidencia-se a que a taxa de retorno e maior que zero, atingindo os valores considerados atraentes.

3.2.2.5. Período Payback descontado

O período Payback descontado é considerado o período de tempo exato necessário para que se possa recuperar o capital investido em um projeto, contando com as entradas de caixas anuais (GITMAN 2002).

Gráfico 2 – Período Payback descontado



Fonte: Autor da Pesquisa (2013)

Conforme o Gráfico 2, o período payback descontado foi alcançado no 7º ano, sendo que os fluxos anuais de caixa positivos conseguem recuperar o capital investido.

3.2.3. Quadro Resumo dos indicadores Econômicos

Tabela 21 . Resumo dos índices financeiros

VALOR DO INVESTIMENTO	R\$ 350.000,00
PRAZO DE PAGAMENTO	15 anos
TMA	3,5% a.a.
VPL	R\$ 452.241,54
TIR	17,89%
IL	1,29
TR	29 %
Payback descontado	7 ANOS

Fonte: Autor do projeto(2013)

TMA

A TMA utilizada neste projeto é de 3,5% a.a., considerada pelo BNDES a taxa de juros aplicado a uma linha de crédito para financiamento a nível de investimento e amparada pelo Plano Safra 2013/2014. MAPA (2013)

VPL

Para efeito de atratividade é considerado atraente todo investimento que apresente VPL maior ou igual a zero (KASSAI 2005). Sendo assim constatamos a VPL da empresa está em R\$ 452.241.54, ficando positiva e sinalizando viabilidade

TIR

Analisando a TIR calculada, é economicamente viável todo investimento que apresente uma TIR maior ou igual a TMA (KASSAI 2005), que no caso superou a TMA em 17,89 %.

IL

O índice de lucratividade do negócio que se propõe é praticamente igual a 1,29 sendo considerado atraente.

TR

Evidencia-se a que a taxa de retorno é maior que zero, atingindo os valores considerados atraentes.

Payback descontado

Dessa forma, o retorno do capital investido no sistema de secagem de grãos com secador de coluna utilizando caldeira aquatubular será de 7 anos.

4. CONCLUSÃO

A qualidade do produto seco, a quantidade de energia gasta e o tempo utilizado no processo de secagem de grãos, são parâmetros primordiais para a rentabilidade do bem submetido a esta operação.

Os fenômenos de transferência de calor, remoção de umidade e alterações de dimensões, cor, sabor, resistência mecânica e outros, envolvidos em uma operação de secagem são complexos. No trabalho utilizando-se das inovações tecnológicas, com a secagem de grãos através do sistema com caldeira aquatubulares, avaliou os

indicadores energética-econômica da utilização de um secador de coluna com sistema de vapor em substituição a fornalha convencional. A avaliação energética dos sistemas de secagem, foi determinada utilizando-se da metodologia desenvolvida por BAKKER-ARKEMA et al. (1978, apud SOBRINHO 2001, p.30). O levantamento do potencial de redução do consumo de lenha (Eucaliptus), foi conseguido através do consumo previsto no sistema de fornalha com o sistema proposto no processo de secagem do milho e calculou a viabilidade econômica com a substituição.

Os resultados de eficiência no consumo de energia, utilizando-se caldeira aquatubular, apresentou uma economia de 40% em consumo de lenha. O tempo de secagem foi de 50% do sistema de caldeira aquatubular, para a fornalha de alvenaria. As perspectivas da utilização do sistema são promissoras, mas exigem estudos complementares sobre a eficiência energética e de rendimento de secagem.

Na análise dos indicadores econômicos, o projeto exigiu investimento de R\$ 350.000,00 (= Trezentos e cinquenta mil reais). Considerando uma taxa média de atratividade (TMA) de 3,5 % a.a., o Valor Presente Líquido (VPL) no período de 15 anos, será de R\$ 452.241,54. A taxa interna de retorno (TIR) é de 17,89 % a.a. O projeto apresentou índice de lucratividade (IL) de 1,29 % e Taxa de retorno (TR) de 29 %, considerados atraentes. O período Payback, considerado como o tempo necessário para a recuperação do capital investido no projeto é 7 anos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO, A. D. L. **Curso de Operação e Manutenção de Máquinas e Equipamentos**. Cascavel: Centro Nacional de treinamento em Armazenagem, 2011. P 01 a 13.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8112 Carvão Vegetal – Análise imediata**. Rio de Janeiro: ABNT, 1983. 5p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8633 Carvão Vegetal – Determinação do poder calorífero** . Rio de Janeiro: ABNT, 1984. 13p.

AWD METALURGICA. **Caldeiras agrícola**. Embu Guaçu, 2013. Disponível em < [http:// www.caldeirasagricola.com.br](http://www.caldeirasagricola.com.br) > Acesso em: 02.julho.2013.

BAKKER-ARKEMA, F.W, LEREW, L.E, BROOK, R.C., BROOKER, D.E. **Energy and capacity performance evaluation of grain dryers**. St Joseph: ASAE, 1978, 13p. (Paper 78-3523).

BENECKE. **Caldeiras: Sistema de Secagem de Grãos Benecke**. Timbó, 2013. Disponível em < <http://www.benecke.com.br>> Acesso em: 02.julho.2013.

BNDES. Banco Nacional do Desenvolvimento . **Programa de Incentivo à Armazenagem para Empresas e Cooperativas Cerealistas Nacionais - BNDES Cerealistas**. Brasília. 2013. Disponível em: < http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Apoio_Financeiro/Programas_e_Fundos/cerealistas.html > acesso em 08 out. 2013

BRAGA, R. **Fundamentos e técnicas de administração financeira**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1989.

BREMM, F. L.; CHIODELLI, A. **Avaliação do Consumo de Energia Térmica de Secadores de Grãos**. Toledo, 2012, 12 p. (Trabalho de Conclusão do Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu*) – Curso Qualidade no Armazenamento de Grãos, PUC-PR, 2012.

CARVALHO PINTO, F. A. **Projeto de um secador de fluxos contracorrente/ concorrente e análise de seu desempenho na secagem de café (*Coffea arábica*, L)**, Viçosa: UFV, 1993. 57p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)- Universidade Federal de Viçosa, 1993.

COMIL – SILOS E SECADORES. **Dados Técnicos do Secador de Colunas**, Cascavel – Pr, versão 2013. 29 p.

COMIL, **Informativo Técnico - Secadores de Grãos Comil**, Cascavel-Pr.versão 2008,

CONSILOS. **Treinamento em operação e Manutenção em equipamentos**, Cascavel: Consilos, 2006. 40 p. Relatório Técnico.

D'ARCE, M.A.B. **Pós Colheita e Armazenamento de Grãos**. Depto. Agroindústria, Alimentos e Nutrição ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 17 p. 2011

DALPASQUALE, V. A. **Drying of soybeans in continousflow and fixed-bed drying systema**. East Lansing: Michigan State University, 1981, 154p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Michigan State Universty, 1981.

ELIAS, M.C.; OLIVEIRA, M. **Aspectos Tecnológicos e Legais na Formação de auditores técnicos do sistema nacional de certificação de unidades armazenadoras**. Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2009. 430p.

FERNANDES, L. P. et al. **Modelagem Matemática Da Secagem De Madeira Em Estufas - Fase De Aquecimento**. In: 11th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering -- ENCIT 2006, Curitiba, Brazil, Dec. 5-8, 2006

GAUZA, S.V. S.; BRONZATTI, L.S. **Trabalhador no Armazenamento de Grãos : Secagem e Armazenamento / COAMO – Cooperativa Agropecuária Mourãoense Ltda**. – Curitiba: SENAR–PR., 1999. 57 p.; II

GENTIL, L.V.B. (2008). **Tecnologia e Economia do Briquete de Madeira**. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal, Publicação EFL TD - 009/2008. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. Brasília. DF, 195 p.

GITMAN, L.J. **Princípios de administração financeira**. 7. ed. São Paulo: Harbra, 2002.

GROFF, R. Secagem criteriosa de Grãos Vegetais. - **Revista Grãos Brasil**, Maringá, nº 3 p. 16 – 19, maio 2002.

GROFF, R. Secagem de grãos. **Seed News**, Pelotas, v. 6, n.2, 2002. Disponível em <<http://www.seednews.inf.br/portugues/seed62/artigocapa62.shtml>>. Acesso em 08 set. 2013.

HOJI, M., **Administração Financeira: uma abordagem prática**, 4 ed., São Paulo: Atlas, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Produção Agrícola Municipal 2011**.

Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=412350&search=parana|santa-helena>> Acesso em julho 2013.

KASSAI, J. R; CASANOVA, S. P; SANTOS, A; NETO, A. A. **Retorno de investimento. Abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. São Paulo: Atlas, 2005.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. BRASÍLIA. Gabinete do ministro. **Plano Safra 2013/2014**, junho.2013. Disponível em:

<http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/PAP%202013%202014/FINAL_Apresentacao%20Baixa%202.pdf> Acesso em 25.julho.2013.

MATARAZZO, D. C. **Análise financeira de balanços**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2003

MOTTA, Régis da Rocha. CALÔBA, Guilherme Marques. **Análise de investimentos: tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Editora Atlas, 2.002.

NETO, A. A. **Matemática financeira e suas aplicações**. 5. ed. São Paulo. Atlas, 2000.

NOGUEIRA, V.S. Utilização de caldeira como fonte de calor para a secagem de café. Congresso Brasileiro Sobre Pesquisas Cafeeiras, 12, Caxambu, MG, 1985. **Anais.... Caxambu, 1985**, p.160

NOGUEIRA, V. S. Implantação de unidade de aquecimento central, com vapor, para pré-secagem e secagem de café. Congresso Brasileiro Sobre Pesquisas Cafeeiras, 13. São Lourenço, MG, **Anais..... São Lourenço: 1986**, p.157-158

OCEPAR. Estimativa dos Custos de Recepção, Secagem e Limpeza de Soja e Milho – Safra 2002/2003. **Informe Agroeconômico**. Curitiba, n° 372. P.1-11, jan/2003.

OLIVEIRA, V. **Operações Práticas de Secagem. Anais...5º Simpósio Paranaense de Pós-Colheita e 4º Simpósio Internacional de Grãos Armazenados**. 28 a 30 de maio de 2008, em Cascavel .

OSÓRIO, A.G.S. **Projeto e construção de um secador intermitente de fluxo concorrente e sua avaliação na secagem de café**. Viçosa: UFV, 1982. 57p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1982.

PACHECO, C.R.F. **Curso de Especialização em Papel e Celulose – Conceitos Básicos de Secagem**. São Paulo: poli.usp. São Paulo 2010. Disponível em <http://sites.poli.usp.br/d/pqi2530/alimentos/pacheco_secagem_cap_1.pdf >. Acesso em 23.mar.2013.

PARK, K. J. et al. **Conceitos de Processo e Equipamentos de Secagem**. Campina: UNICAMP, março 2007. Disponível em: < [http://www.feagri.unicamp.br/ctea/projpesq. Html](http://www.feagri.unicamp.br/ctea/projpesq.Html) > Acesso em: 20.jun.2013.

PARK, K. J. et al. **Seleção de Secadores: Fluxograma**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.9, n.2, p.179-202, 2007

PRECCI, R.L et al. **Fontes de Energia para Secagem**. Viçosa: UFV, março 1995.

Disponível em < [http://](http://www.ufv.br/poscolheita/LIVRO%20SECAGEM%20E%20ARMAZENAGEM%20DE%20CAFE/capitulo4.pdf)

www.ufv.br/poscolheita/LIVRO%20SECAGEM%20E%20ARMAZENAGEM%20DE%20CAFE/capitulo4.pdf > Acesso em: 20.set.2013.

PRESTENERGIA. **O que são pellets**. Sobral de Monte Agraço, 2013. Disponível em

<[http://www.prestenergia.com/ficheiros/conteudos/files/pellets\(1\).pdf](http://www.prestenergia.com/ficheiros/conteudos/files/pellets(1).pdf) > Acesso em

25.julho.2013

PUZZI, D. **Abastecimento e Armazenagem de Grãos**. Campinas: Instituto

Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 603p.

RIBEIRO I. e VICARI C. C., **Análise de Viabilidade Econômica para Secagem de Milho com Gás Liquefeito de Petróleo**, disponível em:

<http://www.unioeste.br/campi/cascavel/ccsa/VSeminarario/IVSeminarario/Artigos/07.pdf>, **Anais do IV Seminário do CCSA**, 2005, consultado em 01/09/2009.

ROCHA, J.D. **Pellets e Briquetes – Planta Industrial Modular Compactada de**

Produção de Pellets e Briquete. EMBRAPA, 2013. disponível em: < [http://](http://www.youtube.com/watch?v=flhr3hwodvq)

www.youtube.com/watch?v=flhr3hwodvq > acesso em: 11.julho.2013.

SAGLIETI, J.R.C. **Rendimento térmico de fornalha a lenha de fluxo cruzado**.

Botucatu: UNESP, 1991. 102p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade

Estadual Paulista, 1991.

SILVA, I. D. **Projeto, construção e teste de uma fornalha a carvão vegetal para**

secagem de café. Viçosa: UFV, 1998. 78p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1998.

SILVA, J. N. et al. Vapor de Água para Aquecimento do Ar de Secagem de Café:

Custos e Consumo de Energia. In: **simpósio de pesquisa dos cafés do brasil**.

Viçosa, 1998. P. 1151-1154

SILVA, J.N.;SOBRINHO, C. Análise Energética da Secagem de Café em Secadores Horizontal e Vertical de Fluxos Cruzados. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Viçosa, 1998. P. 717-723

SILVA, J. P. **Análise financeira das empresas**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

SOBRINHO, J.C. et al. Avaliação de Sistemas de Secagem de Café com Aquecimento do Ar em Vapor de Água, Lenha de Eucalipto e Gás Liquefeito de Petróleo. **Revista Brasileira de Armazenagem**, Viçosa – ESPECIAL, p 25-34, 2001.

SOUZA, M.M. et al. Estimativa de poder calorífico e caracterização para uso energético de resíduos da colheita e do processamento de *Pinus taeda*. **Revista Floresta**, Curitiba, 2012. p325-324, abr./jun. 2012.

TEIXEIRA, E.C. e GOMES S.T. **elaboração e análise de Projetos agropecuários**. Universidade Federal de Viçosa. 1994

WEBER, E. A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1998. 400 p.

WEBER, E. A., **Excelência em beneficiamento e armazenamento de grãos**, editora SALLES 2005, 586 p.

ANEXOS

ANEXO A – BOLETIM DE SECAGEM

CONTROLE DE SECAGEM	UNIDADE	SECADOR	PRODUTO	DATA
---------------------	---------	---------	---------	------

DIA	Operador:			NOITE	Operador:		
Horas	Umidade Entra	Umidade Sai	TEMPER °C	Horas	Umidade Entra	Umidade Sai	TEMPER °C
07:00				19:00			
07:30				19:30			
08:00				20:00			
08:30				20:30			
09:00				21:00			
09:30				21:30			
10:00				22:00			
10:30				22:30			
11:00				23:00			
11:30				23:30			
12:00				00:00			
12:30				00:30			
13:00				01:00			
13:30				01:30			
14:00				02:00			
14:30				02:30			
15:00				03:00			
15:30				03:30			
16:00				04:00			
16:30				04:30			
17:00				05:00			
17:30				05:30			
18:00				06:00			
18:30				06:30			

CONSUMO DE LENHA		
Total acumulado anterior (m ³)	Consumo lenha turno (m ³)	TOTAL Acumulado (m ³)

Fonte: Autor da pesquisa (2013):

ANEXO B – AVALIAÇÃO DE DUTOS

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				
21																				
22																				
23																				
24																				
25																				
26																				
27																				
28																				
29																				
30																				
31																				

Fonte: Autor da pesquisa (2013)

ANEXO C : Registro de Monitoramento de Secagem de Grãos

