

# ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SEGMENTOS INDUSTRIAIS SELECIONADOS



Fonte: Panitec

## SEGMENTO ALIMENTOS E BEBIDAS

**28.06.2018**

Pesquisa/Produto/Trabalho executado com recursos provenientes do Acordo de Empréstimo nº 8.095-BR, formalizado entre a República Federativa do Brasil e o Banco Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento – Bird, em 1º de março de 2012.

## Elaborado por:

**Consultor Sênior: Rafael Pimenta Mesquita**

**Consultor Júnior: Thiago Mattos de Souza**

**Estagiária: Fabiane de Souza Lamez**

**Estatístico: Teresa Aparicio Villegas**

**Coordenador do Projeto: Fernando Moreno Pinzón**

## Sumário

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. PERFIL DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ALIMENTOS E BEBIDAS .....	14
a. Comportamento da produção em nível de subsegmento e suas tendências .....	14
b. Informação do consumo de energia no segmento de alimentos e sua participação na demanda industrial.....	32
c. Indicadores que serão quantificados a partir da análise da realidade brasileira atual	33
3. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS PRINCIPAIS DO SEGMENTO INDUSTRIAL .....	36
a. Processos de produção principais do subsegmento de fabricação e refino de açúcar	36
b. Processos de produção principais do subsegmento de moagem de trigo, fabricação de massas alimentícias e produtos de padaria .....	41
c. Processos de produção principais do subsegmento de produção de óleos e gorduras (moagem de grãos, produção de farelos, óleos vegetais e gordura animal) .....	43
d. Processos de produção principais do subsegmento de abate de animais e produção de carnes e derivados.....	45
e. Processos de produção principais do subsegmento de beneficiamento de leite e fabricação de produtos lácteos .....	49
FABRICAÇÃO DE LEITE EM PÓ .....	50
f. Processos de produção principais do subsegmento de fabricação de rações e alimentos para animais.....	51
g. Processos de produção principais do subsegmento de produção de bebidas (sucos, refrigerantes e cervejas) .....	52
h. Processos de produção principais do subsegmento de beneficiamento de arroz (ou genericamente beneficiamento de café, chá e cereais) .....	57
4. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA ADOTADA NO ESTUDO .....	60
a. Seleção da amostra da pesquisa.....	60

b. Seleção das etapas do processo de produção .....	62
c. Tratamento de dados .....	65
<b>5. INDICADORES DE CONSUMO ENERGÉTICO POR SUBSEGMENTO .....</b>	<b>66</b>
a. Subsegmento de fabricação e refino de açúcar .....	66
i. Situação atual.....	66
ii. Condições com tecnologias mais eficientes .....	68
b. Subsegmento de moagem de trigo, fabricação de massas alimentícias e produtos de padaria .....	73
i. Situação atual.....	73
ii. Condições com tecnologias mais eficientes .....	75
c. Subsegmento de produção de óleos e gorduras (moagem de grãos, produção de farelo, óleos vegetais e gordura animal).....	80
i. Situação atual.....	80
ii. Condições com tecnologias mais eficientes .....	83
d. Subsegmento de abate de animais e produção de carnes e derivados .....	87
i. Situação atual.....	87
ii. Condições com tecnologias mais eficientes .....	89
e. Subsegmento de beneficiamento de leite e fabricação de produtos lácteos .....	97
i. Situação atual.....	97
ii. Condições com tecnologias mais eficientes .....	99
f. Subsegmento de fabricação de rações e alimentos para animais .....	106
i. Situação atual.....	106
ii. Condições com tecnologias mais eficientes .....	108
g. Subsegmento de produção de bebidas.....	112
i. Situação atual.....	112
ii. Condições com tecnologias mais eficientes .....	115
h. Subsegmento de beneficiamento de arroz (ou genericamente beneficiamento de café, chá e cereais) .....	122
i. Situação atual.....	122
ii. Condições com tecnologias mais eficientes .....	125
<b>6. ANÁLISE DE CONDICIONANTES À PENETREÇÃO DE TECNOLOGIAS EFICIENTES DE ENERGIA POR SUBSEGMENTO .....</b>	<b>129</b>
a. Subsegmento de fabricação e refino de açúcar .....	129
i. Condicionantes Técnicos.....	133
ii. Condicionantes econômico-financeiros .....	133
iii. Outros condicionantes .....	134
b. Subsegmento de moagem de trigo, fabricação de massas alimentícias e produtos de padaria .....	135
i. Condicionantes Técnicos.....	135

ii.	Condicionantes econômico-financeiros .....	135
iii.	Outros condicionantes .....	135
c.	Subsegmento de produção de óleos e gorduras (moagem de grãos, produção de farelos, óleos vegetais e gordura animal) .....	136
i.	Condicionantes Técnicos.....	136
ii.	Condicionantes econômico-financeiros .....	136
iii.	Outros condicionantes .....	136
d.	Subsegmento de abate de animais e produção de carnes e derivadas .....	137
i.	Condicionantes Técnicos.....	137
ii.	Condicionantes econômico-financeiros .....	137
iii.	Outros condicionantes .....	138
e.	Subsegmento de beneficiamento de leite e fabricação de produtos lácteos .....	138
i.	Condicionantes Técnicos.....	138
ii.	Condicionantes econômico-financeiros .....	138
iii.	Outros condicionantes .....	139
f.	Subsegmento de fabricação de rações e alimentos para animais .....	139
i.	Condicionantes Técnicos.....	139
ii.	Condicionantes econômico-financeiros .....	139
iii.	Outros condicionantes .....	140
g.	Subsegmento de produção de bebidas.....	140
i.	Condicionantes Técnicos.....	140
ii.	Condicionantes econômico-financeiros .....	141
iii.	Outros condicionantes .....	141
h.	Subsegmento de beneficiamento de arroz (ou genericamente beneficiamento de café, chá e cereais) .....	141
i.	Condicionantes Técnicos.....	141
ii.	Condicionantes econômico-financeiros .....	142
iii.	Outros condicionantes .....	142
7.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	143
8.	REFERÊNCIAS UTILIZADAS.....	145



## Lista de Tabelas

Tabela 1: Brasil no ranking mundial de produtores no setor de alimentos e bebidas, 2017 .....	15
Tabela 2: Estimativa de moagem de trigo e consumo de farinha .....	19
Tabela 3: Exportação, importação e consumo de óleo de soja no Brasil .....	20
Tabela 4: Produção, exportação, importação e consumo de óleo de palma e palmiste no Brasil.....	20
Tabela 5: Exportação e importação de óleo de amendoim no Brasil.....	20
Tabela 6: Exportação e importação de óleo de mamona no Brasil.....	21
Tabela 7: Comportamento de produção e exportação de bovinos .....	23
Tabela 8: Comportamento de produção e exportação de suínos.....	23
Tabela 9: Comportamento de produção e exportação de frango.....	23
Fonte: Elaboração própria com base em USDA, 2016 Tabela 10: Produção e consumo das principais carnes no Brasil.....	23
Tabela 11: Dados nacionais de leite desnatado, em mil toneladas .....	24
Tabela 12: Dados nacionais de leite em pó integral, em mil toneladas .....	25
Tabela 13: Dados nacionais de manteiga, em mil toneladas.....	25
Tabela 14: Dados nacionais de queijo, em mil toneladas .....	25
Tabela 15: Importações do complexo leite, em toneladas .....	26
Tabela 16: Exportações do complexo leite, em toneladas .....	26
Tabela 17: Produção brasileira de rações, em milhões de toneladas .....	27
Tabela 18: Distribuição regional do emprego nos segmentos que compõe o setor de bebidas e da população brasileira em 2012 .....	28
Tabela 19: Produção brasileira de arroz em casca, em mil toneladas .....	30
Tabela 20: Importações e exportações de arroz em casca .....	30
Tabela 21 - Consumo total de energia do Setor Industrial Alimentos e Bebidas (tep) .	33
Tabela 22: Tabela com número de empresas e porcentagem correspondente para cada um dos subsegmentos do setor "Alimentos e Bebidas" .....	60
Tabela 23: Consumo de energia dos subsegmentos da indústria de alimentos e bebidas .....	61
Tabela 24: Totais e distribuição de empresas .....	62
Tabela 25: Distribuição de unidade de serviço na fabricação de açúcar .....	67
Tabela 26: Rendimento energético atual, subsegmento de açúcar .....	67
Tabela 27: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de açúcar .....	68
Tabela 28: Custos para reposição de equipamentos com a mesma eficiência.....	68
Tabela 29: Cálculo de economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento .....	69
Tabela 30: Cálculo de economia de energia com a instalação de inversores de frequência nos ventiladores das torres de resfriamento .....	69
Tabela 31: Cálculo de economia de energia com o aumento de retorno de condensado .....	70
Tabela 32: Cálculo de economia de energia com a retirada de vazamentos de vapor .	70

Tabela 33: Consumos específicos por insumo .....	71
Tabela 34: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de açúcar .....	71
Tabela 35: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento açúcar .....	72
Tabela 36: Investimento para reposição de equipamentos. ....	72
Tabela 37: Potencial de economia .....	72
Tabela 38: Distribuição de unidade de serviço no subsegmento de trigo .....	74
Tabela 39: Rendimento energético atual, subsegmento de trigo.....	74
Tabela 40: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de trigo .....	75
Tabela 41: Investimento para reposição de equipamentos com a mesma eficiência ...	75
Tabela 42: Cálculo de economia de energia com a redução da pressão de ar comprimido .....	76
Tabela 43: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de sucção nos compressores de refrigeração.....	76
Tabela 44: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de sucção nos compressores de refrigeração.....	77
Tabela 45: Cálculo da economia de energia com a substituição do compressor de ar .	77
Tabela 46: Cálculo da economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento .....	78
Tabela 47: Consumos específicos por insumo .....	78
Tabela 48: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de trigo .....	79
Tabela 49: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento de trigo.....	79
Tabela 50: Investimento para reposição de equipamentos .....	80
Tabela 51: Potencial de economia .....	80
Tabela 52: Distribuição de unidade de serviço na produção de óleos e gorduras.....	82
Tabela 53: Rendimento energético atual, subsegmento de óleos e gorduras .....	82
Tabela 54: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de óleos e gorduras .....	82
Tabela 55: Investimento para reposição de equipamentos com a mesma eficiência ...	83
Tabela 56: Cálculo de economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento .....	83
Tabela 57: Cálculo de economia de energia com a instalação de inversor de frequência .....	84
Tabela 58: Cálculo de economia de energia com o aumento do retorno de condensado de 60% para 90%.....	84
Tabela 59: Consumos específicos por insumo .....	85
Tabela 60: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de óleo.....	85
Tabela 61: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento de óleo .....	85
Tabela 62: Investimento para reposição de equipamentos.....	86
Tabela 63: Potencial de economia .....	86
Tabela 64: Distribuição de unidade de serviço no subsegmento de abate.....	88
Tabela 65: Rendimento energético atual, subsegmento de abate de carnes .....	88
Tabela 66: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de abate.....	88
Tabela 67: Investimento em equipamentos de mesma eficiência.....	89

Tabela 68: Cálculo de economia de energia com a redução da pressão de ar comprimido .....	90
Tabela 69: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de descarga nos compressores de refrigeração.....	90
Tabela 70: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de descarga nos compressores de refrigeração.....	90
Tabela 71: Cálculo da economia de energia com a substituição do compressor de amônia.....	91
Tabela 72: Cálculo da economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento .....	92
Tabela 73: Cálculo da economia de energia com a substituição de lâmpadas convencionais por LED.....	93
Tabela 74: Cálculo da economia de energia com o aumento do retorno de condensado de 55% para 90%.....	94
Tabela 75: Cálculo de economia de energia com a instalação de economizador na caldeira .....	94
Tabela 76: Consumos específicos por insumo .....	95
Tabela 77: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de abate de carne ...	95
Tabela 78: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento de abate de carne	95
Tabela 79: Investimento para reposição de equipamentos.....	96
Tabela 80: Potencial de economia .....	96
Tabela 81: Distribuição de unidade de serviço no beneficiamento de leite.....	98
Tabela 82: Rendimento energético atual, subsegmento de beneficiamento de leite....	98
Tabela 83: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de beneficiamento de leite	98
Tabela 84: Investimento em equipamentos de mesma eficiência.....	99
Tabela 85: Cálculo de economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento .....	100
Tabela 86: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de descarga nos compressores de refrigeração.....	100
Tabela 87: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de descarga nos compressores de refrigeração.....	100
Tabela 88: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de sucção nos compressores de refrigeração.....	101
Tabela 89: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de sucção nos compressores de refrigeração.....	101
Tabela 90: Cálculo da melhoria de eficiência para substituir a água gelada pelo etanol (18%).....	103
Tabela 91: Cálculo de economia de energia com a melhoria térmica da utilização do etanol ao invés da água gelada .....	103
Tabela 92: Cálculo de economia de de energia com o aumento do retorno de condensado de 60% para 90% .....	104
Tabela 93: Consumos específicos por insumo .....	104
Tabela 94: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de leite.....	105



Tabela 95: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento de leite .....	105
Tabela 96: Investimento para reposição de equipamentos .....	105
Tabela 97: Potencial de economia .....	106
Tabela 98: Distribuição de unidade de serviço na produção de ração .....	107
Tabela 99: Rendimento energético atual, subsegmento de fabricação de rações e alimentos para animais .....	107
Tabela 100: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de ração .....	108
Tabela 102: Investimento necessário para manter a mesma eficiência.....	108
Tabela 103: Cálculo de economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento .....	109
Tabela 104: Cálculo de economia de energia com a instalação de inversor de frequência nos exaustores dos silos .....	109
Tabela 105: Cálculo de economia de energia com o aumento do retorno de condensado de 70% para 90% .....	110
Tabela 106: Consumos específicos por insumo .....	110
Tabela 107: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de ração.....	111
Tabela 108: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento de ração.....	111
Tabela 109: Investimento para reposição de equipamentos com a mesma eficiência. ....	111
Tabela 110: Potencial de economia.....	112
Tabela 111: Distribuição de unidade de serviço na produção de bebidas.....	113
Tabela 112: Rendimento energético atual, subsegmento de fabricação de bebidas ..	114
Tabela 113: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de bebidas .....	114
Tabela 114: Investimento necessário para manter a eficiencia dos equipamentos....	114
Tabela 115: Cálculo de economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento .....	115
Tabela 116: Cálculo de economia de energia com a instalação de inversor de frequência nos exaustores dos silos .....	116
Tabela 117: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de descarga nos compressores de refrigeração .....	116
Tabela 118: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de descarga nos compressores de refrigeração .....	117
Tabela 119: Cálculo da economia de energia com a substituição de lâmpadas convencionais por LED.....	118
Tabela 120: Cálculo da economia de energia com o aumento do retorno de condensado de 60% para 90% .....	119
Tabela 121: Cálculo de economia de energia com a instalação de economizador na caldeira a gás natural .....	119
Tabela 122: Consumos específicos por insumo .....	120
Tabela 123: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de bebidas.....	120
Tabela 124: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento de bebidas .....	121
Tabela 125: Investimento para reposição de equipamentos com a mesma eficiência. ....	121

Tabela 126: Potencial de economia.....	122
Tabela 127: Distribuição de unidade de serviço na produção de arroz.....	123
Tabela 128: Distribuição de unidade de serviço na produção de arroz.....	124
Tabela 129: Rendimento energético atual, subsegmento de Arroz e café .....	124
Tabela 130: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de arroz e café .....	124
Tabela 131: Investimento para reposição de equipamentos com a mesma eficiência	125
Tabela 132: Cálculo de economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento .....	125
Tabela 133: Cálculo de economia de energia com a instalação de inversor de frequência nos compressores de ar.....	126
Tabela 134: Consumos específicos por insumo .....	126
Tabela 135: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de arroz e café....	127
Tabela 136: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento de arroz e café	127
Tabela 137: Investimento para reposição de equipamentos com a mesma eficiência .....	128
Tabela 138: Potencial de economia.....	128
Tabela 139: Oportunidades de economia em sistemas de vapor .....	133
Tabela 140: Consumo específico e potencial de economia por subsegmento .....	143
Tabela 141: Oportunidades de economia por subsegmento .....	144

## Lista de Figuras

Figura 1: A indústria de alimentos em números .....	14
Figura 2: Histórico de moagem de trigo .....	18
Figura 3: Esquema de produção de açúcar .....	41
Figura 4: Fluxograma de produção de farinha de trigo.....	43
Figura 5: Fluxograma de produção de óleo de soja .....	44
Figura 6: Etapas de abate de bovinos .....	46
Figura 7: Esquema do proceso de fabricação de cerveja .....	56
Figura 8: Processo produtivo de beneficiamento de açúcar .....	66
Figura 9: Processo produtivo de trigo.....	73
Figura 10: Processo produtivo de óleo de soja .....	81
Figura 11: Processo produtivo de abata de carnes .....	87
Figura 12: Processo produtivo de beneficiamento de leite .....	97
Figura 13: Fluxograma de refrigeração com agua gelada .....	102
Figura 14: Fluxograma de refrigeração com etanol.....	102
Figura 15: Processo produtivo de Ração Animal .....	106
Figura 16: Processo produtivo de Bebidas .....	112
Figura 17: Processo produtivo de Beneficiamento de Arroz .....	122
Figura 18: Processo produtivo de Beneficiamento de café.....	123

## Lista de Gráficos

Gráfico 1: Histórico de produção de cana-de-açúcar no Brasil, em mil toneladas.....	16
Gráfico 2: Histórico de produção de açúcar no país, em mil toneladas .....	16
Gráfico 3: Histórico de produção de etanol no país, em mil m <sup>3</sup> .....	17
Gráfico 4: Projeção da proporção de produção de açúcar e etanol no Brasil .....	17
Gráfico 5: Histórico de produção de trigo no Brasil, em mil toneladas .....	18
Gráfico 6: Evolução do abate de bovinos por trimestre, em milhões de cabeças.....	21
Gráfico 7: Evolução do abate de suínos por trimestre, em milhões de cabeças.....	22
Gráfico 8: Evolução do abate de frangos por trimestre, em bilhões de cabeças.....	22
Gráfico 9: Aquisição anual de leite, em bilhões de litros.....	24
Gráfico 10: Produção de refrigerantes – Brasil, 2005-2013 – em milhões de litros.....	28
Gráfico 11: Produção de refrigerantes – Brasil, 2005-2013 – em milhões de litros.....	29
Gráfico 12: Produção e consumo de café no Brasil – 2013-2016, em milhões de sacas .....	31
Gráfico 13: Consumo energético final por setor.....	32
Gráfico 14: Consumo energético dos subsegmentos do setor industrial.....	32

## 1. INTRODUÇÃO

### Descrição geral do objetivo do relatório

O presente relatório tem como objetivo identificar e avaliar a eficiência energética nas indústrias da cadeia de produção de alimentos e bebidas assim como a geração de dados básicos relativos ao uso de energia (elétrica e térmica) através da realização de pesquisa de campo em âmbito nacional. Estes dados subsidiarão a estimação pela EPE e pelo MME do potencial de efficientização do uso da energia neste segmento industrial.

O estudo, inicialmente, caracteriza este segmento sob os pontos de vista técnico, econômico, energético e ambiental e, em seguida, é mostrada a metodologia utilizada para o cálculo dos potenciais de conservação de energia e comparados os resultados com os encontrados na literatura técnica. São comentadas, por fim, algumas barreiras existentes para as ações de conservação de energia na indústria da cadeia de alimentos e bebidas.

### Abrangência deste relatório

Este trabalho destina-se em particular à EPE e ao MME, contribuindo para o aprimoramento das atividades de planejamento e para as pesquisas no âmbito do setor industrial.

O alcance deste estudo no segmento de alimentos, está definido para os seguintes subsegmentos: Fabricação e refino de açúcar; Moagem de trigo, fabricação de massas alimentícias e produtos de padaria; Produção de óleos e gorduras (moagem de grãos, produção de farelos, óleos vegetais e gordura animal); Abate de animais e produção de carnes e derivados; Beneficiamento de leite e fabricação de produtos lácteos; Fabricação de rações e alimentos para animais; Produção de bebidas (sucos, refrigerantes e cervejas); Beneficiamento de arroz (café, chá e cereais).

O estudo aborda os seguintes temas específicos:

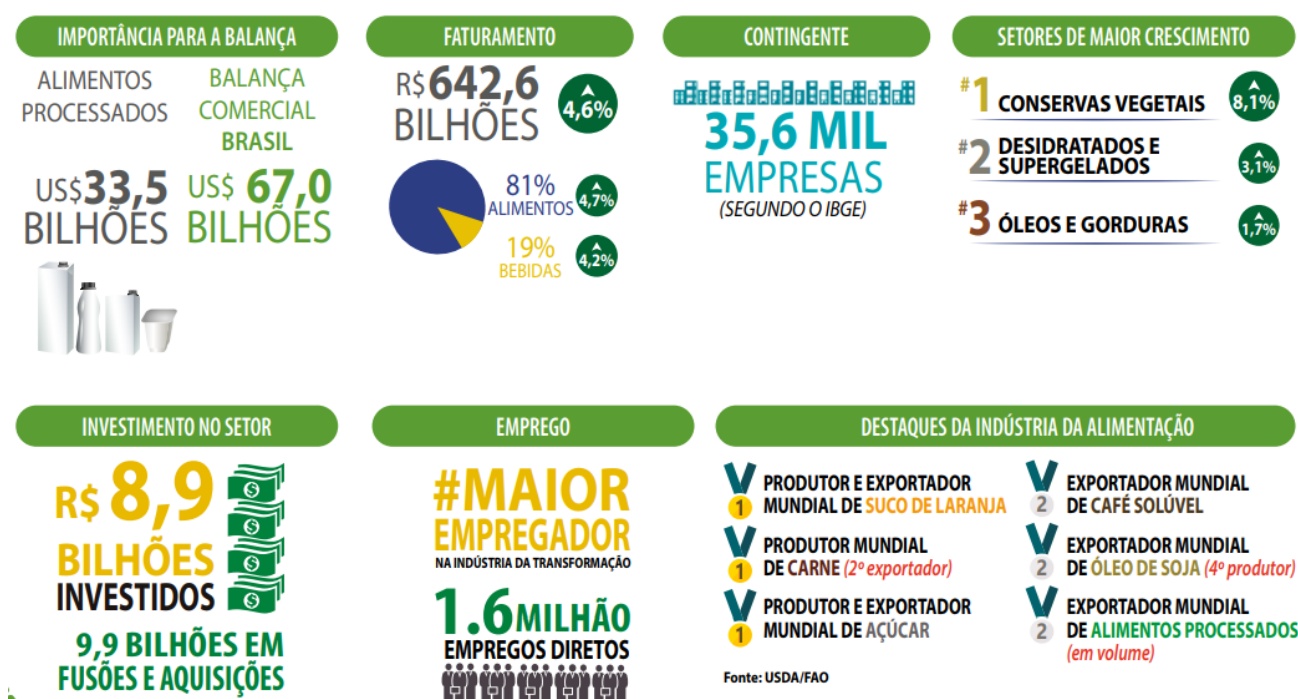
- Descrição do processo produtivo de cada subsegmento;
- Consumo de energia no segmento de alimentos e bebidas e sua participação na demanda industrial;
- Consumo de energia de cada subsegmento e sua distribuição fonte e uso;
- Indicadores de consumo energético em cada subsegmento nas condições da situação atual de produção;
- Indicadores de consumo energético em cada subsegmento considerando a utilização de tecnologias mais eficientes;
- Análises dos condicionantes de penetração de tecnologias eficientes de energia por subsegmento;
- Conclusões gerais do estudo.



## 2. PERFIL DA INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ALIMENTOS E BEBIDAS

### a. Comportamento da produção em nível de subsegmento e suas tendências

O setor de alimentos tem representado cerca de 9% do PIB brasileiro (ABIA – Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação, 2014), e o faturamento do setor somou R\$ 642,6 bilhões no país, segundo dados do Relatório Anual da ABIA de 2017, sendo 81% em alimentos e 19% em bebidas. Esse desempenho coloca o setor como o maior empregador na indústria de transformação gerando 1,6 milhões de empregos diretos, apresentando também um forte investimento de R\$ 8,9 bilhões (ABIA – Associação Brasileira das Indústrias, 2017).



Fonte: ABIA – Associação Brasileira das Indústrias, 2017

Figura 1: A indústria de alimentos em números

No setor, o Brasil se mostra um importante produtor no cenário internacional, com grande participação na produção em diversos segmentos.

PRODUTO	PRODUÇÃO		EXPORTAÇÃO	
	Ranking	Participação Mundial (%)	Ranking	Participação Mundial (%)
Café	1º	33%	1º	25%
Açúcar	1º	22%	1º	48%
Carne Avícola	2º	15%	1º	38%
Carne Bovina	2º	16%	1º	20%
Fumo	2º	13%	1º	27%
Suco de Laranja	1º	61%	1º	75%
Soja	2º	31%	1º	43%
Milho	3º	9%	2º	22%
Algodão	5º	6%	3º	10%
Carne Suína	4º	3%	4º	9%
Celulose	4º	9%		
Leite em pó	6º	7%	10º	
Álcool	2º	28%		
Arroz	8º	2%		
Trigo	9º	1%		

Fonte: DEPEC – Bradesco, 2018

Tabela 1: Brasil no ranking mundial de produtores no setor de alimentos e bebidas, 2017

O setor de alimentos apresenta características importantes no setor produtivo do Brasil, destacando-se os seguintes indicadores (ABIA – Associação Brasileira das Indústrias, 2017):

- Primeiro produtor e exportador mundial de suco de laranja;
- Primeiro produtor e exportador mundial de açúcar;
- Primeiro exportador mundial de carne (sendo o segundo produtor);
- Segundo exportador mundial de café solúvel;
- Segundo exportador mundial de óleo de soja;
- Segundo exportador mundial de alimentos processados.

Existem, aproximadamente, 570 empresas de grande porte no país, as quais concentram grande parte do faturamento total da indústria.

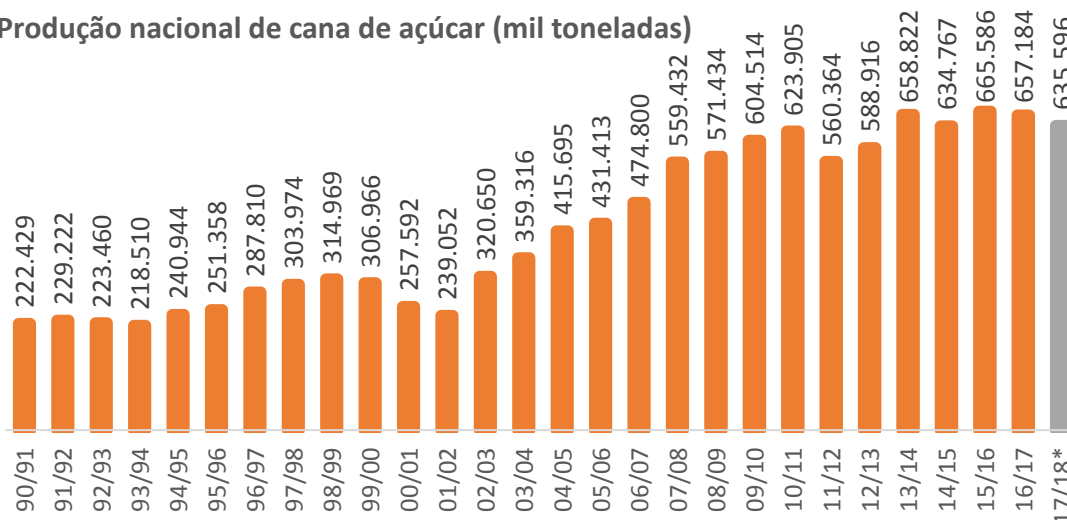
### Fabricação e refino de açúcar

A produção de açúcar e etanol pode ser feita através da beterraba, do milho e da cana-de-açúcar. No Brasil, a produção é restritamente dependente da cana-de-açúcar, devido as vantajosas condições climáticas e econômicas deste insumo.

De acordo com o estudo do Departamento de Pesquisa e Estudos Econômicos do Bradesco, a produção de cana-de-açúcar alcança 635,6 milhões de toneladas na

safrá 2017/2018, uma queda de 3,3% quando comparada à temporada anterior, que chegou a 657,2 milhões. (DEPEC – Bradesco, 2018)

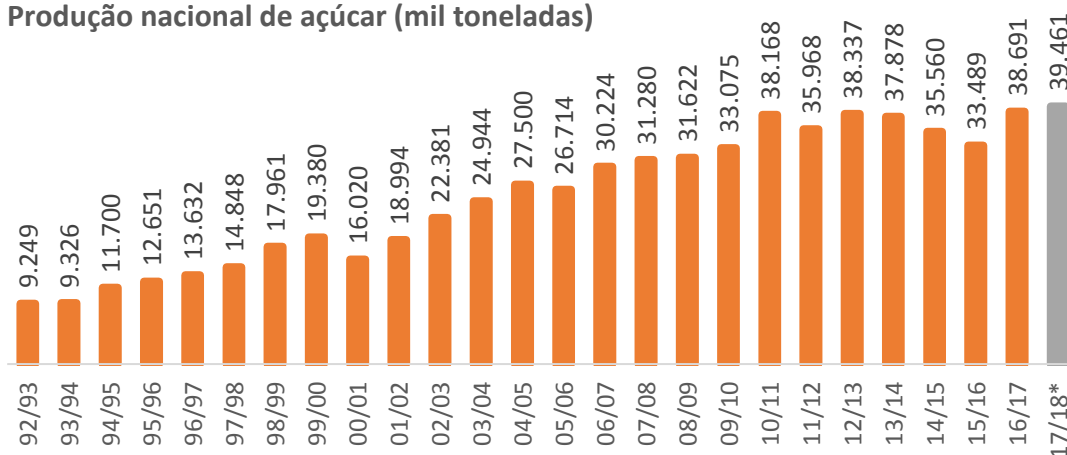
### Produção nacional de cana de açúcar (mil toneladas)



Fonte: DEPEC – Bradesco, 2018

Gráfico 1: Histórico de produção de cana-de-açúcar no Brasil, em mil toneladas

### Produção nacional de açúcar (mil toneladas)

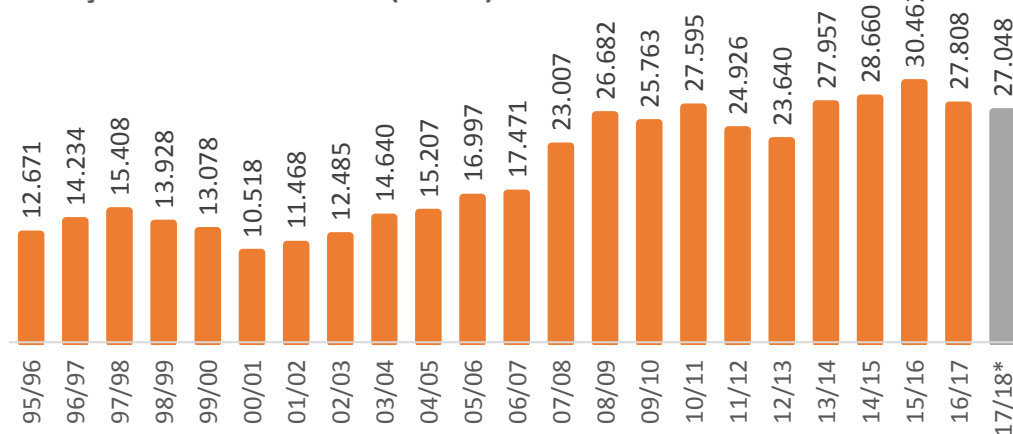


Fonte: DEPEC - Bradesco, 2018

Gráfico 2: Histórico de produção de açúcar no país, em mil toneladas

No Brasil, existe a prioridade de se utilizar a cana-de-açúcar para produção de açúcar. É visto que na safra de 2017/2018 a produção de açúcar alcança aproximadamente 39,5 milhões de toneladas, enquanto que a produção de etanol na mesma safra alcança aproximadamente 27 milhões de toneladas.

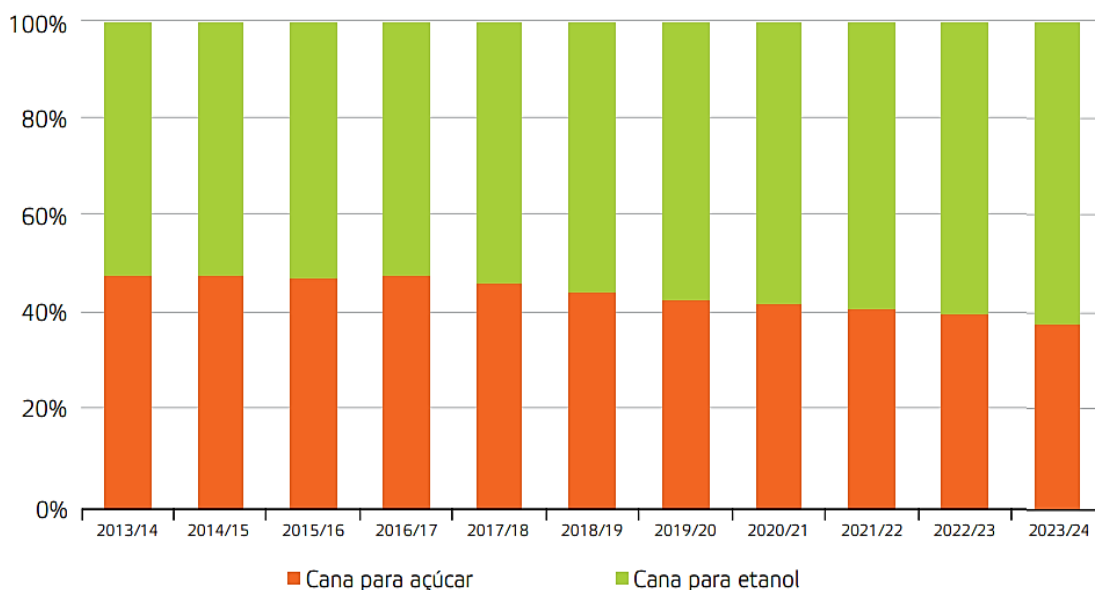
### Produção nacional de etanol (mil m<sup>3</sup>)



Fonte: DEPEC - Bradesco, 2018

Gráfico 3: Histórico de produção de etanol no país, em mil m<sup>3</sup>

Os carros Flex Fuel foram largamente responsáveis pela virada na divisão de produção de açúcar e produção de etanol. Até 2003, a produção nacional era predominantemente voltada para o açúcar. Após essa data, a produção do etanol aumentava gradativamente atingindo 58% de participação em 2009. Porém, essa proporção voltou a tender para açúcar a partir de 2009, em razão da baixa rentabilidade do etanol e a quebra da produção de açúcar na Índia (FIESP, 2013).



Fonte: FIESP, 2013

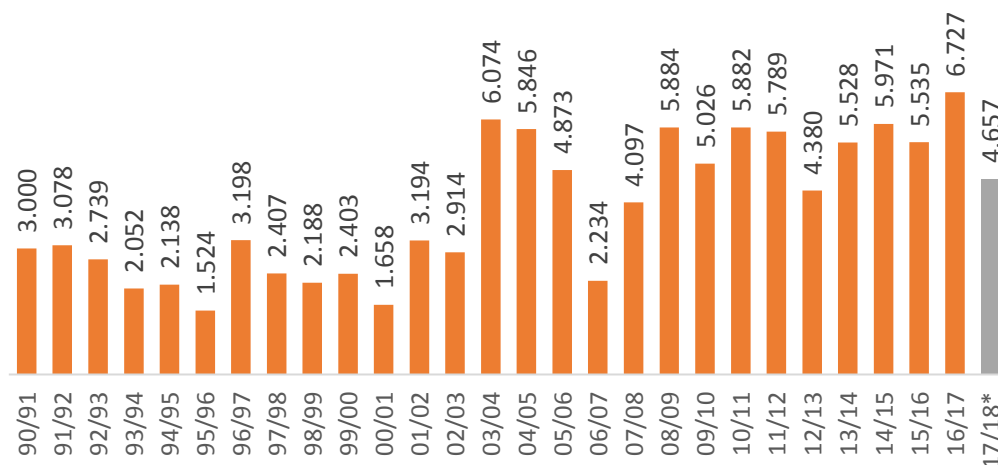
Gráfico 4: Projeção da proporção de produção de açúcar e etanol no Brasil

## Moagem de trigo, fabricação de massas alimentícias e produtos de padaria

Neste relatório visa-se, predominantemente, a indústria moageira de trigo, porém, deve-se dar o panorama geral (mas sucinto) de produção do setor para melhor entendimento do mesmo.

Graças a um elevado volume de estoque global, os preços do trigo estiveram em queda nos meses que se passaram. Como consequência, a produção a nível mundial deverá diminuir para adequação dos preços. No Brasil, a safra 2017/2018 deverá fechar sua produção em níveis menores que os anos anteriores.

### Produção de trigo (mil toneladas)



Fonte: DEPEC – Bradesco, 2018

Gráfico 5: Histórico de produção de trigo no Brasil, em mil toneladas

No Brasil, as indústrias de moagem de trigo somavam 402 moinhos até o ano de 2015 (RAIS, 2015), sendo observada, na figura a seguir, uma variação do número de moinhos ao longo dos últimos anos.



Fonte: MTPS/RAIS (2015)

Figura 2: Histórico de moagem de trigo



Da cadeia de trigo moído obtém-se a farinha, farelos e misturas, os quais são utilizados nos processos subseqüentes da indústria, tais como: panificação, indústria de massa, biscoitos, rações e produtos não alimentícios.

De acordo com as informações do USDA 2015/2016, a produção mundial de trigo foi de 734 milhões de toneladas e o Brasil ficou na 16ª posição, com 5,5 milhões de toneladas de grãos, o que representa 0,7% da produção mundial.

A análise setorial mostra os seguintes indicadores em nível nacional: 10,3 milhões de produtos obtidos da moagem, distribuídos em 2,6 milhões de farelo e 7,8 milhões de farinha para 2015, segundo o documento Panorama Setorial da Indústria do Trigo, 2016.

Até 2015, foram estabelecidas 402 usinas em território nacional, com uma fonte de emprego de 23.745 funcionários, um saldo de importação de 158 milhões de dólares em farelo e farinhas, e um saldo de exportação de 7,6 milhões de dólares (MTPS/RAIS, 2015).

A Tabela 2 mostra o comportamento da produção de trigo, farinha e farelo nos últimos anos. É observado que de 2014 para 2015 houve um declínio na indústria de 3,3%.

<b>ESTIMATIVA DE MOAGEM DE TRIGO E CONSUMO DE FARINHA - 2005 A 2016</b>											
<b>PRODUTOS</b>	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Trigo em grão	9.842	9.449	9.036	9.351	10.143	10.610	10.887	11.276	11.194	10.425	11.047
Farelo de Trigo	2.461	2.362	2.259	2.338	2.536	2.663	2.722	2.819	2.799	2.606	2.762
Farinha Total (75%)	7.382	7.087	6.777	7.013	7.607	7.958	8.165	8.457	8.396	7.819	8.285
Farinha/Mistura - Importação	453	630	682	644	683	744	678	269	335	360	403
Total Farinhas para o mercado	7.835	7.717	7.459	7.657	8.290	8.701	8.843	8.726	8.731	8.179	8.688
Estimativa de moinhos em atividade 2016 - 196 Plantas de Moinho											

Fonte: Abitrigo, 2016

Tabela 2: Estimativa de moagem de trigo e consumo de farinha

### **Produção de óleos e gorduras (moagem de grãos, produção de farelos, óleos vegetais e gordura animal)**

O comportamento de óleos e gorduras no Brasil é descrito a seguir, considerando a importância dos grãos, a produção de farelos e de óleos vegetais.

Em consideração a isso, os cultivos de importância para a produção de óleos e farelos correspondem às sementes oleaginosas processadas, tais como: soja, semente de algodão, canola, amendoim, girassol, mamona e palma africana.

As tabelas a seguir mostram os números desses produtos em termos de óleo produzido.

SAFRAS	MILHÕES DE TONELADAS			
	Produção	Importação	Exportação	Consumo
2004/05	5,65	0,00	2,49	3,09
2005/06	5,43	0,03	2,45	3,11
2006/07	5,97	0,01	2,44	3,40
2007/08	6,16	0,07	2,35	3,96
2008/09	6,12	0,00	2,05	4,28
2009/10	6,47	0,04	1,43	7,98
2010/11	6,97	0,00	1,60	5,19
2011/12	7,09	0,00	1,98	5,40
2012/13	6,76	0,01	1,20	5,54
2013/14*	7,10	0,00	1,20	5,68

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2015

Tabela 3: Exportação, importação e consumo de óleo de soja no Brasil

ANOS	MIL TONELADAS			
	Produção	Importação	Exportação	Consumo
2004	145,8	52,70	13,8	184,7
2005	148,4	81,20	45,0	184,6
2006	156,4	147,00	24,9	278,5
2007	174,9	186,40	2,8	358,5
2008	289,1	262,20	9,4	542,0
2009	297,4	260,30	24,9	532,8
2010	342,6	332,60	17,3	657,9
2011	344,8	369,90	52,5	662,2
2012	328,9	393,80	69,4	653,2
2013	355,1	430,70	82,7	703,1

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2015

Tabela 4: Produção, exportação, importação e consumo de óleo de palma e palmiste no Brasil

SAFRAS	MIL TONELADAS	
	Importação	Exportação
2004/05	0,05	16,27
2005/06	0,04	22,01
2006/07	0,05	10,38
2007/08	0,03	14,75
2008/09	0,02	32,49
2009/10	0,02	24,88
2010/11	0,01	23,00
2011/12	0,02	31,69
2012/13	0,01	57,17
2013/14*	0,01	36,74

\*dados de importação e exportação do período de setembro a junho.

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2015

Tabela 5: Exportação e importação de óleo de amendoim no Brasil

SAFRAS	MIL TONELADAS	
	Importação	Exportação
2004/05	0,02	10,22
2005/06	0,01	4,27
2006/07	0,03	2,62
2007/08	9,87	0,20
2008/09	5,17	0,68
2009/10	10,63	0,91
2010/11	5,12	11,86
2011/12	5,33	0,57
2012/13	5,61	0,09
2013/14*	4,51	0,22

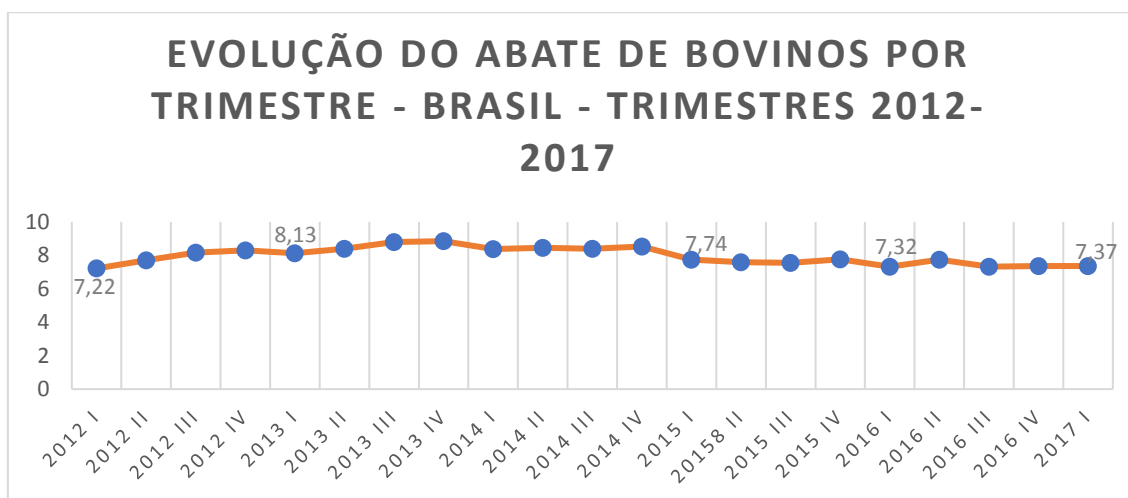
\*dados de importação e exportação do período de setembro a junho

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2015

Tabela 6: Exportação e importação de óleo de mamona no Brasil

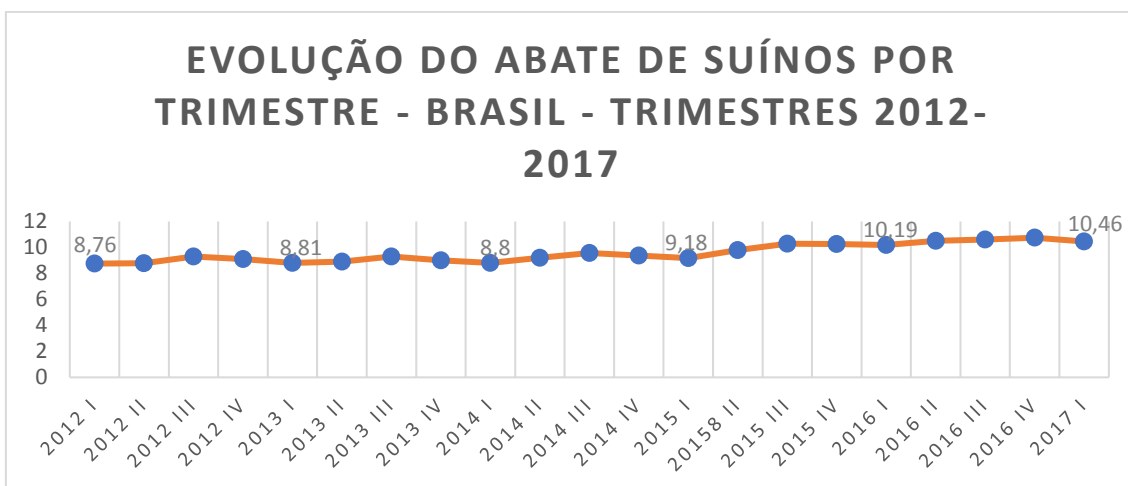
### Abate de animais e produção de carnes e derivados

Este subsegmento corresponde principalmente à produção de carne bovina, suína e de frango. A produção e seu comportamento por trimestre de cada tipo de carne são mostrados nos gráficos 6, 7 e 8.



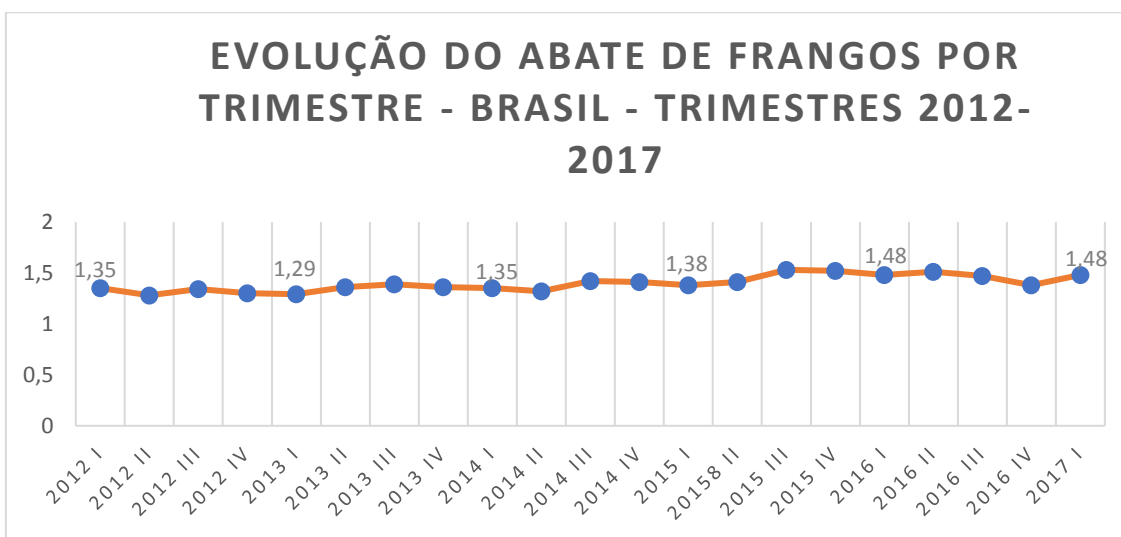
Fonte: IBGE, 2017

Gráfico 6: Evolução do abate de bovinos por trimestre, em milhões de cabeças



Fonte: IBGE, 2017

Gráfico 7: Evolução do abate de suínos por trimestre, em milhões de cabeças



Fonte: IBGE, 2017

Gráfico 8: Evolução do abate de frangos por trimestre, em bilhões de cabeças

O comportamento da produção e da exportação para os dois trimestres de 2016 e um trimestre de 2017 é mostrado nas tabelas a seguir, para os tipos de carne: bovina, suína e frangos.

<b>BOVINOS ABATIDOS, PRODUÇÃO DE CARÇAÇA E EXPORTAÇÃO DE CARNE BOVINA</b>	<b>2016</b>		<b>2017</b>
	1º trimestre	4º trimestre	1º trimestre
Bovinos abatidos <sup>1</sup> (cabeças)	7.319.737	7.406.353	7.369.356
Carcaças produzidas <sup>1</sup> (t)	1.801.222	1.850.116	1.788.988
Carne in natura exportada <sup>2</sup> (t)	287.871	246.444	264.166
Faturamento da exportação <sup>2</sup> (milhões de US\$)	1.104	1.059	1.080
Preço Médio (US\$ FOB/t)	3.835	4.299	4.088

<sup>1</sup>Pesquisa Trimestral do Abate de Animais, IBGE

<sup>2</sup>Secretaria de Comércio Exterior, Secex/MDIC

Fonte: IBGE, 2017

Tabela 7: Comportamento de produção e exportação de bovinos

<b>SUÍNOS ABATIDOS, PRODUÇÃO DE CARÇAÇA E EXPORTAÇÃO DE CARNE SUÍNA</b>	<b>2016</b>		<b>2017</b>
	1º trimestre	4º trimestre	1º trimestre
Suínos abatidos <sup>1</sup> (cabeças)	10.194.791	10.464.430	10.464.430
Carcaças produzidas <sup>1</sup> (t)	890.645	938.431	899.415
Carne in natura exportada <sup>2</sup> (t)	139.713	154.623	153.445
Faturamento da exportação <sup>2</sup> (milhões de US\$)	247,208	383,524	365,465
Preço Médio (US\$ FOB/t)	1.769,40	2.480,38	2.381,73

<sup>1</sup>Pesquisa Trimestral do Abate de Animais, IBGE

<sup>2</sup>Secretaria de Comércio Exterior, Secex/MDIC

Fonte: IBGE, 2017

Tabela 8: Comportamento de produção e exportação de suínos

<b>FRANGOS ABATIDOS, PRODUÇÃO DE CARÇAÇA E EXPORTAÇÃO DE CARNE DE FRANGO</b>	<b>2016</b>		<b>2017</b>
	1º trimestre	4º trimestre	1º trimestre
Frangos abatidos <sup>1</sup> (cabeças)	1.480.424	1.413.417	1.484.961
Carcaças produzidas <sup>1</sup> (t)	3.292.371	3.191.871	3.377.671
Carne in natura exportada <sup>2</sup> (t)	942.725	895.846	968.393
Faturamento da exportação <sup>2</sup> (milhões de US\$)	1.287,327	1.379,644	1.595,807
Preço Médio (US\$ FOB/t)	1.365,54	1.540,05	1.647,89

<sup>1</sup>Pesquisa Trimestral do Abate de Animais, IBGE

<sup>2</sup>Secretaria de Comércio Exterior, Secex/MDIC

Fonte: IBGE, 2017

Tabela 9: Comportamento de produção e exportação de frango

Parte da produção de carne é exportada e a outra parte é consumida no país. A Tabela 10, mostra o comportamento da produção em 2015 e a quantidade de carne consumida no país por habitante.

<b>PROTEÍNA ANIMAL</b>	<b>PRODUÇÃO</b>	<b>CONSUMO</b>
Carne de frango	13.146	9.309
Carne bovina	9.425	7.781
Carne suína	3.519	2.893
Pescados	1.329	2.367

Fonte: Elaboração própria com base em USDA, 2016

Tabela 10: Produção e consumo das principais carnes no Brasil

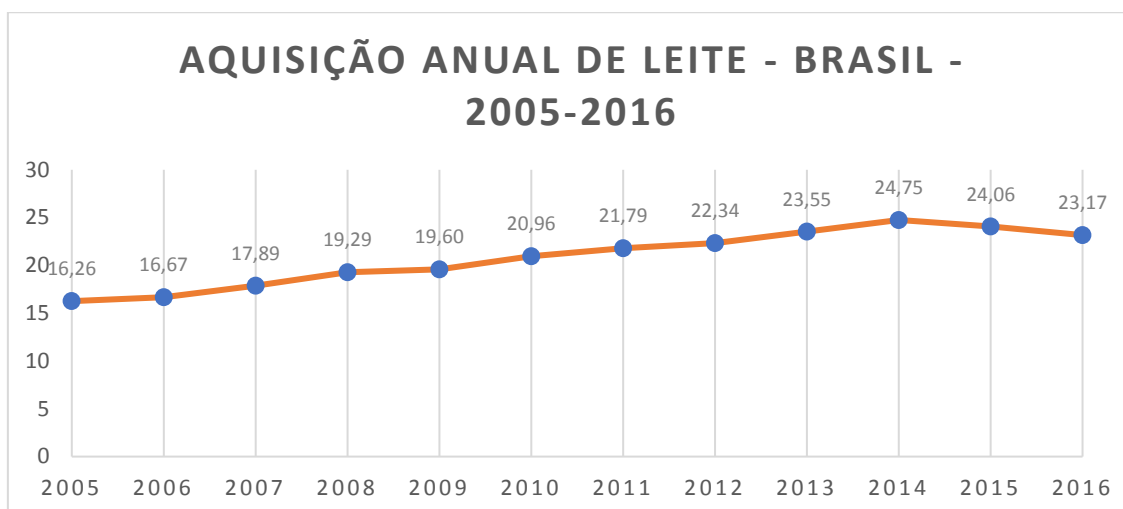


## Beneficiamento de leite e fabricação de produtos lácteos

A industrialização do leite permitiu ter um subsegmento na indústria de alimentos que fosse de grande importância tanto pelos volumes de produtos manipulados quanto pelas necessidades de energia em sua transformação.

Os principais subprodutos relacionados a esta indústria correspondem a: queijos, leite em apresentação de longa vida, leite em pó, leite pasteurizado, leite condensado, leite fermentado e outros produtos lácteos.

A informação geral da produção de leite no território nacional foi de 23,17 bilhões de litros, mostrando uma queda em relação a 2015, como mostra o Gráfico 9.



Fonte: IBGE, 2017

Gráfico 9: Aquisição anual de leite, em bilhões de litros

A produção por tipo de subproduto é mostrada nas tabelas a seguir, de acordo com a classificação estabelecida.

<b>LEITE DESNATADO (MIL TONELADAS)</b>					
Ano	Produção	Importação	Suprimento	Exportação	Consumo
2008	128	7	135	1	134
2009	125	11	136	1	135
2010	130	14	144	-	144
2011	132	31	163	-	163
2012	141	33	174	-	174
2013	151	24	175	-	175
2014	154	23	177	-	177
2015	155	35	190	-	190
2016	153	35	188	-	188
2017	157	35	192	-	192

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2016

Tabela 11: Dados nacionais de leite desnatado, em mil toneladas

<b>LEITE EM PÓ INTEGRAL (MIL TONELADAS)</b>					
Ano	Produção	Importação	Suprimento	Exportação	Consumo
2008	572	23	595	83	512
2009	473	57	530	13	517
2010	500	38	538	5	533
2011	515	55	570	1	569
2012	531	71	602	-	602
2013	549	54	603	3	600
2014	612	30	642	39	603
2015	610	59	669	41	628
2016	545	120	665	15	650
2017	595	55	650	21	629

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2016  
Tabela 12: Dados nacionais de leite em pó integral, em mil toneladas

<b>MANTEIGA (MIL TONELADAS)</b>					
Ano	Produção	Importação	Suprimento	Exportação	Consumo
2008	84	1	85	4	81
2009	76	7	83	2	81
2010	78	2	80	5	75
2011	79	1	80	2	78
2012	81	8	89	1	88
2013	83	5	88	1	87
2014	85	1	86	6	80
2015	83	2	85	1	84
2016	82	5	87	-	87
2017	84	6	90	-	90

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2016  
Tabela 13: Dados nacionais de manteiga, em mil toneladas

<b>QUEIJO (MIL TONELADAS)</b>					
Ano	Produção	Importação	Suprimento	Exportação	Consumo
2008	607	5	612	7	605
2009	614	16	630	6	624
2010	648	22	670	4	666
2011	679	39	718	3	715
2012	700	27	727	3	724
2013	722	31	753	3	750
2014	736	21	757	3	754
2015	754	22	776	3	773
2016	745	45	790	3	787
2017	772	30	802	3	799

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2016  
Tabela 14: Dados nacionais de queijo, em mil toneladas

Em relação às importações, a Tabela 15 mostra o comportamento de 2007 a 2016, para os principais derivados do leite.

<b>IMPORTAÇÕES DO COMPLEXO LEITE - VOLUME (TONELADAS)</b>										
Código NCM	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0401-Leite fluido/desnatado	5.260	3.141	9.710	5.450	14.460	12.293	20.361	3.468	615	2.453
0402-Leite em Pó Integral	21.721	30.073	67.727	52.102	85.945	104.122	78.620	53.708	93.151	161.486
0403-Iogurte	12.931	160	2.537	344	262	1.707	1.863	2.936	310	331
0404-Soro	29.441	38.374	28.608	30.149	25.017	26.757	21.013	28.003	16.950	28.395
0405-Manteigas	1.078	1.158	7.308	2.086	927	7.058	4.179	777	1.708	6.829
0406-Queijos	10.093	4.575	16.728	2.189	38.783	27.460	31.249	20.658	21.550	43.074
<b>TOTAL</b>	<b>80.524</b>	<b>77.481</b>	<b>132.618</b>	<b>112.021</b>	<b>165.395</b>	<b>179.397</b>	<b>157.285</b>	<b>109.550</b>	<b>134.284</b>	<b>242.568</b>

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2016  
Tabela 15: Importações do complexo leite, em toneladas

As exportações de leite e seus derivados, para os mesmos anos relacionados às importações, são mostradas na Tabela 16.

<b>EXPORTAÇÕES DO COMPLEXO LEITE - VOLUME (TONELADAS)</b>										
Código NCM	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
0401 - Leite fluido/Desnatado	8.414	5.858	5.542	8.802	10.166	118	16	34	39	1.190
0402 - Leite em Pó Integral	75.415	123.832	48.988	34.408	25.263	26.528	27.235	67.460	63.083	41.376
0403 - Iogurte	1.975	1.871	2.226	1.575	1.597	1.487	836	820	570	363
0404 - Soro	9	8	1	6	31	234	65	92	79	48
0405 - Manteigas	3.407	3.854	1.953	4.504	1.805	796	779	5.793	926	80
0406 - Queijos	7.579	6.925	5.796	4.274	3.159	3.553	2.810	2.591	2.522	2.979
<b>TOTAL</b>	<b>96.799</b>	<b>142.348</b>	<b>64.518</b>	<b>53.569</b>	<b>42.021</b>	<b>32.716</b>	<b>31.741</b>	<b>76.790</b>	<b>67.219</b>	<b>46.036</b>

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2016  
Tabela 16: Exportações do complexo leite, em toneladas

## Fabricação de rações e alimentos para animais

A preparação de rações para animais, nos segmentos de demanda considerados, requer matérias-primas e insumos energéticos. Cerca de 44 milhões de toneladas de milho e 16 milhões de toneladas de farelo de soja, entre outros insumos, são necessários para a fabricação de rações para animais.

A Tabela 17 mostra a produção brasileira de rações para animais, por três anos consecutivos e sua variação com relação ao ano anterior.

<b>DEMANDA ANIMAL</b>					
Segmentos	2015	2016*	%	2017**	%
Aves	38	37,8	-0,4	39,0	3,1
Suínos	15,8	16,4	3,5	16,9	3,0
Gado	8,5	8,2	-4,1	8,5	3,5
Cães e Gatos	2,44	2,50	2,4	2,60	4,2
Equinos	0,58	0,58	-0,1	0,60	4,0
Aquacultura	0,940	0,925	-1,6	1,01	9,5
<b>Total</b>	<b>67,1</b>	<b>67,2</b>	<b>0,15</b>	<b>69,4</b>	<b>3,3</b>

\*Estimativa

\*\*Previsão: maio de 2017

Fonte: dos Santos, Kist, de Carvalho, & Treichel, 2017

Tabela 17: Produção brasileira de rações, em milhões de toneladas

### Produção de bebidas – sucos, refrigerantes e cervejas

Neste subsegmento, os refrigerantes ocupam a posição mais importante do ponto de vista de vendas, seguidos pelo setor de cerveja. Os dois juntos compreendem 75% da produção que é realizada neste setor. Aguardente, outras bebidas destiladas, vinhos e águas envasadas completam o setor (BNDES, 2014).

Refrigerantes e bebidas não alcoólicas cobrem 45% do volume de produção, o setor de cerveja responde por 37,5%, os vinhos têm um volume de 1,3% e as águas engarrafadas 9,9% (BNDES, 2014).

O setor de bebidas é responsável por aproximadamente 4% do valor agregado à indústria de transformação brasileira. Esse setor emprega por volta de 144 mil pessoas no mercado formal e corresponde a 2,2% do pessoal ocupado na indústria de transformação brasileira (BNDES, 2014).

Levando em conta que as fontes de água são amplamente distribuídas em território brasileiro e as plantas industriais estão localizadas nas proximidades de seus mercados consumidores, a indústria de bebidas é distribuída em todo o território nacional. Na Tabela 18 é mostrada a distribuição por plantas de acordo com as diferentes regiões nativas.

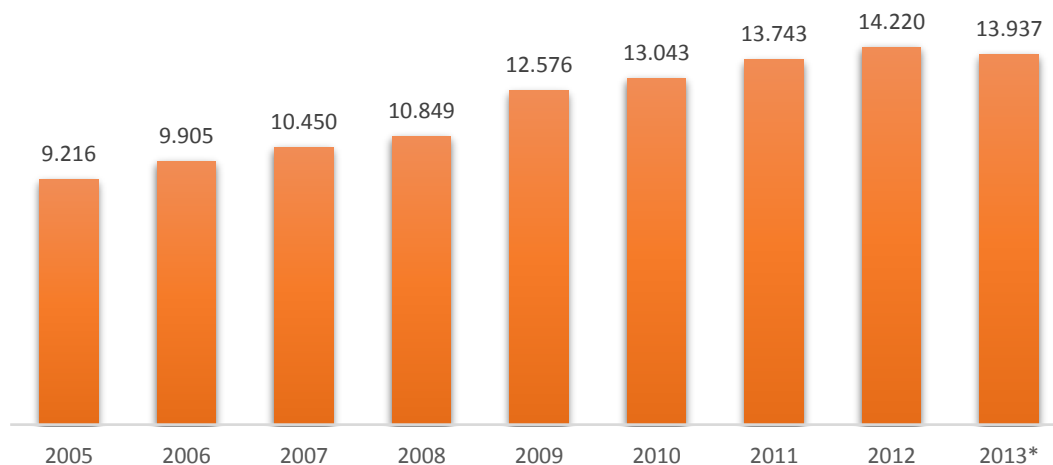
A produção de refrigerantes e cerveja teve um comportamento de produção como mostrado nos Gráficos 10 e 11. Até 2012, a tendência de produção foi ascendente e após esse período permaneceu mais estável.

SEGMENTO	REGIÃO NATURAL					
	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-oeste	Total
Fabricação de aguardentes e outras bebidas destiladas	0%	54%	38%	6%	1%	100%
Fabricação de vinho	2%	13%	25%	60%	0%	100%
Fabricação de malte, cervejas e chopes	5%	23%	48%	10%	14%	100%
Fabricação de águas envasadas	6%	36%	37%	12%	9%	100%
Fabricação de refrigerantes e de outras bebidas não alcoólicas	8	24	44	12	11	100
Total emprego no setor de bebidas	6	28	43	13	10	100
População (2010)	8	28	42	14	7	100

Fonte: Cevieri Júnior, Teixeira Júnior, Galinari, Rawet, & da Silveira

Tabela 18: Distribuição regional do emprego nos segmentos que compõe o setor de bebidas e da população brasileira em 2012

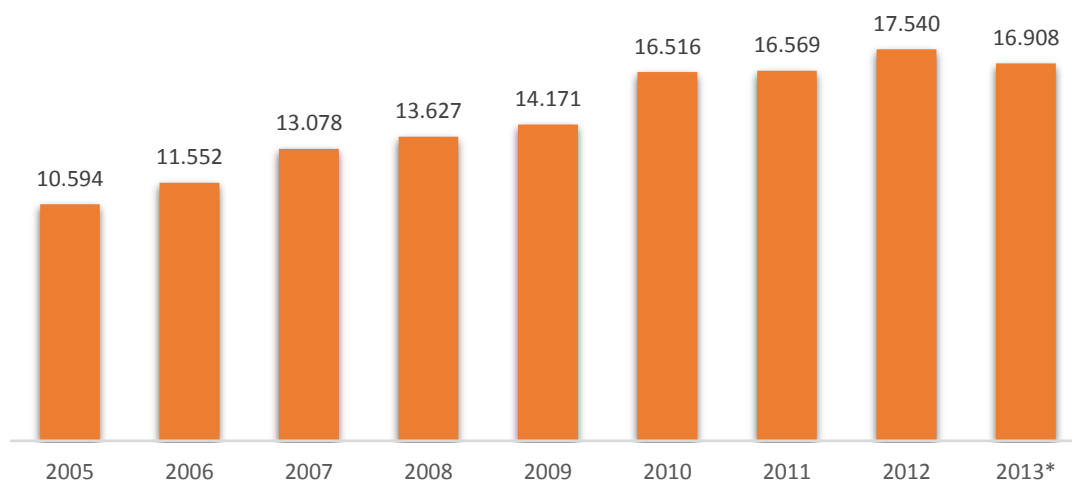
### Produção de Cervejas - milhões de litros



Fonte: Cevieri Júnior, Teixeira Júnior, Galinari, Rawet, & da Silveira

Gráfico 10: Produção de refrigerantes – Brasil, 2005-2013 – em milhões de litros

## Produção de Refrigerantes - milhões de litros



Fonte: Cevieri Júnior, Teixeira Júnior, Galinari, Rawet, & da Silveira

Gráfico 11: Produção de refrigerantes – Brasil, 2005-2013 – em milhões de litros

O mercado brasileiro de bebidas tem uma alta concentração, esta tendência é dada pela existência de altas barreiras à entrada de novos concorrentes, também pelas características das cadeias produtivas dos produtos mais importantes.

Em 2013, quatro empresas respondiam por 98% do volume total de cerveja produzida e apenas duas empresas por 78% do volume de refrigerantes (BNDES, 2014).

### **Beneficiamento de arroz (ou genericamente beneficiamento de café, chá e cereais)**

O IBGE estima que a produção brasileira de arroz em casca ficará em torno de 11,7 milhões de toneladas até 2018, abaixo das 12,45 milhões de toneladas em 2017. Essa redução terá atributos para menor área semeada (IBGE, 2018).



BRASIL - MIL TONELADAS								
Safra	Estoque Inicial	Produção	Importação	Suprimento	Consumo	Exportação	Estoque Final	Relação Est. Final/Consumo (%)
2008/09	2033	12603	908	15544	12118	894	2531	20,9
2009/10	2531	11661	1045	15237	12153	627	2457	20,2
2010/11	2457	13613	825	16895	12237	2090	2569	21,0
2011/12	2569	11600	1068	15236	11657	1455	2125	18,2
2012/13	2125	11820	966	14910	12618	1211	1082	8,6
2013/14	1082	12122	807	14010	11954	1188	868	7,3
2014/15	868	12449	503	13820	11495	1362	962	8,4
2015/16	962	10603	1187	12753	11429	894	430	3,8
2016/17 <sup>1</sup>	430	12328	1000	13758	11500	800	1459	12,7
2017/18 <sup>2</sup>	1459	11711	1000	14717	12000	1000	1171	9,8

Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017

Tabela 19: Produção brasileira de arroz em casca, em mil toneladas

ANO	IMPORTAÇÕES			EXPORTAÇÕES		
	Quantidade (t)	Valor (US\$)	Preço Médio (US\$)	Quantidade (t)	Valor (US\$)	Preço Médio (US\$)
2008	606.297	225.782	372	750.100	311.635	415
2009	899.798	272.472	303	866.628	267.552	309
2010	1.086.787	376.678	347	629.055	162.758	259
2011	835.739	273.050	327	1.893.154	612.754	324
2012	996.554	341.499	343	1.615.591	545.956	338
2013	1.027.266	372.660	363	1.209.546	400.594	331
2014	844.700	301.618	357	1.242.368	396.799	319
2015	502.922	157.686	314	1.308.855	350.179	268
2016	1.031.380	288.689	280	934.594	251.960	270
2017	1.012.589	289.845	286	709.091	199.848	282

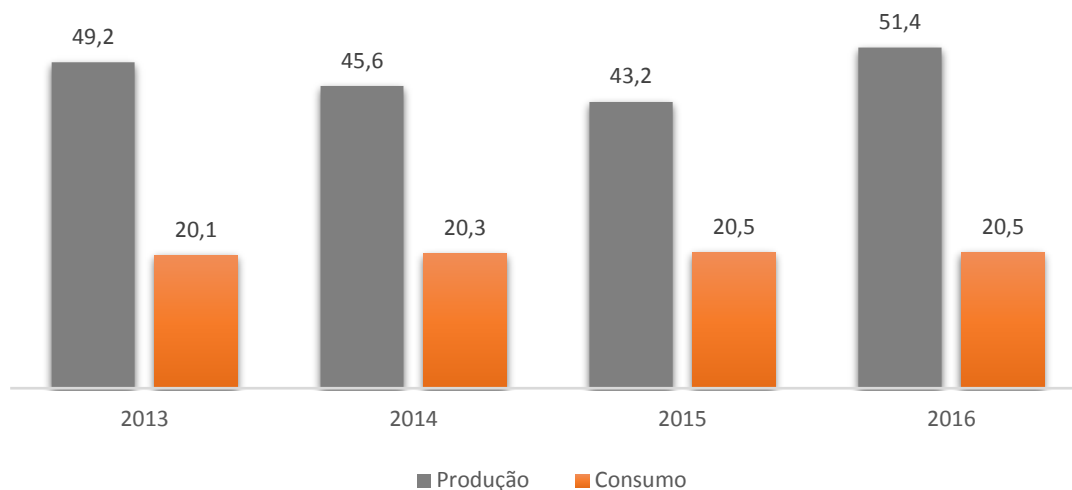
Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2017

Tabela 20: Importações e exportações de arroz em casca

Em relação ao café, sabe-se que é um produto largamente utilizado no Brasil, e de acordo com a ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café, o mesmo tem conseguido sobreviver às crises não tendo seu consumo reduzido.

De acordo com o Gráfico 12, pode-se observar que a produção de café em 2016 foi de 51,4 milhões de sacas, representando um crescimento de 19% em relação a 2015, enquanto que o consumo permaneceu o mesmo nesses anos.

## PRODUÇÃO E CONSUMO DE CAFÉ NO BRASIL (milhões de sacas)



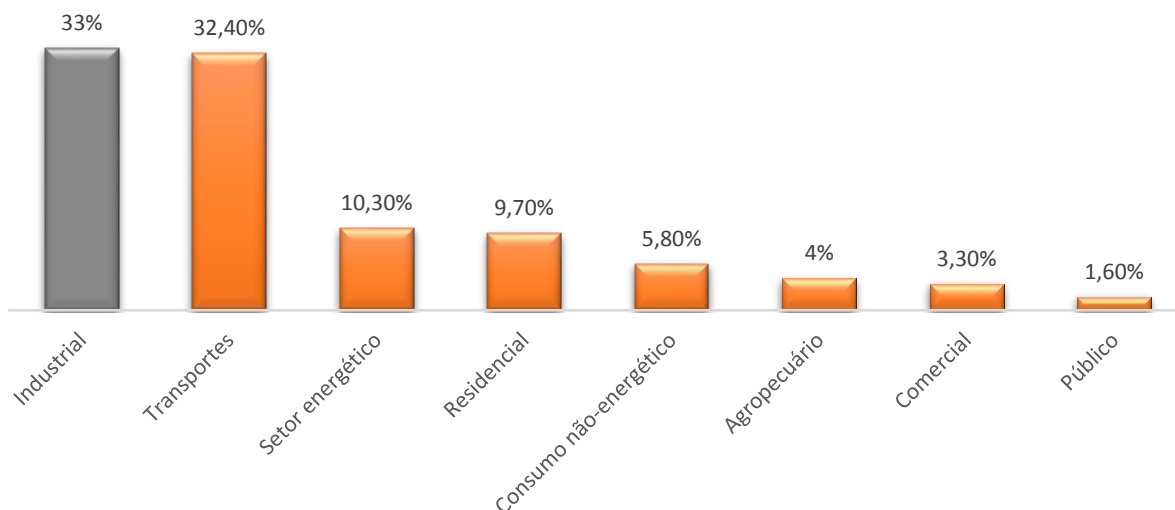
Fonte: ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café, 2017

Gráfico 12: Produção e consumo de café no Brasil – 2013-2016, em milhões de sacas

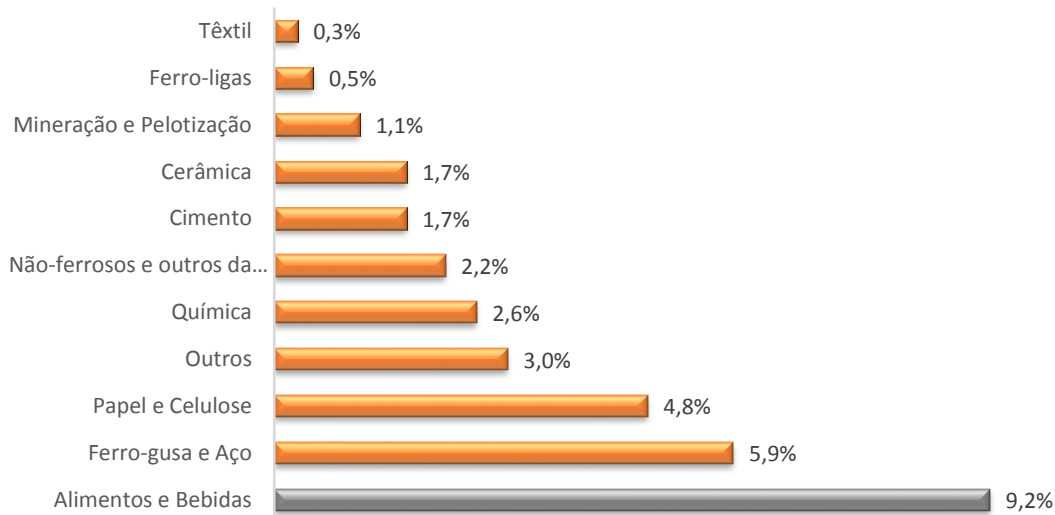
Ainda de acordo com a ABIC, a indústria de café prevê crescimento para 2018, ampliando seu consumo para 22,7 milhões de sacas no ano, baseado no cenário apresentado pelo setor, onde o mesmo tem recebido mais investimentos em aquisição de empresas e novas tecnologias e equipamentos, assim como tem investido na qualidade do café produzido (ABIC – Associação Brasileira da Indústria de Café, 2017).

## b. Informação do consumo de energia no segmento de alimentos e bebidas e sua participação na demanda industrial

Em 2016, o setor industrial foi responsável por 33% do consumo energético total do país, sendo 9,2% desse consumo referente à indústria de alimentos e bebidas (EPE – Empresa de Pesquisa Energética, 2017), como mostra o Gráfico 14. Isso evidencia que este segmento é o maior consumidor de energia do setor industrial brasileiro.



Fonte: Elaboração própria com dados do BEN 2017  
Gráfico 13: Consumo energético final por setor



Fonte: Elaboração própria com dados do BEN 2017  
Gráfico 14: Consumo energético dos subsegmentos do setor industrial

Como observado na Tabela 21, a maior quantidade de energia utilizada na indústria de alimentos vem do bagaço de cana, que representa aproximadamente 74% do consumo energético do setor em 2016. Em contrapartida, o energético que menos contribui para o setor é o óleo combustível, representando apenas aproximadamente 0,4% de todo o gasto energético do setor em 2016.

<b>FONTES</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
Gás Natural	662	652	720	688	736	834	833
Carvão Vapor	71	90	68	69	66	65	51
Lenha	2.267	2.312	2.319	2.273	2.250	2.171	2.150
Bagaço de cana	17.248	16.861	17.844	17.216	16.120	15.485	17.524
Óleo Diesel	148	191	212	260	249	239	242
Óleo Combustível	325	318	271	198	177	119	87
GLP	202	225	266	282	315	320	331
Eletricidade	2.319	2.342	2.423	2.355	2.324	2.242	2.314
<b>TOTAL 10<sup>3</sup> tep</b>	<b>23.244</b>	<b>22.992</b>	<b>24.123</b>	<b>23.338</b>	<b>22.238</b>	<b>21.475</b>	<b>23.531</b>

Fonte: Elaboração própria com dados do BEN 2017 (EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2017).  
Tabela 21 - Consumo total de energia do Setor Industrial Alimentos e Bebidas (tep)

### c. Indicadores que serão quantificados a partir da análise da realidade brasileira atual

Os indicadores energéticos são uma ferramenta importante para analisar interações entre a atividade econômica e humana, o consumo de energia e as emissões de gases de efeito estufa (GEE).

Os indicadores que serão quantificados neste estudo serão:

#### Consumo específico

Para cada equipamento, planta ou instalação caracterizada por um parâmetro de atividade único, pode-se calcular o consumo específico de energia como o quociente entre o consumo final de energia da instalação e cada unidade de cada atividade. Mede-se em (unidades de energia)/(unidades de produção), por exemplo [GJ/tonelada] ou [kWh/tonelada].

O consumo específico é característico da tecnologia de produção, só muda no caso em que as instalações perdem ou ganham eficiência por modificação nas condições de operação ou manutenção, assim como em caso de mudança das tecnologias de processo por outras de maior eficiência.

## **Rendimento energético**

A relação entre a quantidade de energia útil e a energia fornecida é o chamado rendimento energético de uma máquina. Se uma máquina tem um alto rendimento, significa que ela possui poucas perdas de energia, enquanto se uma máquina possui um rendimento baixo, significa que ela tem grande perda de energia.

O conceito de rendimento energético adotado neste estudo se refere apenas à primeira transformação de energia do processo produtivo. Esta simplificação facilita a determinação dos rendimentos energéticos de equipamentos em uso e introduz algumas distorções quanto ao significado das perdas energéticas estimadas pelo estudo (BEU, 2005).

Ao usar esse conceito, o modelo não vai estimar todas as perdas do processo produtivo. As perdas reais serão sempre maiores do que as estimadas, portanto, as possibilidades reais de economia de energia serão maiores que as estimadas através do modelo (BEU, 2005).

Outra questão que se levanta é a de que o rendimento estimado deve retratar a média dos rendimentos de transformação de uma forma de energia final para um dado uso final dentro de um setor de atividade.

## **Coefficiente de destinação**

Os coeficientes de destinação fazem referência às porcentagens de energia que são destinadas a cada uso final de energia (BEU, 2005):

- Força motriz: energia usada em motores estacionários ou de veículos de transporte, individual ou coletivo, de carga, tratores, etc.
- Calor de Processo: Energia usada em caldeiras e aquecedores de água e fluidos térmicos.
- Aquecimento Direto: Energia usada em fornos, fornalhas, radiação, aquecimento por indução, condução e micro-ondas.
- Refrigeração: energia usada em geladeiras, freezers, equipamentos de refrigeração e ar condicionado, tanto de ciclo de compressão como de absorção.
- Iluminação: energia usada em iluminação de interiores e partes externas.
- Eletroquímica: Energia usada em células eletrolíticas, processos de galvanoplastia, eletroforese e eletrodeposição.

- Outros usos: energia usada em computadores, telecomunicações, máquinas de escritório, xerografia e equipamentos eletrônicos de controle.

Os coeficientes são coletados por meio de entrevistas às empresas, pesquisas junto aos fornecedores de equipamentos, programas de governo e outras bases de dados. O Coeficiente de Destinação de uma determinada forma de energia final é impactado por mudanças estruturais nos padrões de consumo da sociedade. O Coeficiente de Eficiência Energética de um determinado equipamento expressa seu rendimento na transformação da energia final em algum uso final, e é impactado por alterações tecnológicas e culturais.



### 3. DESCRIÇÃO DOS PROCESSOS PRODUTIVOS PRINCIPAIS DO SEGMENTO INDUSTRIAL

#### a. Processos de produção principais do subsegmento de fabricação e refino de açúcar

- Recepção, controle, descarga e limpeza de cana

- Pesagem de cana – os caminhões/carretas, que chegam carregados com cana, são pesados na entrada e na saída da usina (tara) para obtenção do peso de cana recebida, que é utilizado para controle agrícola e industrial. As balanças possuem células de carga que repassam os dados eletrônicos para as áreas: agrícola, industrial e administrativa.

- Análise da cana – Os veículos carregados com cana são colocados em um amostrador vertical inclinado, onde as amostras são conduzidas para um laboratório específico, afim de analisar a quantidade de açúcares, fibras e impurezas presentes na cana. Esses resultados são utilizados para efetuar o pagamento de cana, para os cálculos referente ao processo industrial e para a eficiência de recuperação industrial de açúcar.

- Descarga de cana – A descarga de cana é feita por meio de um guindaste tipo hilo que é ligado diretamente ao sistema de alimentação. O estoque de cana é feito por meio de carretas carregadas, que ficam disponíveis em pátio específico, para serem utilizadas no caso de falta dos veículos transportadores de cana.

- Limpeza de cana a seco – É instalado um sistema de limpeza de cana a seco por meio de ventiladores e câmara inercial que não utiliza água, na fase intermediária entre a mesa e a esteira dosadora de cana. As impurezas coletadas, orgânicas ou minerais, passam por um processo de separação onde as impurezas minerais são transferidas para uma moega e seguem para os canaviais por meio de caminhões basculantes.

As impurezas vegetais são reduzidas a partículas menores e são transferidas para os transportadores de bagaço das caldeiras, afim de serem queimados e/ou guardados como combustível. Assim, muitas das impurezas vegetais e minerais não irão acompanhar a cana no processo de moagem e, com isso, tem-se um aumento da capacidade e da eficiência da moenda, já que sua capacidade é proporcional ao teor de fibra, tendo em vista que a impureza vegetal entra na moenda com zero de açúcar e sai com a mesma quantidade de açúcar do bagaço da cana.

As impurezas minerais (argila e areia) saem no caldo e no bagaço, podendo causar desgaste por erosão nos transportadores de caldo, gerando aumento dos custos de implantação e manutenção, o que também pode modificar a cor do açúcar. Além disso, as impurezas minerais que acompanham o bagaço podem causar problemas de erosão nas partes internas das caldeiras, gerando a necessidade de limpezas mais profundas de fornalha e de outros pontos de coleta de impurezas nas caldeiras. Estima-se que a potência destes equipamentos é por volta de 150 a

250cv. O processo sem a presença da água contribui para eliminação dos efluentes gerados pela limpeza da cana (Usina Três Barras, s.d.).

- Preparação de cana

A cana limpa colocada em cima dos condutores metálicos vai para três processos de preparação de cana, possuindo uma faca niveladora que ajusta a altura da cana, uma faca de alta capacidade que prepara a cana para entrar no desfibrador e um desfibrador de alta capacidade que irá romper as células armazenadoras de caldo de cana até um nível mínimo de 85% de *open cell*, para elevar a eficiência de extração de caldo pela moenda (Usina Três Barras, s.d.).

Depois, a cana preparada segue para um transportador de correia de borracha, onde é colocado um eletroímã móvel que remove impurezas metálicas que possam estar juntos com a cana, para proteção contra acidentes dos outros equipamentos mecânicos.

O nível de alimentação da moenda é utilizado para comandar o transportador, afim de determinar uma constância de moagem.

A cana preparada é lançada em cima de uma bica vertical (*Chuthe Donelli*), que é instalada sobre o primeiro conjunto de moendas, garantindo uma densidade ideal da cana na alimentação da primeira moenda. O controle da velocidade do transportador de correia de borracha é feito por meio do nível de cana.

- Extração de caldo (moenda)

- Moenda – A extração de caldo é feita de forma mecânica por meio de um conjunto de moendas, que é constituído por cinco sistemas de extração montados em série. Cada sistema possui 4 (quatro) jogos, onde a cana preparada sofre 4 pressões para reduzir seu volume e extrair o caldo.

O primeiro sistema retira aproximadamente 70 a 75% do caldo da cana e o caldo restante é extraído através dos quatro sistemas seguintes montados em linha. Entre o quarto e o quinto sistema é adicionado água quente (60 a 70°C) na vazão que corresponde a aproximadamente 30% da cana que está sendo processada (Usina Três Barras, s.d.).

A água é incorporada ao bagaço e arrasta o açúcar restante para extração, sendo lançada logo após, entre o terceiro e o quarto sistema de extração e, assim, sucessivamente até ser lançada entre o primeiro e o segundo sistema de extração. É dado o nome de embebição composta a esse sistema que garante alta extração, com a menor possível adição de água.

Com isso, tem-se um caldo de primeira extração e outro caldo correspondente às extrações do segundo, terceiro, quarto e quinto sistema de extração. O caldo de primeira extração e os demais caldos poderão ou não ser misturados dependendo do processo adotado.

- Bagaço - A fibra da cana deixa a moenda na forma de bagaço com cerca de 50% de umidade e 2% de açúcares, correspondendo a uma extração da ordem de 97% (Usina Três Barras, s.d.).

O bagaço é levado para as caldeiras, através de um transportador de correia, frontalmente às caldeiras por transportador metálico e, novamente depois, por um transportador de correia, sendo levado para o sistema de depósito de bagaço e retornado ao sistema, por meio de um equipamento que recebe e dosa o bagaço, além de outro transportador de correia.

- Caldo – O caldo de cana, que vem da moenda, é formado por várias substâncias solúveis como: sacarose, açúcares diversos, sais minerais e outros compostos. Possui, também, produtos em suspensão como o bagacilho ou pequenas fibras que são arrastadas do bagaço.

- Peneira de caldo – O caldo bruto oriundo da moenda é peneirado por meio de uma peneira rotativa elevada. O caldo gerado é levado para o processo e o bagacilho é devolvido à moenda para reprocessamento.

- Tanque Pulmão – É instalado um tanque que servirá como pulmão de caldo misto peneirado, para poder ser bombeado para o sistema de tratamento de caldo.

- Tratamento de caldo

- Regenerador de calor – O processo de tratamento de caldo inicia-se com um pré-aquecimento do caldo primário, no qual sua temperatura inicial é elevada de aproximadamente 30°C (resultante após a moagem) até a uma temperatura aproximada de 70°C. Esta etapa é chamada de regeneração de calor a placas e pode ocorrer, por exemplo, em duas etapas distintas, sendo a primeira a troca térmica realizada entre o caldo primário e a vinhaça (aproximadamente 80-90°C) e, depois, a troca térmica entre o caldo primário e a água condensada (aproximadamente 90-100°C), obtida das etapas subsequentes do processo (Usina Três Barras, s.d.).

- Caleação – Nesse processo é adicionado leite de cal ao caldo afim de elevar seu pH de 5,5 para aproximadamente 6,8, com a possibilidade de ocorrer reações químicas para transformar as impurezas solúveis em impurezas sólidas que possam ser precipitadas (Usina Três Barras, s.d.).

- Preparação da cal – O leite de cal será produzido através de um equipamento preparado para receber e armazenar a cal virgem ou hidratada, pré-preparada em grânulos e com dispositivos para hidratação semi-automática, de onde o leite de cal é transferido para tanques armazenadores na forma já diluída a cerca de 10° Bé<sup>1</sup>. Esta cal hidratada e diluída é adicionada ao caldo através de dosadores automáticos em função do pH final determinado (Usina Três Barras, s.d.).

Nota: <sup>1</sup> Graus de Baumé (Bé) é uma escala hidrométrica criada pelo farmacêutico francês Antoine Baumé em 1768 para medição de densidade de líquidos. 10°Bé correspondem a 1.075 kg/m<sup>3</sup>.

- Tanque amortecedor de fluxo – Depois da caleação, o caldo é levado para um tanque dimensionado para operar como um regulador de fluxo, de modo que o caldo entre no sistema de decantação em um regime com um mínimo de variação de fluxo.

- Aquecimento de caldo – O caldo, depois do tratamento de caleação, é aquecido por volta de 105 °C e levado para um balão de flash para eliminar o ar e os gases das substâncias sólidas. A temperatura decresce abruptamente para cerca de 100°C e o caldo é levado para o sistema de decantação/clarificação (Usina Três Barras, s.d.).

- Clarificação do caldo – Nesta etapa, o caldo recebe componentes químicos auxiliares de decantação, sendo conduzido ao clarificador onde é submetido a baixas velocidades. As substâncias insolúveis e mais densas se precipitam por decantação formando um lodo, e o caldo limpo e translúcido é retirado pela parte superior do aparelho para serem encaminhado às outras fases do processo.

- Peneiramento de caldo clarificado – É instalado um sistema de peneiras com malha de aproximadamente 100m, para separar o bagacilho fino do caldo clarificado (Usina Três Barras, s.d.).

- Filtração do lodo – O lodo formado no clarificador é conduzido para uma caixa provida de agitação mecânica, onde se adiciona bagacilho pré-coletado do transportador de bagaço das caldeiras. Além disso, esse lodo recebe produtos químicos pré-preparados para melhorar o desempenho de filtração e é levado para um sistema de filtro prensa com lavagem com água quente para recuperação de açúcares. O caldo filtrado é reciclado para o processo de dosagem e clarificação, e a torta, produto final do lodo, é encaminhado para a área agrícola como adubo rico em fósforo.

- Evaporação do caldo

- Objetivo – O caldo clarificado com cerca de 16° Brix<sup>2</sup> precisa ser concentrado para cerca de 21° Brix<sup>2</sup> de tal forma que essa concentração de açúcar produza uma quantidade de álcool correspondente a cerca de 8% do vinho a ser destilado, para garantir alta eficiência na fermentação e baixo consumo de vapor nas colunas de destilação (Usina Três Barras, s.d.).

- Pré-Evaporação – Para realização da evaporação do caldo é utilizado um equipamento que possui várias calandras (reboilers) tipo Roberts interligadas a um balão de expansão que possui um separador de calor. Com isso, o caldo pode circular entre os reboilers e o balão de expansão. Nos reboilers, ocorre a troca de calor entre o caldo e o vapor de escape 125°C, entrando em ebulição e gerando um vapor vegetal (115° C) (Usina Três Barras, s.d.).

Nota: <sup>2</sup> A escala de Brix (Bx), criada por Adolf Ferdinand Wenceslaus Brix, é utilizada na indústria de alimentos para medir a quantidade aproximada de açúcares em sucos de fruta, vinhos e na indústria de açúcar, bem como outras soluções.

- Limpeza da pré-*evaporação* – Pelo fato de o sistema de pré-*evaporação* ser modular, é possível limpar as caixas separadamente sem que o operador precise entrar dentro delas, gerando a garantia de absoluta segurança operacional. Como os módulos são considerados pequenos, e neste caso, sempre haverá um módulo parado em limpeza, terá uma área ociosa pequena no sistema.

Todo vapor de escape que é condensado, depois pode ser recuperado para sua utilização na alimentação das caldeiras na temperatura que é encontrado. O vapor vegetal que é produzido no balão de expansão do pré-*evaporador*, que corresponde a água que evaporou do caldo, que pode ser utilizado para aquecer o caldo e no processo de destilação do álcool.

- Preparação do mosto – O caldo pré-*evaporado* troca calor com o caldo bruto peneirado, tendo a redução de sua temperatura de 115°C para aproximadamente 70°C. Através de regeneração de calor, o caldo tem sua temperatura reduzida até aproximadamente 32°C, sendo enviado para o setor de fermentação (Usina Três Barras, s.d.).

- Fermentação

- Objetivo – A fermentação é um processo biológico que utiliza a levedura *sacharomices cerevisae* para conversão do açúcar contido no mosto em álcool através de uma reação exotérmica, onde também acontece uma leve multiplicação da levedura. Com isso, o açúcar se transforma em álcool, com a produção de gás CO<sub>2</sub>, que é coletado, lavado e lançado na atmosfera. Este gás, no futuro, irá poder ser aproveitado como matéria prima para produzir subprodutos, como o gelo seco.

Assim que a fermentação termina, o produto fermentado (vinho) é levado para as centrífugas separadoras de fermento, afim de que o vinho seja encaminhado para as colunas de destilação e o fermento retorne para ser tratado quimicamente e segue de novo para as dornas de fermentação.

- Dornas de fermentação – O mosto preparado é colocado com cuidado em dornas de fermentação, onde já tenha sido colocado um pé de fermento preparado. As dornas de fermentação são tanques metálicos que são montados sobre bases metálicas elevadas do piso, tendo fundo e tampos cônicos.

Além disso, possuem um sistema de troca térmica, que é constituído por uma bomba e um trocador de calor a placas, para cada dorna que opera com água de resfriamento a 30°C, para manter a temperatura interna da dorna perto de 34°C (Usina Três Barras, s.d.).

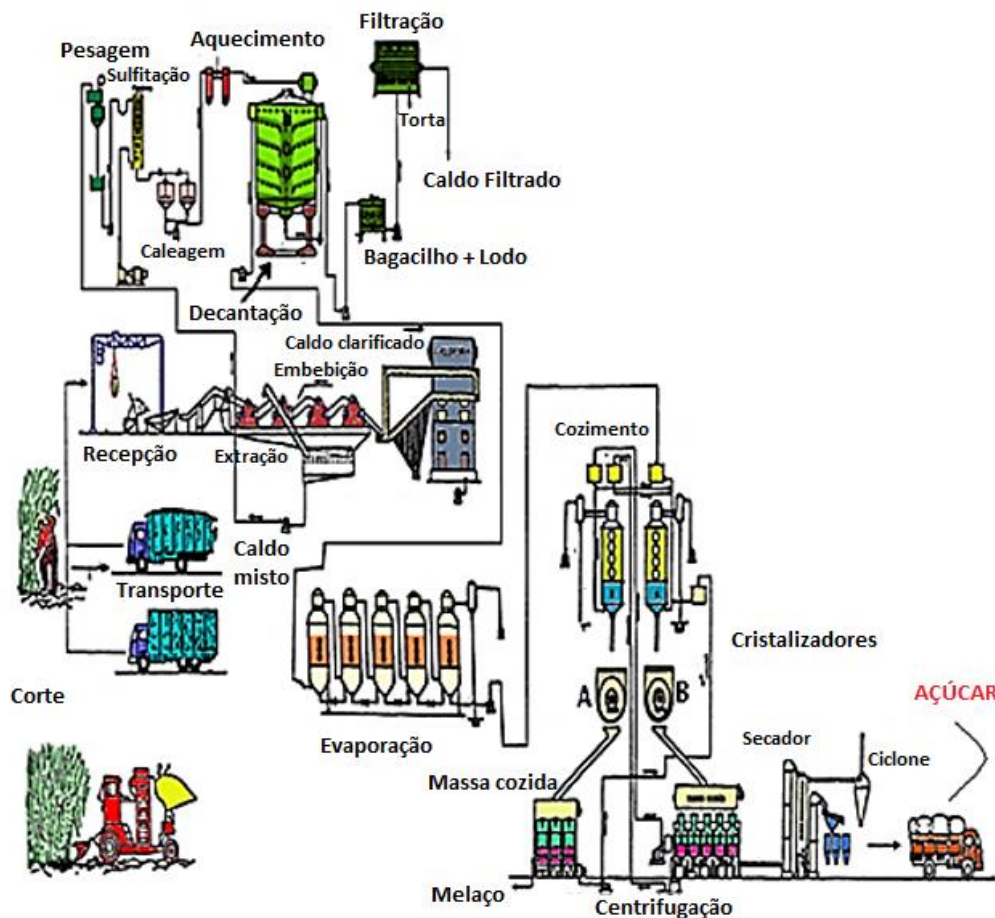
O vinho, depois da fermentação, possui um teor alcoólico da ordem de 8%, sendo encaminhado, então, para o sistema de destilação. Um conjunto de torres de



resfriamento irá resfriar as águas que utilizadas para fazer o resfriamento do mosto e das dornas (Usina Três Barras, s.d.).

- Tratamento do fermento – O fermento, depois de deixar as centrífugas separadoras, tem uma concentração por volta de 60% de fermento. Ele é, então, levado para um tanque, onde é diluído até cerca de 30% de fermento com água. Também é adicionado ácido sulfúrico, até um pH perto de 2,0, e produtos químicos para evitar a proliferação de microorganismos indesejáveis (Usina Três Barras, s.d.).

- Vinho turbinado – O vinho turbinado depois da centrífuga é levado para um tanque pulmão (dorna volante) e, então, segue para o processo de destilação.



Fonte: Tânia, 2009

Figura 3: Esquema de produção de açúcar

## b. Processos de produção principais do subsegmento de moagem de trigo, fabricação de massas alimentícias e produtos de padaria

Primeiramente, o trigo colhido é levado para o moinho. Lá ele chega no seu aspecto mais rústico e impregnado de corpos estranhos, como: pedras, palhas, metais, madeiras e sementes de outros grãos. Todos esses materiais são



eliminados, em estágios e sistemas de purificação, antes do trigo ser armazenado no silo.

O grão é classificado, no sistema de peneiras, conforme seu tamanho e as unidades quebradas não entram, bem como os detritos. Nessa etapa, dispensa-se também os grãos provenientes de outras culturas, como: a soja, o milho e a aveia.

Logo após, a limpeza por gravidade específica retira possíveis impurezas leves, como: poeiras, com relação a diferença do peso da sujeira e dos grãos. Depois, espalhado em uma máquina regulada com diferentes inclinações, o trigo é posto sobre um cortinado para que a massa do grão fique com o máximo de exposição. Depois, o ar é aspirado em diferentes locais do setor de limpeza para a retirada de impurezas. Vale destacar também que, em pontos estratégicos do processo de limpeza, ocorre o processo de magnetismo, responsável pela coleta de qualquer possível contaminação de material ferroso e não ferroso (BUNGE, 2016).

Na parte final do processo, acontece o acondicionamento do trigo. Onde a cada dezoito ou vinte e quatro horas, aproximadamente 16% de água é acrescentada ao grão de trigo. O tempo para descanso e a porcentagem de água adicionada são definidos de acordo com a dureza do grão. A umidificação tem a finalidade de deixar o farelo mais flexível para que possa ocorrer a separação do endosperma (o miolo) (BUNGE, 2016).

Por fim, os grãos são levados para a etapa de trituração. Onde na primeira etapa da moagem, eles passam por um conjunto de rolos que retiram o máximo de endosperma para se produzir a farinha. Depois dessa etapa, os pequenos grãos de trigo são separados do farelo e passam por peneiras. Então, são levados para rolos que retiram os pequenos fragmentos e, então, vão para os purificadores.

A purificação possui a finalidade de limpar a farinha que vem da trituração, por meio de um grupo de peneiras que aspira o ar e remove qualquer farelo fino presente. Logo após, a farinha limpa segue para o sistema de redução, onde um grupo de rolos lisos transformam-na em um pó muito fino.

As farinhas, oriundas das máquinas, são agrupadas e homogeneizadas, no final do procedimento de moagem. De acordo com a composição podem produzir farinha especial para fabricação de massas frescas, farinha comum para fabricação de biscoitos ou uma farinha inteira para fabricação de pães.



- Condicionamento:

Aquece-se a polpa do grão de soja a temperaturas em torno de 55 °C e 60 °C, onde toda água presente na parte externa da polpa é retirada (EMBRAPA, 2015).

- Trituração:

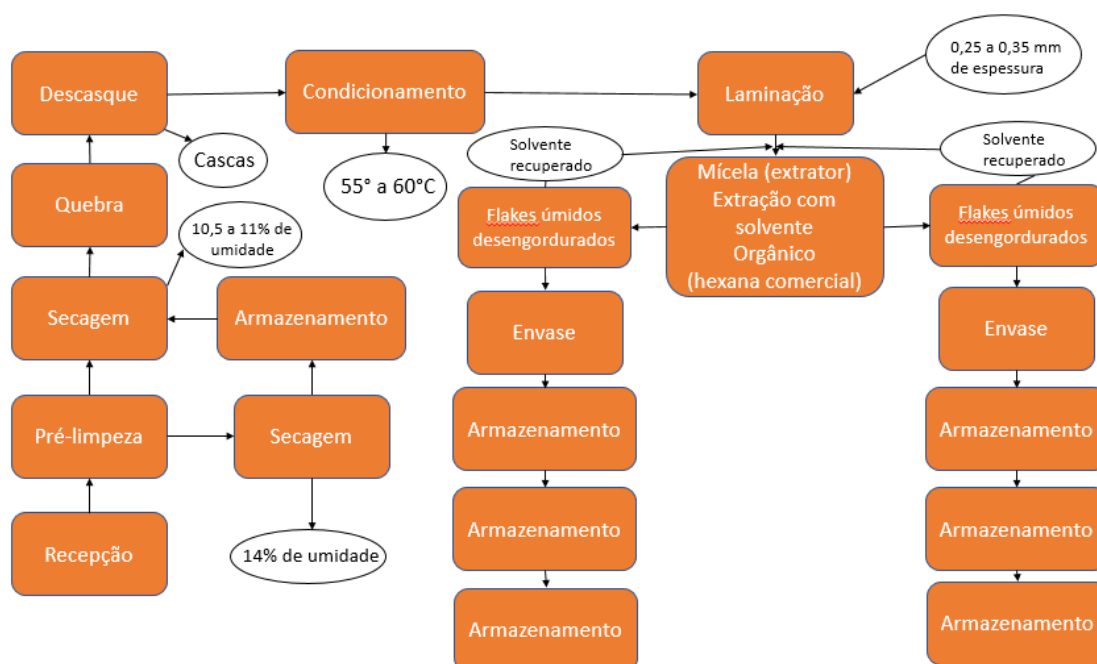
A polpa aquecida é triturada para facilitação da retirada do óleo que está presente em seu interior.

- Cozimento:

Aquece-se o material triturado a uma temperatura de 70 °C a 105 °C, afim de evitar que as enzimas atuem e formem compostos químicos indesejáveis no óleo (EMBRAPA, 2015).

- Extração:

Pode-se extrair o óleo por meio de uma compressão do material triturado ou da adição de solvente afim de dissolver o óleo existente na polpa da soja triturada. Quando o solvente é utilizado, faz-se necessário separar o solvente do óleo por meio de destilação.



Fonte: Elaboração própria

Figura 5: Fluxograma de produção de óleo de soja

- Degomagem e neutralização:

O método de degomagem mais utilizado consiste na adição de 1% a 3% de água ao óleo bruto aquecido a 60-70 °C, sob agitação constante. Depois de aquecido, recebe uma quantidade de soda cáustica. Os dois processos são usados para evitar ou remover ácidos graxos livres (EMBRAPA, 2015).

- Branqueamento:

Retira-se os pigmentos existentes no óleo fim de clareá-los, o que é realizado através da adição de soda cáustica e de substâncias branqueadoras, como as terras ativadas.

- Desodorização:

É acrescentado vapor de água ao óleo, afim de retirar substâncias não desejáveis que possam prejudicar o odor e o gosto do produto final.

#### **d. Processos de produção principais do subsegmento de abate de animais e produção de carnes e derivados**

##### **Bovinos**

Os animais são encaminhados ao frigorífico. Porém, para chegarem a este ponto, os animais são todos saudáveis, já que precisam ter adquirido peso para o pecuarista ser remunerado.

O transporte é feito por meio de caminhões, que levam os animais da fazenda para o frigorífico. Quando chegam na indústria, os lotes de animais precisam ser avaliados quanto aos documentos do pecuarista fornecedor, bem como quanto ao seu estado físico: condição corporal e se há lesões devido ao transporte. O frigorífico compra a matéria-prima para seus diversos produtos, por isso deve haver um nível mínimo de qualidade dos animais para que a qualidade de seus produtos de venda não seja prejudicada.

Depois de serem colocados nos currais externos do frigorífico, sem misturar os lotes, os animais ficam sob jejum alimentar de 24 horas, somente com água, com o intuito de deixá-los tranquilos no pós-viagem (gerando uma carne de melhor qualidade) e de esvaziar seus conteúdos intestinais, o que diminui a quantidade fezes levados para dentro da indústria (PIE-UFES, 2007).

Depois deste tempo, os animais são abatidos na indústria, um por vez, por meio de um processo indolor, que é resultado de pesquisa científica em vários países. Após o abate, é feita uma limpeza no corpo do animal, com a retirada do que não se aproveitará como carne, mas que poderá ser aproveitado como outros produtos.

Com isso, temos somente ossos, músculos, gordura e tecido conjuntivo, que irão ficar em repouso por 12 horas em câmara fria, quando o músculo se transformará naturalmente em carne bovina (PIE-UFES, 2007).

Só depois disso que se pode retirar o músculo dos ossos, através de um processo que de Desossa, para criar os cortes e embalá-los, que consiste em uma "linha de desmontagem", já que se tem a matéria-prima sendo repartida em diversos produtos finais. O que se difere da indústria automobilística, por exemplo, onde vários produtos são unidos para se formar um produto final, a famosa "linha de montagem".

Finalmente, os cortes de carne estão prontos para serem distribuídos.



Fonte: Elaboração própria  
Figura 6: Etapas de abate de bovinos

## Suínos

O abate de suínos só pode ser autorizado Depois de uma inspeção de documentação sanitária, os suínos são colocados em um local com um período de descanso, sob jejum e dieta hídrica, de no mínimo 6 e no máximo 24 horas (de acordo com a distância percorrida no transporte). É feita uma separação dos animais que possuem sintomas de doenças infecto-contagiosas ou alguma outra alteração que possa ser prejudicial a qualidade da carne. O jejum tem o objetivo de esvaziar seus conteúdos intestinais, para evitar contaminações durante a evisceração (SINDICARNE, 2018).

No abate, os suínos são levados por um corredor, passando por uma seringa durnate 3 (três) minutos, onde recebem uma aspersão de água a 1,5 atm de pressão com o intuito de remoção de sujeiras superficiais, de acalmar e de aumentar a eficiência da insensibilização. São insensibilizados por descarga elétrica ou atordoamento (gás carbônico). Depois é feita a sangria, onde os animais ficam presos em trilho aéreo, mesas ou bancadas apropriadas para a drenagem do sangue. A média de volume de sangue drenado por animal é de 3 (três) litros. Parte do sangue pode ser colhido, de forma asséptica, caso seja usado para fins farmacêuticos, ou pode ser enviado para tanques ou bombonas, em sua totalidade, para depois ser processado, com o intuito de separar seus componentes ou de se usar em rações animais (SINDICARNE, 2018).

Ocorre a lavagem dos animais para remoção superficial do sangue. Depois, eles são imersos em tanques com água quente (65°C) por um minuto, para facilitar a remoção de pelos e unhas. Depois é levada para a máquina de depilação (cilindro giratório, com pequenas pás retangulares distribuídas pela sua superfície, dotadas de extremidades de borracha) para remoção de grande parte dos pelos por atrito, depois é retirado os cascos e os pelos restantes, manualmente, indo de novo para a lavagem e depois é feita a evisceração (onde se abre a barriga dos animais, com facas, e se retiram as vísceras para depois ser aproveitado, depois de encaminhadas para a inspeção) (SINDICARNE, 2018).

Depois, as carcaças são serradas no sentido da sua espinha dorsal, e depois são separadas em duas meias partes. As mesmas são limpas manualmente, depois que se retira o cérebro e a medula do animal, além de algumas aparas. A divisão não pode chegar na cabeça. Novamente, são removidos os resíduos de sangria, gorduras excessivas, medula, restos de traqueia, dentre outros. Ocorre um novo processo de lavagem e as meias-carcaças que foram liberadas pela inspeção recebem o carimbo oficial, aplicado com tinta apropriada.

Após esses processos, a carne é levada para refrigeração e depois são rotuladas ou é feita a desossa e a industrialização. O processo de desossa é manual, onde são divididas em porções para comercialização ou para posterior processamento para produtos derivados. Assim, as carcaças, os cortes e as vísceras comestíveis, após processadas e embaladas, são estocadas até a expedição.

## **Aves**

O abate das aves é estabelecido Conforme Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária dos Produtos de Origem Animal e do Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves, os assuntos relacionados ao pré-abate e ao abate são tratados.

O pré-abate se inicia com o jejum e a dieta líquida das aves, que tem o intuito de limpar o trato digestivo, para evita a contaminação da carcaça e possíveis rupturas. O tempo ideal para o jejum é de 8 (oito) a 12 (doze) horas. Um período que exceda 12 horas pode prejudicar a qualidade da carne, além de causar problemas quanto a evisceração. Os problemas mais ocorridos são: o rompimento do intestino por causa de gases acumulados e da redução da espessura; a contaminação com bÍlis,



pois pode se ter um acúmulo de bÍlis, durante o jejum, que rompendo a vesícula, leva a contaminação da carcaça; o endurecimento do tecido de revestimento das moelas; a aderência do papo a carcaça, por causa da desidratação da ave; além de outros (PIE-UFES, 2007).

O melhor horário para a ave ser capturada é a noite, preferencialmente sob luz azul (já que as aves não possuem visibilidade da cor azul) e essa captura deve ser rápida, agrupando o lote e capturando uma de cada vez, levando-as pelas duas pernas e seguradas verticalmente, afim de evitar desconfortos e ferimentos.

As aves são transportadas por meio de gaiolas, sendo que cada metro quadrado no inverno pode transportar 45 kg e no verão 38 kg. O transporte deverá ser feito à noite, e a ordem de abate deve seguir a ordem de chegada dos caminhões ao abatedouro. Em dias muito quentes, é recomendável molhar as aves para o transporte ser feito, evitando mortes e, chegando ao abatedouro, os caminhões precisam ficar em plataforma de descanso com ventiladores que possuem aspersão de água (PIE-UFES, 2007).

Os processos são divididos em diversas etapas. A insensibilização, que dura cerca de 7 (sete) segundos, poderá ser feita pela técnica do gás, mas esta técnica não é muito utilizada por conta de seu elevado custo, ou da eletronarcese, que é a imersão da ave em água com corrente elétrica, causando choque, onde a voltagem irá depender do fabricante. A eletronarcese diminui a eficiência da sangria e pode, também, inibir algumas reações bioquímicas pós-morte, atuando na maciez do peito (PIE-UFES, 2007).

A sangria, que é uma etapa passiva, pode ser acelerada por bombeamento cardíaco, que dura em média 3 minutos. Ultrapassando esse tempo, a depenagem fica prejudicada, já que as aves irão prender as penas pelos folículos por causa do estado de rigor *mortis*. Com isso, nos primeiros 40% do início desse processo, os animais devem perder 80% do sangue (PIE-UFES, 2007).

A próxima etapa é a escalda, que necessita de um tempo de 2 minutos a uma temperatura de 52 °C, para que as penas fiquem mais frouxas. O tempo da escalda não pode ultrapassar esses 2 minutos, para evitar o cozimento da carcaça e a dificuldade na depenagem (PIE-UFES, 2007).

No processo de depenagem, para não machucar a carcaça, ocorre a retirada das penas através de um rolo de borracha. É preciso ser feito um ajuste na máquina para evitar lesões, como a fratura das asas. Após o trabalho da máquina, ainda é feita uma nova retirada de penas manualmente.

É feita a lavagem das aves em chuveiros de aspersão e, logo após, a cloaca é cortada, abdome é aberto e as vísceras são expostas, examinadas e separadas.

Na etapa de pré-resfriamento ou pré-chiller, as aves são imersas em tanques com água a uma temperatura de 10 a 18 °C durante 12 minutos. Com isso, inicia-se o resfriamento, a limpeza e a reidratação da carcaça (PIE-UFES, 2007).

A etapa do resfriamento acontece durante 17 (dezesete) minutos a uma temperatura de 2 °C, com a necessidade de 1,5 litros de água por ave, podendo ser acrescentado de 2 a 5 ppm de propilenoglicol na água, para aumentar o resfriamento (PIE-UFES, 2007).

A etapa de gotejamento tem a duração de cerca de 3 (três) minutos, sendo 8% o máximo de água que pode ser absorvida. Existindo, no Brasil, carcaças com até 25% de água (PIE-UFES, 2007).

Frangos inteiros ou em cortes são as possíveis classificações das aves, sendo aproveitadas as partes das lesionadas para cortes. A tipificação é feita pelo peso, ou conforme a vontade do comprador. Geralmente, as carcaças são embaladas a vácuo, na presença de atmosfera modificada ou em polietileno com grampo. A temperatura de armazenagem de -1 a 1 °C e UR 80-85% permite duração de 6 (seis) a 8 (oito) dias e a temperatura do túnel de -35 a -40 °C por 4 (quatro) horas permite o armazenamento a -12° C, com duração de 8 a 18 meses (PIE-UFES, 2007).

#### **e. Processos de produção principais do subsegmento de beneficiamento de leite e fabricação de produtos lácteos**

O início do processo de produção de leite se dá nas fazendas produtoras de leite, quando os fornecedores passam por uma auditoria antes de serem contratados.

A ordenha é realizada misturando a tradição mineira de produção de leite com as mais modernas técnicas de assepsia. E para garantir a qualidade depois da ordenha, o leite é armazenado em um local com uma temperatura de 3,5 °C (Embaré, s.d.).

Após ser coletado com cuidado nas fazendas, o leite é transportado por modernos caminhões isotérmicos, para que ele permaneça fresco e protegido durante o caminho até a fábrica, para que seja garantida a entrega a uma temperatura menor que 10 °C (Embaré, s.d.).

Diversas normas de padrão de qualidade exigidas são seguidas para a entrada do leite na empresa, e só é liberada depois de inúmeras análises que constatem suas condições para industrialização.

São realizadas cerca de 15 (quinze) análises diferentes no leite *in natura* que chega na fábrica, por caminhão, além de análises sensoriais para verificar o sabor, o aroma e a cor.

Depois de ser aprovado pelo controle de qualidade, o leite é liberado e resfriado novamente para ser armazenado, em grandes tanques, a uma temperatura menor que 5 °C (Embaré, s.d.).

Depois do resfriamento, o leite passa para outros três processos:

- Clarificação:

Processo mecânico e de força centrífuga através do qual são retiradas as impurezas presentes no leite.

- Pasteurização:

Ocorre a eliminação das bactérias patogênicas e das atividades microbianas existentes no leite.

- Padronização:

Esse processo padroniza o teor de gordura do leite para que se obtenha um produto uniforme.

A fabricação de Caramelos e do Leite em Pó são iguais até a etapa que contém o último resfriamento.

Após ser estocado nos silos de leite pasteurizado, dá-se início ao seguinte processo:

- Setor Prémix:

Setor onde prepara-se a calda do caramelo com seus ingredientes básicos, como: leite, creme de leite, açúcar, glicose, soro de leite e gordura vegetal.

## **Fabricação de Leite em Pó**

Após ser estocado nos silos de leite pasteurizado, inicia-se o processo de evaporação.

- Evaporação:

Essa etapa consiste em eliminar, aproximadamente, 85% da água existente no leite. A concentração é alcançada por meio de aparelhos que evaporam o leite a vácuo (Embaré, s.d.).

A secagem é realizada em uma enorme câmara que realiza a pulverização (spray) do leite contra um fluxo de ar a elevadas temperaturas. Nesta etapa, o leite se transforma em pó, perdendo praticamente toda a água que resta.

O leite em pó é levado para silos onde fica esperando a liberação pelo controle de qualidade para ser embalado. O envase final é realizado de forma automática, com substituição da atmosfera interna da embalagem, com a garantia da qualidade e do sabor do leite no seu prazo de validade.

## f. Processos de produção principais do subsegmento de fabricação de rações e alimentos para animais

Para se produzir ração farelada, utiliza-se o misturador helicóide - em forma de hélice caracol. Os principais fatores a serem considerados para um correto funcionamento do misturador são a adição de micro ingredientes, o tempo de mistura, o grau de enchimento, a distância entre o helicóide e o corpo e o tipo de descarga.

Cada misturador possui seu tempo adequado para a mistura ser feita. A distância entre o helicóide e o corpo do misturador, na maioria dos casos, é de 3 a 5 cm. Destaca-se que quando esta distância é próxima de 12 mm, a uniformidade poderá ser afetada (Convibra, 2012).

Quanto ao ciclo de mistura, deve ser considerado o tempo de mistura seca, o tempo para adicionar líquidos e o tempo a mais depois de se adicionar líquidos. Será considerado apenas a mistura seca.

É de extrema importância respeitar o tempo de mistura seca, pois é neste momento que deverá ocorrer a uniformização dos microingredientes na mistura total. Quando for adicionado líquidos, e se for antes do tempo de mistura seca ser concluída, as características de fluidez da mistura irão diminuir.

A capacidade em peso é definida pelo volume e pela potência (kW) do misturador, que não mistura peso, e sim, volume. Em misturadores de helicóides, uma porção de 15 cm deve ultrapassar a superfície da ração. Já o volume de trabalho deve ser o recomendado pelo fabricante ou via teste de uniformidade (Convibra, 2012).

Um sobrecarregamento do misturador cria pontos os quais os ingredientes não são incorporados uniformemente na ração. Isto prejudica a qualidade da mistura, que assim como o tempo, gera um menor equilíbrio entre os nutrientes da ração. A capacidade de carga do misturador é calculada em metros. Nos misturadores do tipo comporta, será necessário um excelente projeto, acabamento e monitoramento diário.

- Moagem:

As principais preocupações no planejamento das fábricas de rações se referem ao conceito de moagem. Deve-se decidir se o sistema adotado será a pré-moagem ou a pós-moagem. No primeiro sistema, os ingredientes são moídos individualmente e depois dosados - milho ou outro grão alternativo - e o farelo de soja. No segundo sistema, chamado de moagem conjunta, o processo fica entre a dosagem e a mistura, dentro da linha de produção.

A pré-moagem tem a vantagem de o moinho ser independente da linha de mistura, o que possibilita o uso completo da capacidade de moagem. Com isso, a tritura dos produtos individuais pode gerar mudanças no tamanho das partículas com a

alternância das peneiras. Contudo, causa um aumento no custo de silos e transportadoras (Convibra, 2012).

A pós-moagem possibilita um menor investimento, já que precisa de menos silos e de um transporte bem mais simples. O produto moído fica mais uniforme, já que os ingredientes moídos com a mesma peneira. Porém, por ela ser diretamente ligada à linha de mistura, depende da linha de moagem (Convibra, 2012).

Outra consideração a se fazer, quanto a maior duração da máquina de mistura, é o limite do excesso de carga, que irá definir a vida útil do misturador.

O desgaste, a quebra ou o ajuste impróprio da máquina podem modificar a uniformidade da ração produzida. Quando o equipamento possui um desgaste ou está com problemas, diminui-se a eficiência da mistura.

- Mistura:

O misturador de ração está localizado após a balança na etapa de pré-moagem. Porém, ele também pode estar localizado depois do moinho na etapa de pós-moagem.

O misturador deve estar localizado depois dos silos de armazenagem de ração e antes das descargas na expedição - caminhão graneleiro.

Com relação ao número de misturadores, há uma tendência da utilização de um único misturador por linha de produção. Porém, ainda existirá espaço para linhas com 2 (dois) misturadores de menores capacidades (Convibra, 2012).

Com relação às características dos ingredientes importantes no processo de mistura, é possível afirmar que o tamanho da partícula mostra que quando dois ou mais ingredientes possuem tamanhos diferentes, eles podem se separar. O material mais fino decanta, sendo depositado no fundo, comprometendo a homogeneidade da mistura.

## **g. Processos de produção principais do subsegmento de produção de bebidas (sucos, refrigerantes e cervejas)**

### **Produção de Refrigerantes**

A produção de concentrados é dividida em: tratamento da água, elaboração dos xaropes simples e composto, envasamento e encaixotamento. Todas essas etapas são cumpridas sem qualquer contato manual e sempre sob rigoroso controle de qualidade.

- Tratamento da água:

A adequação da água para fabricação dos refrigerantes é fundamental, além de ser uma preocupação constante da fábrica. A água é submetida a um tratamento que lhe garante padrões internacionais de potabilidade e todas as características desejadas: límpida, clara, inodora, livre de microorganismos, ideal para utilização na fabricação de refrigerante e para consumo humano.

- Elaboração do xarope simples:

A produção do xarope simples consiste na dissolução do açúcar cristal em água quente. Em seguida, a mistura recebe um tratamento com carvão ativo, para eliminar odores e sabores estranhos que eventualmente possam estar presentes. Depois, passa por um filtro a base de terra infusória para torná-la límpida e assegurar a qualidade no final da fabricação do refrigerante.

Ainda quente, o xarope simples é resfriado em trocador de calor até chegar a uma temperatura próxima a 20 °C, sendo então enviado, por tubos de aço inox, para a sala de produção do xarope composto. Essa operação é feita de forma totalmente automática, sem contato manual.

- Elaboração do xarope composto:

A produção do xarope composto consiste na adição de ingredientes ao xarope simples, de acordo com o tipo de refrigerante a ser fabricado. Os ingredientes são: xarope simples, flavor, suco natural e sais. O xarope simples resfriado recebe cuidadosamente a adição dos componentes que irão transformá-lo em xarope composto. Durante todo o processo de adição, efetuado com todos os cuidados de higiene, mantém-se o xarope sob agitação para garantir uma perfeita homogeneização dos componentes.

Para assegurar a correta proporção deles, utiliza-se o conceito de kits previamente pesados, com uma determinada quantidade de xarope, o que permite que os refrigerantes tenham sempre a mesma composição e sabor. Finalmente, é armazenado em tanques de aço inox, numa sala refrigerada, por um curto período. Já na produção dos refrigerantes diet não é utilizado o xarope simples (água mais açúcar). Nesse caso, o açúcar é substituído por edulcorantes de última geração, mantendo-se basicamente os demais componentes.

- Embalagens:

As linhas de produção variam conforme o tipo de vasilhame utilizado. Assim, no caso das garrafas retornáveis, ao receber os vasilhames, a fábrica faz uma cuidadosa inspeção para que sejam retirados aqueles que estejam fora das especificações de uso, ou seja, garrafas trincadas, bicadas, lascadas, lixadas, quebradas, sujas ou com material de difícil remoção, como tintas ou cimento.



Somente após essa seleção, as garrafas são colocadas na esteira de entrada para as lavadoras, onde passam por um tanque de pré-rinse com água. Elas são também imersas em tanques com soda cáustica quente para retirada de impurezas e esterilização. Em seguida, passam pelo enxágüe final em um tanque com esguichos de água limpa. Uma nova inspeção e seleção é feita quando as garrafas saem da lavadora em direção à enchedora.

No caso das embalagens descartáveis, não há necessidade das lavadoras.

- Enchimento:

A etapa final da elaboração do refrigerante consiste no envio do xarope composto, por tubulações de aço inox, até a linha de engarrafamento, onde é misturado com água tratada de clorada e adicionado o gás carbônico em proporções adequadas a cada produto. Esse processo é feito por meio do proporcionador e do carbonatador (*Carbo-Cooler*), garantindo uma mistura ideal de gás carbônico, xarope e água.

Depois de concluído, o refrigerante é enviado para a enchedora, onde as garrafas entram vazias e são cheias automaticamente pela abertura de válvulas especiais que liberam o líquido. Após o enchimento, a garrafa é imediatamente arrolhada e codificada com data de validade, hora e linha de envasamento (datador). Nessa etapa, são inspecionados a lacração e o nível de enchimento das garrafas.

Seguem, então, por esteiras rolantes até serem encaixotadas, acondicionadas em *pallets* (paletização) e colocadas nos caminhões dos distribuidores. Durante todo o processo de enchimento, o laboratório coleta e analisa provas, para garantir que o refrigerante está de acordo com as especificações da companhia.

## **Produção de Cervejas**

- Fabricação:

A primeira fase do processo de produção acontece na sala de fabricação, em que as matérias-primas são misturadas em água e dissolvidas, para se obter uma mistura líquida adocicada chamada mosto, que é a base para a cerveja (SINDICERV, s.d.).

Os processos envolvidos são:

- Moagem do malte e dos adjuntos;
- Mistura com água;
- Aquecimento para facilitar a dissolução;
- Transformação do amido em açúcar pelas enzimas do malte;
- Filtração para separar as cascas do malte e dos adjuntos;

- Adição do lúpulo;
- Fervura do mosto para dissolução do lúpulo e esterilização;
- Resfriamento.

A produção do mosto é baseada, exclusivamente, em fenômenos naturais, muito semelhante ao ato de cozinhar. A fase fundamental é a transformação de amido em açúcar por meio das enzimas do malte. Enzimas são substâncias que estão na natureza e que são a chave da vida, já que todos os fenômenos que envolvem os seres vivos como: respiração, crescimento, procriação, são regulados por enzimas.

- Fermentação:

Depois da etapa de resfriamento, é adicionado fermento ao mosto, que é acondicionado nos fermentadores (enormes tanques), onde se inicia a fase de fermentação. Nessa fase, ocorre a transformação do açúcar do mosto em álcool e CO<sub>2</sub> (gás carbônico), devido ao fermento, tendo-se assim, a energia necessária para sua sobrevivência. Esse fenômeno é parecido com a respiração. É preciso controlar-se a temperatura, normalmente de 7 a 10 °C, durante todo o processo de fermentação, pois o fermento só produz a cerveja com o sabor adequado nessas temperaturas baixas (SINDICERV, s.d.).

Essa fase é de grande importância para o paladar da cerveja, pois, juntamente com a transformação do açúcar em álcool e CO<sub>2</sub>, o fermento produz outras substâncias, em quantidades menores, que são responsáveis pelo sabor e aroma da cerveja. Portanto, é durante a fermentação que o caráter da cerveja é formado.

- Maturação:

Uma vez que se conclui a fermentação, resfria-se a cerveja a zero grau. Separa-se grande parte do fermento por decantação ou sedimentação, iniciando-se a etapa de maturação. Nessa etapa, pequenas transformações ocorrem, ajudando a arredondar o sabor da cerveja.

A maturação dura de 6 (seis) a 30 (trinta) dias, dependendo da cervejaria, por causa da cepa de fermento e do toque especial do cervejeiro. Ao terminar essa fase, a cerveja está quase concluída, com aroma e sabor finais já definidos (SINDICERV, s.d.).

- Filtração:

Após a maturação, a cerveja é filtrada, buscando eliminar partículas em suspensão, principalmente células de fermento, o que deixa a bebida transparente e brilhante. A filtração não irá modificar a composição e o sabor da cerveja, mas é importante para garantia da sua apresentação, dando-lhe um aspecto cristalino.

- Enchimento:

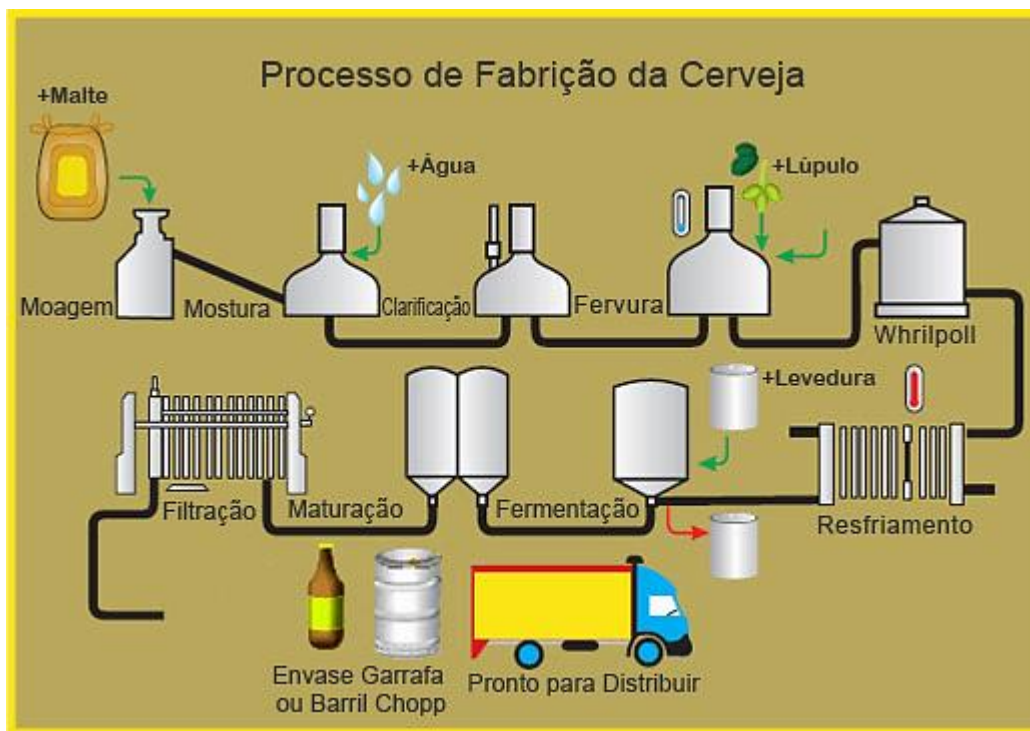
Essa é a fase final da produção. Que poderá ser feita em garrafas, latas e barris. A cerveja não tem suas características alteradas por causa da embalagem.

- Pasteurização:

É comum, nas cervejarias, que se submeta a cerveja a etapa de pasteurização, principalmente quando as embalagens são utilizadas (no barril, a cerveja não é pasteurizada, recebendo o nome de chope).

A pasteurização é um processo térmico onde se submete a cerveja a um aquecimento de aproximadamente 60 °C e logo após, a um resfriamento, afim de conferir maior estabilidade ao produto. Devido a esse processo, as cervejarias conseguem garantir um prazo de validade de até 6 (seis) meses depois da fabricação. O processo de pasteurização não altera a composição do produto (SINDICERV, s.d.).

Logo, a cerveja é um produto de origem natural, que é fabricada através de água e cereais.



Fonte: Bier Beer, s.d.

Figura 7: Esquema do proceso de fabricação de cerveja

## h. Processos de produção principais do subsegmento de beneficiamento de arroz (ou genericamente beneficiamento de café, chá e cereais)

O processo de produção de arroz é distribuído em 7 (sete) etapas: Descarregamento, Descasque, Brunição, Classificação, Seleção, Empacotamento, Expedição.

- Descarregamento:

As carretas dos caminhões são pesadas por balança eletrônica, toda vez que chegam e saem da empresa.

É feito um teste para verificação do tipo de arroz que irá ser descarregado. Os defeitos presentes no arroz são analisados, como: grãos gessados, sementes, grãos amarelados, arroz vermelho, quantidade de arroz quebrados, umidade dos grãos, entre outros.

O arroz é descarregado por uma moega, que é como um funil.

Da moega, os grãos são armazenados em silos pulmão, conjunto constituído por 4 silos, através de esteiras e elevadores, armazenando os tipos de arroz que foram classificados no descarregamento.

Destes silos, o arroz em casca segue para a pré-limpeza, que é um conjunto de máquinas/peneiras, que possui afim de separarem as impurezas do arroz, como: palhas, pedaços de planta, partes metálicas, pedaços de madeira, entre outros.

Após ser pré-limpo, o arroz separado segue de novo por uma esteira até a produção.

- Descasque:

Da armazenagem, o arroz segue para o descascador, onde é descascado por fricção de baixo para cima, por meio de dois roletes de borracha que trabalham em sentidos contrários e com rotações diferentes, podendo atingir até 70km/h, existindo, então, uma necessidade de possuir amortecedores de borracha nas paredes superiores, para que não haja quebra do grão (Arroz Cremoso, s.d.).

Logo após, o produto que sai do descascador segue para a Câmara de Aspiração, que é um circuito fechado para separação da palha, do grão integral, marinho (em casca), do farelo grosso e do pó do processo.

A palha passa para um conjunto de silos pós-descarregamento, através de uma rosca.

Depois, o produto segue para o separador de marinho, que é uma máquina que separa o grão que descascou do que não descascou (marinho), onde este último retorna para o descascador, no início do processamento.

Em seguida, o grão integral segue para o separador de pedra, que irá separar todas as partes sólidas maiores que o grão de arroz e retira as impurezas mais leves.

- Brunição:

Logo após, os grãos inteiros vão para o brunidor. Nessa etapa, o brunidor vertical remove parte da camada escura, que é chamada de farelo. Esse farelo é aspirado por um exaustor e depois é ensacado para ser vendido para empresas de ração animal e para extração de óleos.

Do brunidor, os grãos seguem para o polidor, que promove o acabamento do grão de arroz, no processo de beneficiamento. O polidor possui um núcleo cilíndrico que gera, por meio de uma força centrífuga, uma pressão entre os grãos e a tela, em meio a uma névoa de umidade controlada, removendo o farelo e obtendo-se um excelente acabamento com aspecto vítreo, sem riscos e pó.

- Classificação:

Em seguida, o grão segue para a peneira de classificação, que faz a separação do arroz bom da quireira fina (impurezas mais leves) e o arroz vermelho, que possui um aspecto maior e mais arredondado.

Depois disso, os grãos seguem para o trieur, que tem a finalidade de classificar o grão de arroz, de acordo com o seu tamanho. Sua eficiência pode chegar a 99%, que é superior a que as peneiras alcançam. Esse classificador possui, basicamente, um tubo cilíndrico rotativo de chapa, com superfície interna formada por pequenas cavidades chamadas de alvéolos (UFRGS, s.d.).

Durante a classificação, os grãos quebrados passam pelos alvéolos, ficando presos no seu interior e subindo por meio de uma força centrífuga até uma determinada altura. Quando o peso dos grãos quebrados vence a força centrífuga, eles caem dentro de uma concha, que possui uma rosca transportadora, localizada no interior do cilindro, que tem a função de remover esses grãos.

- Seleção:

Logo após, os grãos seguem para a seleção eletrônica, que é uma das etapas mais importantes do processo, que seleciona os melhores grãos para serem empacotados. Os grãos são levados em série por meio de uma canaleta inclinada, onde conseguem velocidade para passarem por um sensor fotoelétrico que distingue, o grão bom do grão defeituoso, por meio da translucidez. No final da canaleta, fica um conjunto de bicos injetores que liberam um jato de ar, para

expulsar os grãos com defeito selecionados pelos sensores. O grão bom vai para o empacotamento e o defeituoso, para um repasse.

- Empacotamento:

- Câmara de limpeza por densidade: Após a seleção e com a finalidade de garantir a higiene e a limpeza, os grãos selecionados seguem por esta câmara que irá remover todo farelo adquirido no processo de transporte.

- Empacotadeira: Após essa limpeza, o arroz beneficiado segue para a empacotadeira, que é um equipamento completamente automatizado e, por meio de um programa, realiza o empacotamento de 5 kg e de 1 kg.

- Enfardadeira: Após o empacotamento, o arroz segue para a enfardadeira.

- Expedição:

Depois dessas etapas, os pacotes seguem para a estocagem, sendo carregados por caminhões, que são pesados e, por fim, despachados com o objetivo de abastecer o mercado.



## 4. DESCRIÇÃO DA METODOLOGIA ADOTADA NO ESTUDO

### a. Seleção da amostra da pesquisa

Na primeira análise, para proceder à seleção das amostras significativas para a pesquisa, se estabeleceram subsegmentos dentro de alimentos e bebidas resultando na seguinte divisão, cujos processos de produção principais já foram descritos anteriormente:

- Fabricação e refino de açúcar;
- Moagem de trigo, fabricação de massas alimentícias e produtos de padaria;
- Produção de óleos e gorduras (moagem de grãos, produção de farelos, óleos vegetais e gordura animal);
- Abate de animais e produção de carnes e derivados;
- Beneficiamento de leite e fabricação de produtos lácteos;
- Fabricação de rações e alimentos para animais;
- Produção de bebidas (sucos, refrigerantes e cervejas);
- Beneficiamento de arroz (ou genericamente beneficiamento de café, chá e cereais).

O universo das empresas do segmento de alimentos e bebidas é muito amplo. Neste estudo foi considerado para o universo um total de 652 empresas, a partir de dados trabalhados da ABIA. As empresas estão distribuídas em 8 subsegmentos, que são independentes com respeito ao consumo energético, como é mostrado na tabela 22.

	AÇÚCAR	TRIGO	ÓLEOS	ANIMAIS	LEITE	RAÇÃO	BEBIDAS	ARROZ
Nº empresas	163	73	28	61	96	63	76	92
%	25%	11%	4%	9%	15%	10%	12%	14%

Fonte: Elaboração própria com base no universo da ABIA

Tabela 22: Tabela com número de empresas e porcentagem correspondente para cada um dos subsegmentos do setor "Alimentos e Bebidas"

Como pode ser observado na tabela 23, a fabricação e refino de açúcar é responsável por 73,83% da energia total consumida no segmento, tendo assim um consumo de energia bastante superior ao resto dos subsegmentos. É seguido pela produção de bebidas com 10,04%, o abate de animais com 6,39%, a produção de óleos e gorduras com 3,22%, a fabricação de ração para animais com 2,78%, o leite com 1,81%, o arroz com 1,56% e finalmente o trigo com 0,36%.

SUBSEGMENTO	CONSUMO DE ENERGIA (mil tep)	PROPORCIONALIDADE ENERGÉTICA (%)
Fabricação e refino de açúcar	17.926	73,83%
Moagem de trigo e fabricação de massas	88	0,36%
Produção de óleos e gorduras	781,9	3,22%
Abate de animais	1.552,1	6,39%
Beneficiamento do leite	439,4	1,81%
Fabricação de ração para animais	673,9	2,78%
Produção de bebidas	2.439,1	10,04%
Beneficiamento de arroz	379,42	1,56%
Total	24.279,82	

Fonte: Elaboração própria através de dados do PROCEL, 2010

Tabela 23: Consumo de energia dos subsegmentos da indústria de alimentos e bebidas

Com base nas informações de consumo de energia anteriormente levantadas, foi feita uma análise estatística utilizando neste caso o critério de estatística de proporcionalidade, após ser definido um tamanho amostral via Equação 1:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

Equação 1: Cálculo do tamanho amostral

Onde:

N = tamanho do universo;

Z = desvio do valor médio aceitado para alcançar o nível de confiança desejado. Se o nível de confiança é de um 90% está sendo englobado os valores que cobrem 90% dos casos, isso corresponde a definir uma margem de erro entre -1,645 e +1,645, supondo uma distribuição de probabilidade normal dos dados, hipótese que se dá como válida quando se desconhece essa distribuição, como é o caso;

p = proporção que se espera dos dados. Esse é um parâmetro que está em relação a heterogeneidade dos dados. Como esse fator é desconhecido, é tomado o pior dos casos onde a heterogeneidade é máxima, e que corresponde a uma variância máxima da média (p=0,5);

q = p-1 (no caso de variância máxima q=0,5);

e = margem de erro máximo da média a ser calculada.

<b>SUBSEGMENTO</b>	<b>% ENERGIA</b>	<b>DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA</b>
Açúcar	73,83%	35
Trigo	0,36%	20
Óleos	3,22%	
Animais	6,39%	
Leite	1,81%	
Ração	2,78%	
Bebidas	10,04%	
Arroz	1,56%	
<b>TOTAL</b>	100%	55

Fonte: Elaboração própria

Tabela 24: Totais e distribuição de empresas

Foi aplicada a Equação 1 para o setor de 'Alimentos e Bebidas', e em seguida os dados foram tratados: i) para que cada subsegmento tenha pelo menos um tamanho amostral de 2 empresas; e ii). para considerar a homogeneidade energética do subsegmento de açúcar.

## b. Seleção das etapas do processo de produção

Para fins de pesquisa de consumo energético serão consideradas as seguintes etapas de processo por subsegmento.

Fabricação e refino de açúcar:

- Recepção, controle, descarga e limpeza de cana;
- Preparação de cana;
- Extração de caldo (moenda);
- Tratamento de caldo;
- Evaporação;
- Cristalização;
- Secagem.

Moagem de trigo, fabricação de massas alimentícias e produtos de padaria:

- Recepção;
- Pré-limpeza;
- Limpeza;

- Umidificação;
- Descanso;
- Moagem;
- Purificação.

#### Produção de óleos e gorduras:

- Pré-limpeza ou peneiração;
- Descascamento;
- Condicionamento;
- Trituração;
- Cozimento;
- Extração;
- Degomagem e neutralização;
- Branqueamento;
- Desodorização.

#### Abate de animais e produção de carnes e derivados:

- Recepção, descanso e dieta hídrica;
- Abate (insensibilização, pendura, sangria, esfolagem, evisceração, cortes da carcaça);
- Refrigeração;
- Corte e desossa;
- Embalagem;
- Estocagem e expedição.

#### Beneficiamento de leite e fabricação de produtos lácteos:

- Análise do leite;
- Estocagem e resfriamento;
- Clarificação;
- Pasteurização;
- Padronização;
- Setor Prémix (para caramelos);

- Evaporação (para leite em pó).

#### Fabricação de rações e alimentos para animais:

- Moagem;
- Mistura.

#### Produção de bebidas:

- Refrigerantes:
  - Tratamento de água;
  - Elaboração de xaropes;
  - Embalagens;
  - Enchimento.
- Cerveja:
  - Fabricação (moagem do malte; mistura; aquecimento; filtração; adição de lúpulo e fervura; resfriamento)
  - Fermentação;
  - Maturação;
  - Filtração;
  - Enchimento;
  - Pasteurização.

#### Beneficiamento de arroz:

- Descarregamento;
- Descasque;
- Brunição;
- Classificação;
- Seleção;
- Empacotamento;
- Expedição.

### c. Tratamento de dados

Todos os dados referentes aos consumos energéticos utilizados nesta pesquisa foram fornecidos pelas empresas visitadas.

Os dados utilizados são referentes ao ano de 2016. Algumas informações foram estimadas pelas empresas, pois elas não a tinham ou não faziam seu acompanhamento conforme o desenvolvido nesse estudo.

Para a obtenção dos **valores médios da amostra** realizou-se uma média ponderada entre os valores proporcionais ao número de empresas e ao proporcional ao consumo de energia, por subsegmento.

Os dados consolidados de **rendimento energético**, que virão a seguir, foram calculados a partir de uma média proporcional utilizando os valores informados de produção das empresas visitadas. E os dados de **coeficiente de destinação** foram calculados a partir de uma média proporcional relativa ao consumo total do energético.



## 5. INDICADORES DE CONSUMO ENERGÉTICO POR SUBSEGMENTO

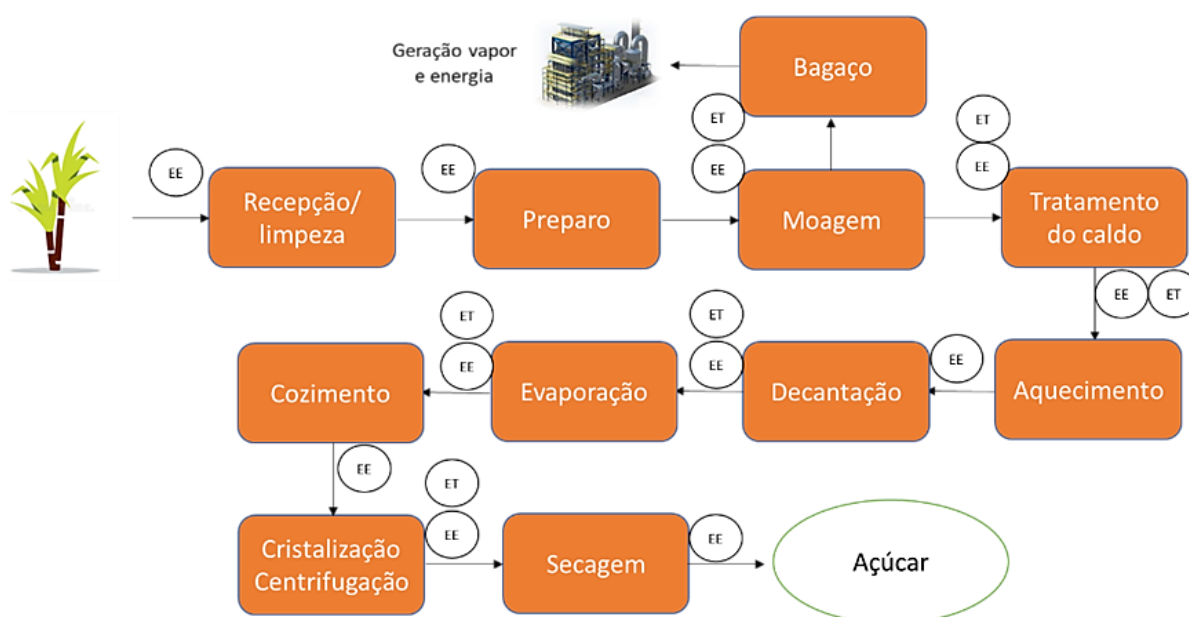
### a. Subsegmento de fabricação e refino de açúcar

#### i. Situação atual

#### Produção, etapas de processo e equipamentos utilizados

Embora as empresas selecionadas sejam distintas em função da sua produção e ano de início de operação, essas utilizam o mesmo processo produtivo na produção de açúcar, e apresentam algumas etapas fundamentais, como: Moagem, Cozimento e Secagem, como informado no capítulo 3.

Na Figura 8, é apresentado um fluxograma que indica as principais etapas do processo, bem como a utilização dos insumos energéticos por etapa.



Legenda: Energia Elétrica (EE), Energia Térmica (ET)

Fonte: Elaboração própria

Figura 8: Processo produtivo de beneficiamento de açúcar

#### Fontes de energia

O processo de refino de açúcar utiliza a energia elétrica e a energia térmica como insumos energéticos, sendo que, em sua grande maioria, as usinas são autossuficientes destes insumos, pois o bagaço da cana (subproduto) é utilizado para gerar energia elétrica e vapor para as usinas. Os principais consumidores de energia elétrica são as moendas, caldeiras, tratamento do caldo e centrifugação.

## Principais equipamentos consumidores de energia

Para energia térmica, tem-se a moenda, o tratamento de caldo, o cozimento e a fermentação como principais consumidores.

## Indicadores energéticos

As usinas de açúcar, em sua grande maioria, são produtoras de etanol e eletricidade também. Neste estudo, levou-se em consideração o consumo das energias elétrica e térmica somente para a produção de açúcar.

Dessa forma, para melhor entendimento, são classificadas as principais etapas produtivas por unidade de serviço:

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Refrigeração	Iluminação
Recepção / limpeza					
Preparo					
Moagem					
Tratamento do caldo					
Aquecimento					
Decantação					
Evaporação					
Cozimento					
Centrifugação					
Secagem					

Fonte: Elaboração própria

Tabela 25: Distribuição de unidade de serviço na fabricação de açúcar

Considerando a amostra deste estudo, observou-se que 57% das usinas são exportadoras líquidas de eletricidade para a rede, ou seja, injetam mais energia elétrica do que compram da rede.

## Rendimento energético

O conceito de rendimento energético refere-se apenas à primeira transformação de energia do processo produtivo e retrata a média dos rendimentos de transformação.

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Bagaço de cana		80,0%			
Eletricidade	91,5%				82,0%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 26: Rendimento energético atual, subsegmento de açúcar

## Coeficientes de Destinação

Os coeficientes de destinação referem-se à distribuição dos energéticos utilizados, em porcentagem, segundo os usos finais da energia.

A Tabela 27 ilustra a situação atual do subsegmento de açúcar.

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Bagaço de cana		100,0%			
Eletricidade	95,9%				4,1%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 27: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de açúcar

## Investimentos necessários para reposição de equipamentos

A Tabela 28 ilustra o exemplo de custo para reposição de equipamentos existentes em uma das fábricas visitadas.

Equipamentos	Quantidade	Valor (R\$)
Bomba de água-150CV	1	39.237,54
Exaustor-600CV	2	326.907,00
Bomba de água-300CV	1	101.613,20
Bomba Caldo-175CV	1	51.228,16
Bomba água-175CV	4	204.912,64
Centrífuga de Açúcar-300CV	2	203.226,40
Bomba resfriamento-200CV	2	129.502,36

Fonte: WEG, ano base 2017

Tabela 28: Custos para reposição de equipamentos com a mesma eficiência

## ii. Condições com tecnologias mais eficientes

### Produção, etapas de processo e oportunidades de eficiência energética

Com base na visita e nos estudos realizados, não haverá alteração tanto na produção quanto nas etapas de processo, a planta ficará com o mesmo fluxo de processo e produção.

As principais medidas de eficiência no consumo de energia elétrica foram encontradas em força motriz. A substituição de motores standard por motores de alto rendimento mostrou-se como a principal ação do segmento. Em algumas unidades, a instalação de inversores de frequência para modulação da velocidade dos motores mostrou-se viável também.

A Tabela 29 ilustra um exemplo da economia com a substituição de motores em uma das plantas visitadas.

Qtde Motores	Motor Atual					Motor Proposto					Custo Motor	Economia ano (kWh/ano)	Economia Ano (R\$)	Pay back
	Modelo	Rendimento nominal	Tempo operação (h)	Potência real (kW)	Consumo ano (kWh/ano)	Modelo	Rendimento nominal	Tempo operação (h)	Potência real (kW)	Consumo ano (kWh/ano)				
7	motor 75 CV	90,0%	5.064	54,98	1.948.754	motor 75 CV AR	94,0%	5.064	52,64	1.865.828	R\$ 174.271,58	82.926	R\$ 24.877,71	7,01
23	motor 100 CV	90,5%	5.064	73,60	8.572.339	motor 100 CV AR	94,2%	5.064	70,71	8.235.634	R\$ 691.406,45	336.705	R\$ 101.011,64	6,84
11	motor 125 CV	90,5%	5.064	92,00	5.124.768	motor 125 CV AR	94,3%	5.064	88,29	4.918.256	R\$ 451.806,96	206.512	R\$ 61.953,72	7,29
10	motor 150 CV	90,6%	5.064	110,40	5.590.656	motor 150 CV AR	94,8%	5.064	105,51	5.342.969	R\$ 458.151,20	247.687	R\$ 74.306,19	6,17
10	motor 200 CV	91,2%	5.064	147,20	7.454.208	motor 200 CV AR	96,8%	5.064	138,68	7.022.973	R\$ 647.511,80	431.235	R\$ 129.370,55	5,01
2	motor 400 CV	90,6%	5.064	294,40	2.981.683	motor 400 CV AR	94,8%	5.064	281,36	2.849.583	R\$ 246.770,94	132.100	R\$ 39.629,97	6,23
3	motor 450 CV	91,2%	5.064	331,20	5.031.590	motor 450 CV AR	96,8%	5.064	312,04	4.740.507	R\$ 406.234,95	291.084	R\$ 87.325,12	4,65
<b>TOTAL</b>		<b>90,7%</b>			<b>36.703.999</b>		<b>95,1%</b>			<b>34.975.749</b>	<b>R\$ 3.076.153,88</b>	<b>1.728.250</b>	<b>R\$ 518.475</b>	<b>5,93</b>

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 29: Cálculo de economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento

A instalação de inversores de frequência torna-se viável quando é possível a variação da velocidade do motor acionado pelo inversor. É o caso dos ventiladores das torres de resfriamento, conforme ilustra o exemplo da Tabela 30.

Carga	Torres de resfriamento	
Quantidade	5	
Potência	184	kW
Horas funcionamento	4.598	horas/ano
Consumo atual	4.230.160	kWh/ano
% Economia com Inversor	15%	%
Consumo proposto	3.595.636	kWh/ano
Economia energia	634.524	kWh/ano
Custo controle Inversores	225.425	R\$
Saving anual	190.357	R\$/ano
Pay back	14,21	meses

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 30: Cálculo de economia de energia com a instalação de inversores de frequência nos ventiladores das torres de resfriamento

Quando se trata de energia térmica, vê-se a importância de aumentar o retorno de condensado, visto que essa água quente pode minimizar o consumo de água ambiente na caldeira e posterior consumo de combustível para aquecê-la. A Tabela 31 ilustra um exemplo da economia de combustível devido ao aumento de retorno de condensado de 83% para 95% em uma das usinas visitadas.

<b>Temp. Água alimentação Caldeira</b>	<b>22</b>	<b>°C</b>
<b>Temp. Água retorno condensado</b>	80	°C
<b>Aumento da temperatura de reposição</b>	58	°C
<b>Vazão Condensado</b>	50.000	kg/h
<b>Horas de funcionamento</b>	6.072	h/ano
<b>PCI Bagaço cana (50% umidade)</b>	1.800	kcal/kg
<b>Custo combustível</b>	R\$ 30,00	R\$/ton
<b>SAVING ANO</b>	<b>R\$ 293.480,00</b>	<b>R\$/ano</b>
<b>ECONOMIA COMBUSTÍVEL</b>	<b>9.782,67</b>	<b>ton /ano</b>

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 31: Cálculo de economia de energia com o aumento de retorno de condensado

Verificou-se a presença de vazamentos de vapor em todas as unidades visitadas. Para o cálculo do desperdício devido ao vazamento, estimou-se o tamanho do furo do vazamento, conforme tabela abaixo.

<b>Dados:</b>		
<b>Diametro do furo:</b>	20	mm
<b>Pressão de entrada</b>	21	bar
<b>Custo do vapor</b>	30	R\$/t
<b>Fator da borda do furo</b>	1	0,7 a 0,8
<b>Cálculos:</b>		
<b>Área do furo:</b>	0,49	pol <sup>2</sup>
<b>Pressão na linha:</b>	304,58	psi
<b>Vazamento (lb/h)</b>	8.809,85	lbs/h
<b>Vazamento (kg/h)</b>	3.996,08	kg vapor/h
<b>Bagaço economizado:</b>	1.816,40	kg bagaço/h
<b>Custo do vazamento:</b>	11.029,18	ton bagaço/ano
	R\$ 727.925,76	R\$/ano

Fonte: Fonte: Guide to Energy Management Por Barney L. Capehart, Wayne C. Turner, William J. Kennedy Steam leaks

Tabela 32: Cálculo de economia de energia com a retirada de vazamentos de vapor

## Indicadores energéticos

A Tabela 33 ilustra o consumo específico por insumo.

Fonte	Valor Médio tep/t de açúcar	Faixa de Variação tep/t de açúcar
Eletricidade	0,023	0,006 a 0,097
Bagaço de cana	0,459	0,095 a 1,878
Total	0,483	0,115 a 1,926
Total elétrico	0,023	0,006 a 0,097
Total térmico	0,459	0,095 a 1,878

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas  
Tabela 33: Consumos específicos por insumo

A partir dos dados coletados no âmbito desta pesquisa, a indústria de produção de açúcar apresenta consumo específico médio calculado de 0,484 tep/t, variando de 0,115tep/t a 1,926tep/t. Essa variação (1575%) deve-se, principalmente, à grande variação no consumo específico da energia térmica (0,095 tep/t a 1,878tep/t).

Observou-se uma grande diferença no consumo de vapor das unidades, o que pode ser explicado pelo tipo de tecnologia utilizada nas caldeiras, pela diferença do tipo de cana queimada, da umidade do bagaço, da mistura palha mais bagaço, além de utilizações de moendas a vapor ao invés de eletricidade.

Outro ponto importante é a não utilização de mecanismos eficientes como regeneradores de caldo de vinhaça e caldo condensado, aquecimento de caldo dosado e clarificado apenas com vapor vegetal, perdas de condensado e não utilização da tecnologia do leite fluidizado borbulhante. Em algumas unidades visitadas, ficou claro a falta de importância dada a eficiência energética, muitas vezes justificada pelo fato da usina ser auto-suficiente e a eletricidade e o vapor não terem um custo de aquisição.

As Tabelas 34 e 35 ilustram o rendimento e coeficiente de destinação após a realização das ações de eficiência.

### Rendimento Energético

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Bagaço de cana		85,0%			
Eletricidade	97,0%				85,0%

Fonte: Elaboração própria  
Tabela 34: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de açúcar



## Coeficientes de Destinação

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Bagaço de cana		100,0%			
Eletricidade	95,3%				4,7%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 35: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento açúcar

## Investimentos necessários para reposição de equipamentos de tecnologia mais eficiente

Segue a lista de reposição para os equipamentos atuais, sendo que os preços foram obtidos em reais, direto com fornecedores, com base de 2017 e sem considerar transporte e instalação:

A quantidade refere-se a todas as oportunidades encontradas nas fábricas visitadas.

Medidas	Fonte	Custo de Investimento atual (R\$/t produzida)	Custo de Investimento (R\$/t produzida)	% de economia	Economia de energia (tep/t produzida)	Economia (tep/t)
1- Substituição de motores por motores de alto rendimento	Eletricidade	12,116	15,39	4,97%	0,000875	0,0003 a 0,00373
2- Modulação das torres de resfriamento com inversor de frequência	Eletricidade	0	1,81	15,00%	0,000391	0,00038 a 0,00066
3- Aumento do retorno de condensado	Bagaço de cana	0	0,089	0,13%	0,0000006	0,0000044 a 0,00000568
4- Vazamentos de vapor	Bagaço de cana	0	0,142	1,83%	0,000006	0,000001 a 0,00003

Fonte: Spirax Sarco, WEG, Danfoss ano base 2017

Tabela 36: Investimento para reposição de equipamentos.

A Tabela 37 ilustra o potencial de economia de energia no subsegmento de açúcar.

FONTE DE ENERGIA (tep/t)	FM	CP	Illum	Total (%)
BAGAÇO DE CANA	-	0,02699	-	5,87%
ELETRICIDADE	0,0013	-	0,00003	5,59%
TOTAL (%)	5,68%	5,87%	0,00%	5,86%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 37: Potencial de economia

Observa-se que a força motriz e o calor de processo possuem a maior oportunidade de redução.

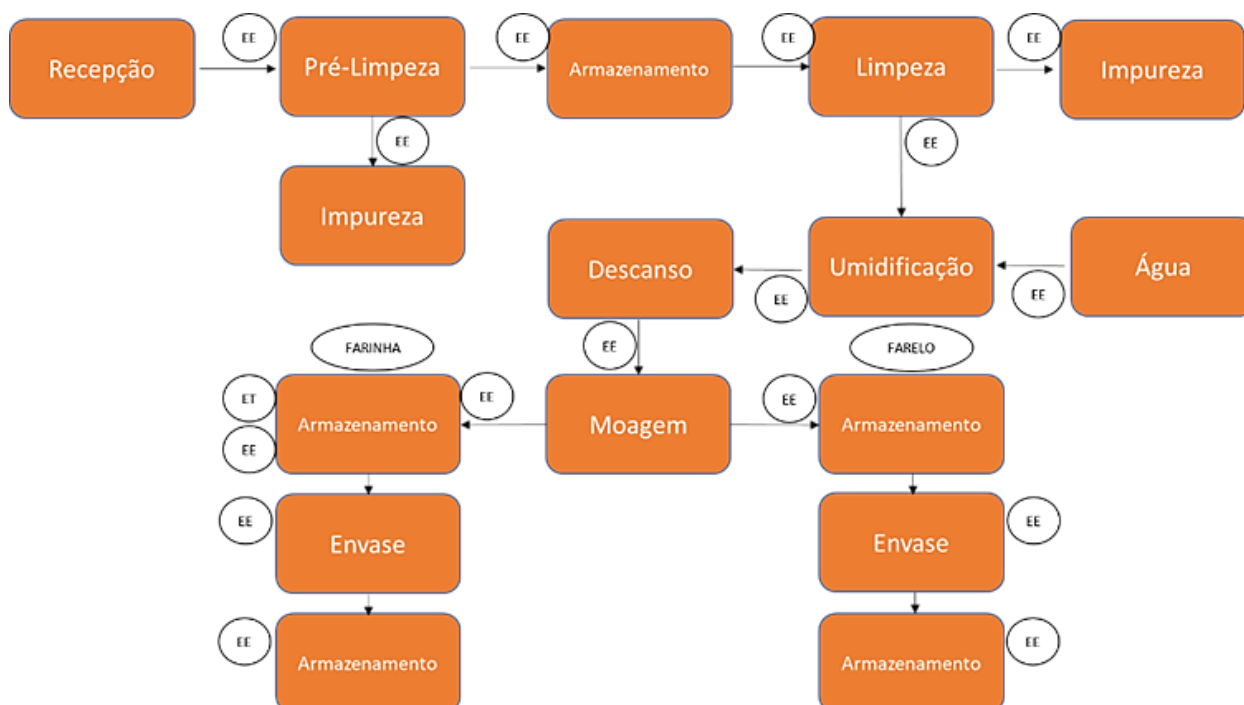
## b. Subsegmento de moagem de trigo, fabricação de massas alimentícias e produtos de padaria

### i. Situação Atual

#### Produção, etapas de processo e equipamentos utilizados

Embora as empresas selecionadas sejam distintas em função da sua produção e ano de início de operação, essas utilizam o mesmo processo produtivo na produção de trigo, e apresentam algumas etapas fundamentais, como: moagem e armazenagem, como informado no capítulo 3.

Na Figura 9 é apresentado um fluxograma que indica as principais etapas do processo, bem como a utilização dos insumos energéticos por etapa.



Legenda: Energia Elétrica (EE), Energia Térmica (ET)

Fonte: Elaboração própria

Figura 9: Processo produtivo de trigo

## Fontes de energia

O processo de produção de trigo utiliza somente a energia elétrica como energético, sendo o consumo de energia elétrica destinado, na sua maioria, ao uso de força motriz.

## Principais equipamentos consumidores de energia

A maior potência instalada encontra-se no sistema de moagem.

## Indicadores energéticos

Para fabricação de massas alimentícias tem-se o consumo de refrigeração e o consumo de energia térmica nos secadores.

Desse modo, para melhor entendimento, são classificadas as principais etapas produtivas por unidade de serviço:

FORMAS DE ENERGIA					
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Refrigeração	Iluminação
Recebimento					
Limpeza					
Moagem					
Envase					
Armazenagem					

Fonte: Elaboração própria

Tabela 38: Distribuição de unidade de serviço no subsegmento de trigo

## Rendimento energético

O conceito de rendimento energético refere-se apenas à primeira transformação de energia do processo produtivo e retrata a média dos rendimentos de transformação.

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Gás Natural		92,0%			
Eletricidade	86,9%			54,3%	83,4%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 39: Rendimento energético atual, subsegmento de trigo

## Coeficientes de Destinação

Os coeficientes de destinação referem-se à distribuição dos energéticos utilizados, em porcentagem, segundo os usos finais da energia.

A Tabela 40 ilustra a situação atual do subsegmento de trigo.

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Gás Natural		100,0%			
Eletricidade	93,3%			5,0%	3,3%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 40: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de trigo

## Investimentos necessários para reposição de equipamentos

A Tabela 41 mostra o investimento necessário para a reposição de equipamentos com a mesma eficiência. Devido ao grande número de equipamentos instalados e pelo objetivo desse estudo não ser realizar um levantamento completo de todos os equipamentos, a Tabela contém o exemplo de uma fábrica, com seus preços expressos em reais e sem considerar o frete.

Equipamentos	Quantidade	Valor	Unidade moeda
Motor 50 cv	19	191.626,02	R\$
Motor 75 cv	11	183.866,27	R\$
Motor 100 cv	12	235.437,00	R\$
Motor 125 cv	2	59.062,44	R\$
Motor 150 cv	12	386.318,28	R\$

Fonte: WEG, ano base 2017

Tabela 41: Investimento para reposição de equipamentos com a mesma eficiência

## ii. Condições com tecnologias mais eficientes

### Produção, etapas de processo e oportunidades de eficiência energética

Com base na visita e nos estudos realizados, não haverá alteração tanto na produção quanto nas etapas de processo, a planta ficará com o mesmo fluxo de processo e produção.

As principais medidas de eficiência no consumo de energia elétrica foram encontradas na casa de máquinas. O controle da pressão de sucção nos compressores de amônia, a instalação de novos compressores de ar com inversor de frequência e a redução da pressão de ar comprimido foram ações que se demonstraram viáveis nas unidades visitadas. A substituição de motores standard por motores de alto rendimento mostrou-se viável em uma das unidades visitadas.

A Tabela 42 ilustra um exemplo da economia com a redução da pressão de ar comprimido em uma das unidades. Segundo Atlas Copco 2011, a cada 1 bar reduzido na pressão do compressor, tem-se 8% de economia de eletricidade, portanto, a pressão de trabalho deve ser a menor possível, que atenda os requisitos dos equipamentos consumidores mais a perda de carga da rede (tubulação, válvulas, filtros, etc).

Redução da pressão de ar comprimido		
<b>Potência compressores:</b>	165,6	kW
<b>Pressão Atual:</b>	8,0	bar
<b>Pressão Sugerida:</b>	6,5	bar
<b>Horas funcionamento:</b>	5.600	horas/ano
<b>Economia consumo:</b>	111.283	kWh/ano
<b>Custo energia:</b>	0,364	R\$/kWh
<b>Saving anual:</b>	R\$ 40.477,04	R\$/ano
<b>Economia %</b>	12%	%

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 42: Cálculo de economia de energia com a redução da pressão de ar comprimido

No sistema de refrigeração, segundo Salvador 1999, para cada 0,1 bar aumentado na pressão de sucção, tem-se 3% de economia do consumo de eletricidade, com isso, a pressão de sucção no compressor deve ser a maior possível desde que atenda os requisitos do processo.

A Tabela 43 ilustra a memória de cálculo da economia de energia com o aumento da pressão de sucção nos compressores de refrigeração.

Regime	Set point	% Slide Valve	kW	Pressão de sucção sugerida	Delta P sucção	Redução demanda PD (kW)
Regime -10°C	2,2 bar	100	221	2,6	0,40	17,22 kW

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 43: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de sucção nos compressores de refrigeração

A Tabela 44 ilustra a economia de energia com o aumento da pressão de sucção dos compressores.

<b>Horas funcionamento ano:</b>	8760
<b>Custo energia (R\$/kWh)</b>	0,28
<b>Redução de consumo:</b>	150.868 kWh
<b>Saving (R\$/ano)</b>	R\$ 42.243,10

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 44: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de sucção nos compressores de refrigeração

Outra ação com grande impacto é a substituição de 4 (quatro) compressores de ar de baixo rendimento por 2 (dois) compressores de maior rendimento com inversor de frequência, conforme ilustra a Tabela 45.

Situação Atual								
Item	Compressor	Qtde	Carregamento	Tempo funcionamento (h/ano)	Vazão nominal (m <sup>3</sup> /min)	Volume total (m <sup>3</sup> )	Potência (kW)	Consumo (kWh)
1	Compressor ZR3B	4	100%	8.760	20,36	4.153,44	441,6	3.868.416
<b>TOTAL</b>					<b>20,36</b>	<b>4.153</b>	<b>441,60</b>	<b>3.868.416</b>
Situação Proposta - ZR 250VSD								
Item	Compressor	Carregamento	Tempo funcionamento (h/ano)	Vazão nominal (m <sup>3</sup> /min)	Volume total (m <sup>3</sup> )	Potência (kW)	Consumo (kWh)	
2	Compressor ZR250VSD	100%	8.760	43,3	2.598,00	246,56	2.159.866	
		77%	6.777	33,5	1.555,00	190,75	1.292.760	
<b>TOTAL</b>				<b>76,80</b>	<b>4.153</b>	<b>437,31</b>	<b>3.452.626</b>	
<b>Custo energia (R\$/kWh)</b>		0,280						
<b>Redução de consumo:</b>		415.790 kWh						
<b>Saving (R\$/ano)</b>		R\$ 116.421,26						

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 45: Cálculo da economia de energia com a substituição do compressor de ar

A Tabela 46 ilustra um exemplo de economia com a substituição de motores em uma das plantas visitadas.



Qtde Motores	Motor Atual						Motor Proposto						Economia Ano (R\$)	Pay back	Economia ano (kWh/ano)	Economia de energia (MWh/ano)	% de economia
	Modelo	Rendimento nominal	Tempo operação (h)	Potência real (kW)	Consumo ano (kWh/ano)	Custo dos equipamentos (R\$)	Modelo	Rendimento nominal	Tempo operação (h)	Potência real (kW)	Consumo ano (kWh/ano)	Custo dos equipamentos (R\$)					
19	Motor 50 CV	88,0%	8.760	36,80	6.124,992	191.626,02	Motor 50 CV AR	95,0%	8.760	34,09	5.673,677	R\$ 267,432,41	R\$ 126,368,26	2,12	451.315	451,32	7%
11	Motor 75 CV	89,0%	8.760	55,20	5.319,072	183.866,27	Motor 75 CV AR	96,0%	8.760	51,18	4.931,223	R\$ 256,602,94	R\$ 108,597,72	2,36	387.849	387,85	7%
12	Motor 100 CV	91,0%	8.760	73,60	7.736,832	235.437,00	Motor 100 CV AR	96,0%	8.760	69,77	7.333,872	R\$ 328,574,88	R\$ 112,828,80	2,91	402.960	402,96	5%
2	Motor 125 CV	91,0%	8.760	92,00	1.611,840	59.062,44	Motor 125 CV AR	96,1%	8.760	87,12	1.526,300	R\$ 82,427,28	R\$ 23,951,17	3,44	85.540	85,54	5%
12	Motor 150 CV	92,0%	8.760	110,40	11.605,248	386.318,28	Motor 150 CV AR	96,2%	8.760	105,58	11.098,574	R\$ 539,144,04	R\$ 141,868,73	3,80	506.674	506,67	4%
<b>TOTAL</b>					<b>32.397.984</b>	<b>1.056.310</b>					<b>30.563.646</b>	<b>R\$ 1.474.182</b>	<b>R\$ 513.615</b>	<b>2,87</b>	<b>1.834.338</b>	<b>1.834,34</b>	<b>6%</b>

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 46: Cálculo da economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento

Quando se trata de energia térmica, as unidades já estavam no patamar de eficiência e não se encontrou oportunidades de redução.

## Indicadores energéticos

A Tabela 47 ilustra o consumo específico por insumo.

Fonte	Valor Médio	Faixa de variação
	tep/t de trigo	tep/t de trigo
Eletricidade	0,0110	0,00614 a 0,01324
Gás Natural	0,0003	0 a 0,00039
Total	0,0113	0,00614 a 0,01362
Total térmico	0,0003	0 a 0,00039
Total elétrico	0,0110	0,00614 a 0,01324

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 47: Consumos específicos por insumo

A partir dos dados coletados no âmbito desta pesquisa, a indústria de produção de trigo apresenta consumo específico médio calculado de 0,0113 tep/t, variando de 0,00614tep/t a 0,01362 tep/t. Essa variação deve-se ao fato da diferença entre o tipo de processo das unidades visitadas. A moagem de trigo tem um consumo

específico menor do que a fabricação de massas alimentícias e não utiliza energia térmica em seu processo.

As Tabelas 48 e 49 ilustram o rendimento e coeficiente de destinação após a realização das ações de eficiência.

### Rendimento Energético

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Gás Natural		92,0%			
Eletricidade	96,7%			92,0%	85,0%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 48: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de trigo

### Coeficientes de Destinação

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Gás Natural		100,0%			
Eletricidade	89,3%			3,1%	7,6%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 49: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento de trigo

## **Investimentos necessários para reposição de equipamentos de tecnologia mais eficiente**

Segue a lista de reposição para os equipamentos atuais, sendo que os preços foram obtidos em reais, direto com fornecedores, com base de 2017 e sem considerar transporte e instalação.

A quantidade refere-se a todas as oportunidades encontradas nas fábricas visitadas.

Medida	Fonte	Custo de Investimento atual (R\$/t produzida)	Custo de Investimento (R\$/t produzida)	% de economia	Economia de energia (tep/t produzida)	Economia - faixa (tep/t)
1- Substituição de motores por motores de alto rendimento	Etricidade	4,19	5,85	5,7%	0,00063	0,00063
2- Instalação de compressores de ar com inversor de frequência	Eletricidad e	1,61	2,29	13,6%	0,00009	0,00007 a 0,00013
3- Aumento da pressão de sucção do compressor da câmara fria	Eletricidad e	-	0,06	7,8%	0,00005	0,00005
4- Redução da pressão de ar	Eletricidad e	-	0,42	12,0%	0,00008	0,00008

Fonte: Mayekawa, Atlas Copco, Eletrizante Eficiência ano base 2017  
Tabela 50: Investimento para reposição de equipamentos

A Tabela 51 ilustra o potencial de economia de energia no subsegmento de trigo.

FONTE DE ENERGIA (tep/t)	FM	CP	Refrig	Ilum	Total (%)
Gás Natural		0,00			0,00%
ELETRICIDADE	0,001034		0,000224	0,000007	11,54%
TOTAL (%)	10,12%	0,00%	41,02%	1,89%	11,15%

Fonte: Elaboração própria  
Tabela 51: Potencial de economia

A refrigeração desponta como a principal potencial de economia de energia no subsegmento, isso se deve ao fato da falta de gestão de energia neste setor e o foco no atendimento ao processo.

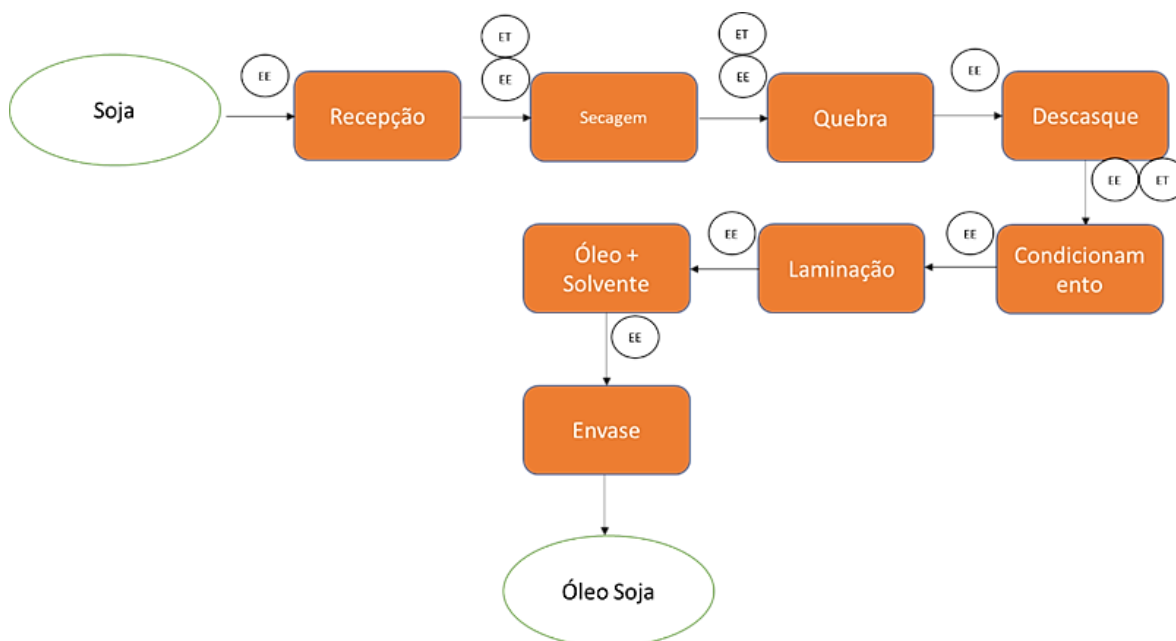
### c. Subsegmento de produção de óleos e gorduras (moagem de grãos, produção de farelo, óleos vegetais e gordura animal)

#### i. Situação atual

##### Produção, etapas de processo e equipamentos utilizados

Embora as empresas selecionadas sejam distintas em função da sua produção e ano de início de operação, essas utilizam o mesmo processo produtivo na produção de óleo de soja e apresentam algumas etapas fundamentais, como: Secagem, Descasque e Laminação como informado no capítulo 3.

Na Figura 10 é apresentado um fluxograma que indica as principais etapas do processo, bem como a utilização dos insumos energéticos por etapa.



Legenda: Energia Elétrica (EE), Energia Térmica (ET)

Fonte: Elaboração própria

Figura 10: Processo produtivo de óleo de soja

## Fontes de energia

O processo de produção de óleo utiliza a energia elétrica e a energia térmica como energéticos, sendo o consumo de energia elétrica destinado, na sua maioria, ao uso de força motriz.

## Principais equipamentos consumidores de energia

A maior potência instalada encontra-se na Peletização, localizado na casa de máquinas.

## Indicadores energéticos

O consumo de energia térmica dá-se basicamente no secador e Peletização. As unidades utilizam caldeiras a lenha para a geração de vapor.

Dessa forma, para melhor entendimento, são classificadas as principais etapas produtivas por unidade de serviço:

FORMAS DE ENERGIA					
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Refrigeração	Iluminação
Recebimento					
Secagem					
Quebra					
Descasque					
Condicionamento					
Laminação					
Envase					

Fonte: Elaboração própria

Tabela 52: Distribuição de unidade de serviço na produção de óleos e gorduras

### Rendimento energético

O conceito de rendimento energético refere-se apenas à primeira transformação de energia do processo produtivo e retrata a média dos rendimentos de transformação.

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Lenha		75,6%			
Eletricidade	82,9%				85,0%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 53: Rendimento energético atual, subsegmento de óleos e gorduras

### Coefficientes de Destinação

Os coeficientes de destinação referem-se à distribuição dos energéticos utilizados, em porcentagem, segundo os usos finais da energia.

A Tabela 54 ilustra a situação atual do subsegmento de óleos e gorduras.

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Lenha		100,0%			
Eletricidade	90,1%				9,9%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 54: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de óleos e gorduras

## Investimentos necessários para reposição de equipamentos

A Tabela 50 ilustra o investimento necessário para a reposição de equipamentos com mesmo nível de eficiência. No caso deste subsegmento, algumas ações foram de melhorias e não possuem investimento de reposição, como é o caso de instalação de inversores de frequência para modular a rotação de motores.

Equipamentos	Quantidade	Valor (R\$)
Motores de 100CV	30	R\$ 690.293,08

Fonte: WEG, ano base 2017

Tabela 55: Investimento para reposição de equipamentos com a mesma eficiência

## ii. Condições com tecnologias mais eficientes

### Produção, etapas de processo e oportunidades de eficiência energética

Com base na visita e nos estudos realizados, não haverá alteração tanto na produção quanto nas etapas de processo, a planta ficará com o mesmo fluxo de processo e produção.

As principais medidas de eficiência no consumo de energia elétrica foram encontradas no sistema motriz, como o caso da substituição de motor standard por motores de alto rendimento e a instalação de inversor de frequência para modulação da rotação de motores.

A Tabela 56 ilustra um exemplo da economia com a substituição de motores em uma das plantas visitadas.

Qtde Motores	Motor Atual						Motor Proposto						Economia Ano (R\$)	Pay back	Economia ano (kWh/ano)	% de economia
	Modelo	Rendimento nominal	Tempo operação (h)	Potência real (kW)	Consumo ano (kWh/ano)	Custo dos equipamentos (R\$)	Modelo	Rendimento nominal	Tempo operação (h)	Potência real (kW)	Consumo ano (kWh/ano)	Custo dos equipamentos (R\$)				
30	Motor 100 CV	89,0%	6.800	73,30	14.953,200	R\$ 690.293,08	Motor 100 CV AR	94,0%	6.800	69,40	14.157,817	R\$ 901.834,50	R\$ 238.614,89	3,78	795	5%
<b>TOTAL</b>		<b>89,0%</b>			<b>14.953,200</b>	<b>690.293</b>		<b>94,0%</b>			<b>14.157,817</b>	<b>R\$ 901.834,50</b>	<b>238.615</b>	<b>3,78</b>	<b>795</b>	<b>5%</b>

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 56: Cálculo de economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento

A Tabela 57 ilustra um exemplo da economia com a instalação de inversores de frequência em ventiladores da torre de resfriamento e no motor da massa expandida de uma das unidades visitadas.



Carga	Torre resfriamento	Massa expandida	Unidade
<b>Potência</b>	30CV	25CV	CV
<b>Quantidade</b>	2	2	unid
<b>Potência</b>	22,08	18,4	kW
<b>Horas funcionamento</b>	4.800	4.800	horas/ano
<b>Consumo atual</b>	211.968	176.640	kWh/ano
<b>% Economia com Inversor</b>	15%	20%	%
<b>Consumo proposto</b>	180.173	141.312	kWh/ano
<b>Economia energia</b>	31.795	35.328	kWh/ano
<b>Custo Inversores</b>	8.700	15.360	R\$
<b>Saving anual</b>	12.561	13.957	R\$/ano
<b>Pay back</b>	8,31	13,21	meses
<b>Investimento atual (R\$)</b>	R\$ 5.890,00	R\$ 7.178,00	R\$ 13.068,00
<b>Custo de Investimento melhorado (R\$)</b>	8.700	15.360	24.060

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 57: Cálculo de economia de energia com a instalação de inversor de frequência

Quando se trata de energia térmica, vê-se a importância de aumentar o retorno de condensado, visto que essa água quente pode minimizar o consumo de água ambiente na caldeira e posterior consumo de combustível para aquecê-la. A Tabela 58 ilustra um exemplo da economia de combustível devido ao aumento de retorno de condensado de 60% para 90%.

<b>Temp. Água alimentação Caldeira</b>	23	°C
<b>Temp. Água retorno condensado</b>	80	°C
<b>Aumento da temperatura de reposição</b>	57	°C
<b>Vazão Condensado</b>	2950	kg/h
<b>Horas de funcionamento</b>	6.000,00	h/ano
<b>PCI Lenha (50% umidade)</b>	3.100	kcal/kg
<b>Custo combustível</b>	60	R\$/m3
<b>SAVING ANO</b>	<b>R\$ 28.716,32</b>	<b>R\$/ano</b>
<b>ECONOMIA COMBUSTÍVEL</b>	<b>478,61</b>	<b>m3 /ano</b>
Investimento atual (R\$)	R\$ 55.000,00	
Custo de Investimento melhorado (R\$)	R\$ 89.000,00	
Economia (tep)	57,86338235	
PCI	0,31	tep/t
Densidade	390	kg/m <sup>3</sup>
Consumo atual	4.890	
% economia	1,18%	

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 58: Cálculo de economia de energia com o aumento do retorno de condensado de 60% para 90%

## Indicadores energéticos

A Tabela 59 ilustra o consumo específico por insumo.

Fonte	Valor Médio	Faixa de variação
	tep/t de óleo	tep/t de óleo
Eletricidade	0,003	0,0031 a 0,0036
Lenha	0,001	0,0011 a 0,0015
Total	0,005	0,0042 a 0,005
Total térmico	0,001	0,0011 a 0,0015
Total elétrico	0,003	0,0031 a 0,0036

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas  
Tabela 59: Consumos específicos por insumo

A partir dos dados coletados no âmbito desta pesquisa, a indústria de produção de óleo apresenta consumo específico médio calculado de 0,005 tep/t. A variação deve-se ao fato da diferença entre o tipo de processo das unidades visitadas.

As Tabelas 60 e 61 ilustram o rendimento e coeficiente de destinação após a realização das ações de eficiência.

### Rendimento Energético

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Gás Natural		92,0%			
Eletricidade	96,7%			92,0%	85,0%

Fonte: Elaboração própria  
Tabela 60: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de óleo

### Coeficientes de Destinação

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Gás Natural		100,0%			
Eletricidade	89,3%			3,1%	7,6%

Fonte: Elaboração própria  
Tabela 61: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento de óleo

## Investimentos necessários para reposição de equipamentos de tecnologia mais eficiente

Segue a lista de reposição para os equipamentos atuais, sendo que os preços foram obtidos em reais, direto com fornecedores, com base de 2017 e sem considerar transporte e instalação.

A quantidade refere-se a todas as oportunidades encontradas nas fábricas visitadas.

Medida	Fonte	Custo de Investimento atual (R\$/t produzida)	Custo de Investimento (R\$/t produzida)	% de economia	Economia de energia (tep/t produzida )	Economia - faixa (tep/t)
1- Substituição de motores por motores de alto rendimento	Eletricidade	4,19	5,85	5,7%	0,00063	0,00063
2- Instalação de compressores de ar com inversor de frequência	Eletricidade	1,61	2,29	13,6%	0,00009	0,00007 a 0,00013
3- Aumento da pressão de sucção do compressor da câmara fria	Eletricidade	-	0,06	7,8%	0,00005	0,00005
4- Redução da pressão de ar	Eletricidade	-	0,42	12,0%	0,00008	0,00008

Fonte: Mayekawa, Atlas Copco, Eletrizante Eficiência ano base 2017  
Tabela 62: Investimento para reposição de equipamentos

A Tabela 63 ilustra o potencial de economia de energia no subsegmento de óleos e gorduras.

FONTE DE ENERGIA (tep/t)	FORÇA MOTRIZ	CALOR DE PROCESSO	Ilum	Total (%)
LENHA	-	0,00014	-	11,02%
ELETRICIDADE	0,00043	-	-	12,87%
TOTAL (%)	14,29%	11,02%	0,00%	12,35%

Fonte: Elaboração própria  
Tabela 63: Potencial de economia

A força motriz e o calor de processo estão como os principais setores com potencial de economia de energia no subsegmento.

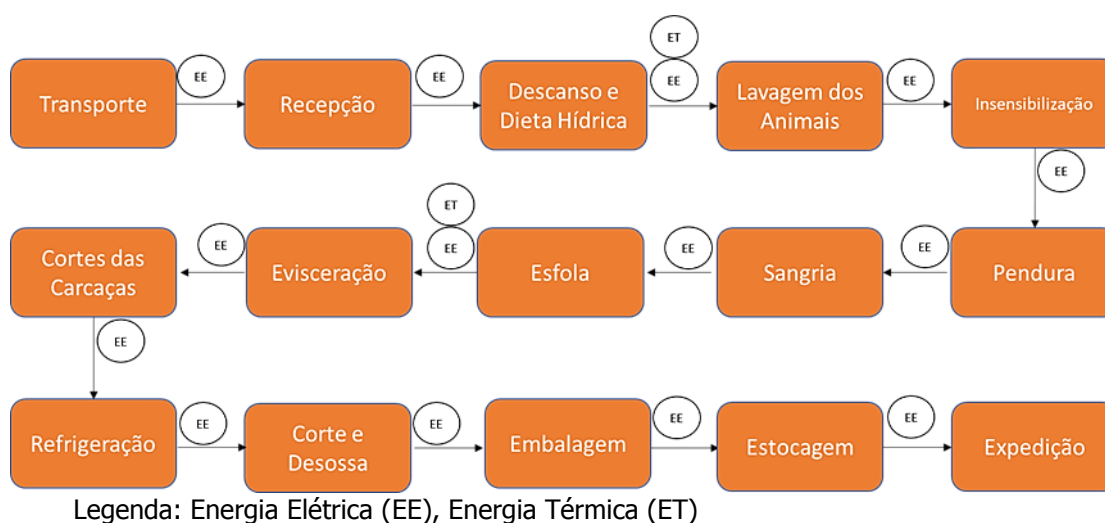
## d. Subsegmento de abate de animais e produção de carnes e derivados

### i. Situação atual

#### Produção, etapas de processo e equipamentos utilizados

Embora as empresas selecionadas sejam distintas em função da sua produção e ano de início de operação, essas utilizam o mesmo processo produtivo no abate e produção de carnes, e apresentam algumas etapas fundamentais, como: limpeza, sangria e corte e desossa, como informado no capítulo 3.

Na Figura 11 é apresentado um fluxograma que indica as principais etapas do processo bem como a utilização dos insumos energéticos por etapa.



Fonte: Elaboração própria

Figura 11: Processo produtivo de abate de carnes

#### Fontes de energia

O processo de produção de carnes utiliza energia elétrica e energia térmica como energéticos, sendo o consumo de energia elétrica destinado, na sua maioria, ao uso de força motriz e refrigeração.

#### Principais equipamentos consumidores de energia

A maior potência instalada encontra-se na casa de máquinas.

#### Indicadores energéticos

O consumo de energia térmica se dá nos secadores, limpeza geral (CIP) e escaldagem.

Dessa forma, para melhor entendimento, são classificadas as principais etapas produtivas por unidade de serviço:

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Refrigeração	Iluminação
Recebimento					
Limpeza					
Sangria					
Evisceração					
Corte					
Embalagem					

Fonte: Elaboração própria

Tabela 64: Distribuição de unidade de serviço no subsegmento de abate

### Rendimento energético

O conceito de rendimento energético refere-se apenas à primeira transformação de energia do processo produtivo e retrata a média dos rendimentos de transformação.

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Gás Natural		85,1%			
Lenha		70,4%			
Eletricidade	82,4%			73,0%	65,0%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 65: Rendimento energético atual, subsegmento de abate de carnes

### Coefficientes de Destinação

Os coeficientes de destinação referem-se à distribuição dos energéticos utilizados em porcentagem segundo os usos finais da energia.

A Tabela 66 ilustra a situação atual do subsegmento de abate de carnes.

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Gás Natural		100,0%			
Lenha		100,0%			
Eletricidade	52,1%			39,5%	8,3%

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 66: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de abate

## Investimentos necessários para reposição de equipamentos

A Tabela 67 ilustra o investimento necessário para a reposição de equipamentos com mesmo nível de eficiência. No caso deste subsegmento, algumas ações foram de melhorias e não possuem investimento de reposição, como é o caso de instalação de inversores de frequência para modular a rotação de motores, redução da pressão de ar comprimido, instalação do controle automático da pressão de descarga no sistema de refrigeração e instalação de economizador da caldeira.

Equipamentos	Quantidade	Valor	Unidade moeda
Motor 450 cv	1	96.900,58	R\$
Motor 650 cv	1	99.514,92	R\$
Lâmpada fluorescente de 32W	100	854,68	R\$

Fonte: WEG e BRLUX, ano base 2017

Tabela 67: Investimento em equipamentos de mesma eficiência

## ii. Condições com tecnologias mais eficientes

### Produção, etapas de processo e oportunidades de eficiência energética

Com base na visita e nos estudos realizados, não haverá alteração tanto na produção quanto nas etapas de processo, a planta ficará com o mesmo fluxo de processo e produção.

As principais medidas de eficiência no consumo de energia elétrica foram encontradas na casa de máquinas. O controle da pressão de descarga nos compressores de amônia, a instalação de inversor de frequência, a redução da pressão de ar comprimido, substituição de motores standard por motores de alto rendimento e a substituição de lâmpadas convencionais por LED mostraram-se como ações viáveis.

A Tabela 68 ilustra um exemplo da economia com a redução da pressão de ar comprimido em uma das unidades. Segundo Atlas Copco 2011, a cada 1bar reduzido na pressão do compressor, tem-se 8% de economia de eletricidade. Portanto, a pressão de trabalho deve ser a menor possível, que atenda os requisitos dos equipamentos consumidores mais a perda de carga da rede (tubulação, válvulas, filtros, etc).



Redução da pressão de ar comprimido		
<b>Potência compressores:</b>	184	kW
<b>Pressão Atual:</b>	8,0	bar
<b>Pressão Sugerida:</b>	6,0	bar
<b>Horas funcionamento:</b>	4.800	horas/ano
<b>Economia consumo:</b>	141.312	kWh/ano
<b>Custo energia:</b>	0,300	R\$/kWh
<b>Saving anual:</b>	R\$ 42.393,60	R\$/ano

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 68: Cálculo de economia de energia com a redução da pressão de ar comprimido

Nos sistemas de refrigeração deve-se obter a menor pressão de descarga nos compressores de amônia. Segundo Salvador, a cada 1 bar reduzido na pressão de descarga do compressor de amônia, tem-se 3% de economia de energia.

A Tabela 69 ilustra a memória de cálculo de economia com o controle automático da pressão de descarga em compressores de refrigeração. A pressão de descarga ótima é calculada através dos dados da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar.

Regime	Pressão descarga	% Slide Valve	kW	Temperatura ambiente	% umidade relativa do ar	Pressão descarga ótima	Delta P descarga	Redução demanda PD (kW)
Regime 10°C	11,6 bar	100	1472	30	58%	10,75	0,85 bar	51,52 kW

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 69: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de descarga nos compressores de refrigeração

<b>Horas funcionamento ano:</b>	4.800
<b>Custo energia (R\$/kWh)</b>	0,300
<b>Consumo atual</b>	7.065.600
<b>Consumo Proposto</b>	6.818.304
<b>Redução de consumo:</b>	247.296 kWh
<b>Saving (R\$/ano)</b>	R\$ 74.188,80
<b>% economia</b>	4%

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 70: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de descarga nos compressores de refrigeração

Outra ação com grande impacto é a substituição de 5 (cinco) compressores de amônia de baixo rendimento por 2 (dois) compressores de maior rendimento com inversor de frequência.

Situação Atual								
Item	Compressor	Qtde	Carregamento	Tempo funcionamento (h/ano)	Carga térmica nominal (Mcal/h)	Carga térmica total (Mcal)	Pot (kW)	Consumo (kWh)
1	Compressor Mycom 8B 200CV	1	100%	3.500	674	228,97	147,2	515.200
1	Compressor Mycom 8B 125CV	1	100%	3.500	374,2	127,08	92	322.000
1	Compressor SABROE 75CV	1	100%	2.000	240	46,58	55,2	110.400
1	Compressor SABROE 60CV	1	100%	900	190	16,59	44,16	39.744
1	Compressor SABROE 50CV	1	50%	900	150	6,55	36,8	33.120
<b>TOTAL</b>					<b>150,00</b>	<b>426</b>	<b>36,80</b>	<b>1.020.464</b>

Situação Proposta - 2 Novos compressores								
Item	Compressor	Qtde	Carregamento	Tempo funcionamento (h/ano)	Carga térmica nominal (Mcal/h)	Carga térmica total (Mcal)	Pot (kW)	Consumo (kWh)
1	Compressor Sabroe 128HR - 160kW	2	60%	4.100	575,62	420,28	141,312	579.379
<b>TOTAL</b>					<b>575,62</b>	<b>420</b>	<b>141,31</b>	<b>579.379</b>

Custo energia (R\$/kWh)	0,350
Redução de consumo:	441.085 kWh
Saving (R\$/ano)	R\$ 154.379,68
% economia	0,432239452

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 71: Cálculo da economia de energia com a substituição do compressor de amônia

A Tabela 72 ilustra um exemplo da economia com a substituição de motores em uma das plantas visitadas.

Qtde Motores	Motor Atual						Motor Proposto						Economia Ano (R\$)	Pay back	Economia ano (MWh/ano)	% de economia
	Modelo	Rendimento nominal	Tempo operação (h)	Potência real (kW)	Consumo ano (kWh/ano)	custo do equipamento atual	Modelo	Rendimento nominal	Tempo operação (h)	Potência real (kW)	Consumo ano (kWh/ano)	Custo Motor do equipamento				
2	Motor 450 CV	85,0%	4.080	331,20	2.702.592	193.801	Motor 450 CV AR	95,0%	4.080	296,34	2.418.109	R\$ 270.823,30	R\$ 99.569,18	2,72	284	11%
1	Motor 650 CV	87,2%	4.080	478,40	1.951.872	99.515	Motor 650 CV AR	96,0%	4.080	434,55	1.772.950	R\$ 139.065,01	R\$ 62.622,56	2,22	179	9%
<b>TOTAL</b>		<b>86,1%</b>			<b>4.654.464</b>	<b>293.316</b>		<b>95,5%</b>			<b>4.191.059</b>	<b>R\$ 409.888</b>	<b>R\$ 162.192</b>	<b>2,53</b>	<b>463,40</b>	<b>10%</b>

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 72: Cálculo da economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento

A Tabela 73 ilustra a economia de energia com a substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares de 32W por tuboled de 18W.

ILUMINAÇÃO - SISTEMA ATUAL							
0					<b>TOTAL</b>	Fábrica em geral	
1	Tipo de equipamento / tecnologia					Fluorescente tubular	
	Quantidade de luminárias				<b>100</b>	100	
2	Lâmpadas	Potência	W	$pla_i$		32,00	
		Quantidade		$qla_i$	<b>100</b>	100	
3	Reatores	Potência	W	$pra_i$		8,00	
		Quantidade		$qra_i$	<b>100</b>	100	
4	Potência instalada		kW	$Pa_i$	<b>4,00</b>	4,00	
5	Tempo de utilização do sistema, em um dia		h/dia			15,00	
	Dias de utilização do sistema, em um ano		dia/ano			300,00	
	Funcionamento		h/ano	$ha_i$		4.500,00	
6	Horas de utilização em horário de ponta, em um dia		h/dia	$nupa_i$		3,00	
	Dias úteis de utilização em horário de ponta, em um mês		dia/mês	$nda_i$		22,00	
	Meses de utilização em horário de ponta, em um ano		mês/ano	$nma_i$		12,00	
	Potência média na ponta			kW	$da_i$	<b>4,00</b>	4,00
	Fator de coincidência na ponta			$FCPa_i$		1,00	
7	Energia consumida			MWh/ano	$Ea_i$	<b>18,00</b>	18,00
8	Demanda média na ponta			kW	$Da_i$	<b>4,00</b>	4,00

ILUMINAÇÃO - SISTEMA PROPOSTO					
				TOTAL	Fábrica em geral
9	Tipo de equipamento / tecnologia				LED tubular
	Quantidade de luminárias			100	100
10	Lâmpadas	Potência	W	$plp_i$	18,00
		Quantidade		$qlp_i$	100
11	Reatores	Potência	W	$prp_i$	0,00
		Quantidade		$qrp_i$	0
12	Potência instalada	kW	$Pp_i$	1,80	1,80
13	Tempo de utilização do sistema, em um dia		h/dia		15,00
	Dias de utilização do sistema, em um ano		dia/ano		300,00
	Funcionamento		h/ano	$hp_i$	4.500,00
14	Horas de utilização em horário de ponta, em um dia		h/dia	$nup_i$	3,00
	Dias úteis de utilização em horário de ponta, em um mês		dia/mês	$ndp_i$	22,00
	Meses de utilização em horário de ponta, em um ano		mês/ano	$nmp_i$	12,00
	Potência média na ponta		kW	$dp_i$	1,80
	Fator de coincidência na ponta			$FCP_i$	1,00
15	Energia consumida	MWh/ano	$Ep_i$	8,10	8,10
16	Demanda média na ponta	kW	$Dp_i$	1,80	1,80

ILUMINAÇÃO - RESULTADOS ESPERADOS					
				TOTAL	Fábrica em geral
17	Energia economizada	kWh/ano		9.900,00	9.900,00
18	Custo energia	R\$/MWh		350,00	350,00
19	Saving anual	R\$		3.465.000,00	3.465.000,00
20	Investimento	R\$		1.800,00	1.800,00

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 73: Cálculo da economia de energia com a substituição de lâmpadas convencionais por LED

Quando se trata de energia térmica, a instalação de economizar na caldeira e o aumento do retorno de condensado mostraram-se atrativos.

A Tabela 74 ilustra a economia com o aumento do retorno de condensado de 55% para 90%.

Temp. Água alimentação Caldeira	26	°C
Temp. Água retorno condensado	80	°C
Aumento da temperatura de reposição	54	°C
Vazão Condensado	20000	kg/h
Horas de funcionamento	4.080,00	h/ano
PCI Lenha (50% umidade)	3.100	kcal/kg
Custo combustível	62	R\$/m3
SAVING ANO	R\$ 129.600,00	R\$/ano
ECONOMIA COMBUSTÍVEL	2.090,32	m3 /ano
Investimento atual (R\$)	42.354,00	
Custo de Investimento melhorado (R\$)	80.000,00	
Economia (tep)	252,72	
PCI	0,31	tep/t
Densidade	390	kg/m <sup>3</sup>
Consumo atual	4.032	
% economia	51,84%	

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 74: Cálculo da economia de energia com o aumento do retorno de condensado de 55% para 90%

Outra ação relevante para redução do consumo de energia térmica é a instalação de economizador na caldeira de gás natural. A Tabela 75 ilustra a memória de cálculo dessa ação em uma das unidades.

3- Instalação de economizador na caldeira		
Consumo atual:	3.545.937	m3/ano
% Economia	3%	bar
Consumo proposto	3.439.559	m3/ano
Economia	106.378	m3/ano
Custo energia	1,64	R\$/m3
Saving Anual	174.942,222	R\$/ano
% Economia	0,03	
pci	0,00088	
Economia (tep/ano)	93,6127463	

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 75: Cálculo de economia de energia com a instalação de economizador na caldeira

## Indicadores energéticos

A Tabela 76 ilustra o consumo específico por insumo. As Tabelas 77 e 78 ilustram o rendimento e o coeficiente de destinação após a realização das ações de eficiência.

Fonte	Valor Médio	Faixa de variação
	tep/ unid	tep/ unid
Eletricidade	0,00007	0,00004 a 0,003
Gás Natural	0,00005	0,00005
Lenha	0,00003	0,00002 a 0,00405
Total	0,00015	0,00007 a 0,00705
Total térmico	0,00008	0,00002 a 0,00405
Total elétrico	0,00007	0,00004 a 0,003

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas  
Tabela 76: Consumos específicos por insumo

A partir dos dados coletados no âmbito desta pesquisa, a indústria de produção de abate de carne apresenta consumo específico médio calculado de 0,00015 tep/unid. A variação pode ser explicada pela diferença do processo entre as unidades, visto que neste subsegmento foi visitado abate de aves, de bovinos e suínos, sendo que o processo produtivo é diferente para cada caso.

## Rendimento Energético

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Gás Natural		85,1%			
Lenha		70,4%			
Eletricidade	82,4%			73,0%	65,0%

Fonte: Elaboração própria  
Tabela 77: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de abate de carne

## Coeficientes de Destinação

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Gás Natural		100,0%			
Lenha		100,0%			
Eletricidade	52,1%			39,5%	8,3%

Fonte: Elaboração própria  
Tabela 78: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento de abate de carne



## Investimentos necessários para reposição de equipamentos de tecnologia mais eficiente

Segue a lista de reposição para os equipamentos atuais, sendo que os preços foram obtidos em reais, direto com fornecedores, com base de 2017 e sem considerar transporte e instalação.

A quantidade refere-se à soma de todas as oportunidades encontradas nas fábricas visitadas.

Medida	Fonte	Custo de Investimento atual (R\$/t produzida)	Custo de Investimento (R\$/t produzida)	% de economia	Economia de energia (tep/t produzida)	Economia - faixa (tep/t)
1- Substituição de motores por motores de alto rendimento	Eletricidade	0,012	0,0171	9,96%	0,000002	0,0000020
2- Instalação de um inversor de frequência	Eletricidade	6,744	20,9302	43,22%	0,000882	0,0008820
3- Aumentar o retorno de condensado	Lenha	0,002	0,0033	51,84%	0,000011	0,0000110
4 - Controle automático da pressão de descarga	Eletricidade	-	0,0039	3,54%	0,000002	0,000001 a 0,000077
5 - Substituição das lâmpadas por LED	Eletricidade	0,00004	0,0001	55,00%	0,00000004	0,00000004
6- Instalação de economizador na caldeira	Gás natural	-	0,0043	3,00%	0,000003	0,000003
7- Redução da pressão de ar comprimido	Eletricidade	-	0,0013	16,00%	0,0000008	0,0000003 a 0,0000295

Fonte: Mayekawa, Atlas Copco, Spirax Sarco, Allborg, WEG, Eletrizante Eficiência ano base 2017

Tabela 79: Investimento para reposição de equipamentos

A Tabela 80 ilustra o potencial de economia de energia no subsegmento de abate de carnes.

FONTE DE ENERGIA (tep/t)	FORÇA MOTRIZ	CALOR DE PROCESSO	AD	Refrig	Ilum	Total (%)
GÁS NATURAL	-	0,000007	-	-	-	7,50%
LENHA	-	0,000008	-	-	-	17,21%
ELETRICIDADE	0,000005	-	-	0,000006	0,000001	17,82%
TOTAL (%)	14,75%	24,71%	0,00%	20,66%	23,54%	13,28%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 80: Potencial de economia

Neste subsegmento, observou-se oportunidades de redução de energia em vários setores, tais como: calor de processo, iluminação, refrigeração e força motriz.

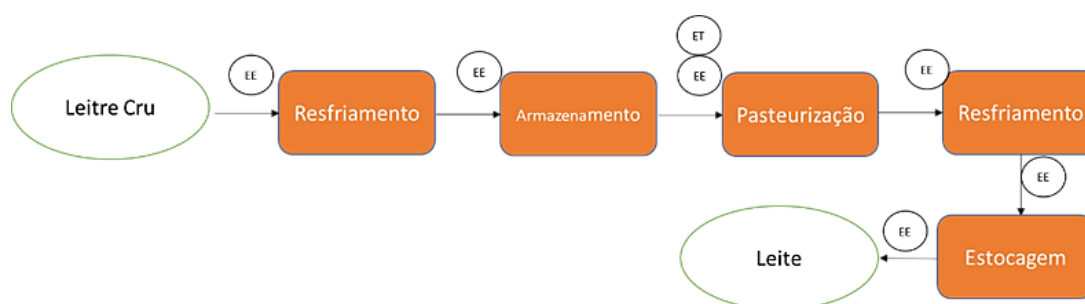
## e. Subsegmento de beneficiamento de leite e fabricação de produtos lácteos

### i. Situação atual

#### Produção etapas de processo e equipamentos utilizados

Embora as empresas selecionadas sejam distintas em função da sua produção e ano de início de operação, essas utilizam o mesmo processo produtivo na produção de leite, e apresentam algumas etapas fundamentais, como: Resfriamento e Pasteurização, como informado no capítulo 3.

Na Figura 12 é apresentado um fluxograma que indica as principais etapas do processo, bem como a utilização dos insumos energéticos por etapa.



Legenda: Energia Elétrica (EE), Energia Térmica (ET)

Fonte: Elaboração própria

Figura 12: Processo produtivo de beneficiamento de leite

#### Fontes de energia

O processo de produção de leite utiliza a energia elétrica e energia térmica como energéticos, sendo o consumo de energia elétrica destinado, na sua maioria, ao uso de força motriz e refrigeração.

#### Principais equipamentos consumidores de energia

A maior potência instalada encontra-se no sistema de refrigeração, localizado na casa de máquinas.

#### Indicadores energéticos

O consumo de energia térmica dá-se basicamente no pasteurizador. As unidades utilizam caldeiras a lenha ou óleo combustível para a geração de vapor.

Dessa forma, para melhor entendimento, são classificadas as principais etapas produtivas por unidade de serviço:

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Refrigeração	Iluminação
Recebimento					
Pré-Resfriamento					
Armazenamento					
Pasteurização					
Resfriamento					
Armazenagem					
Envase					

Fonte: Elaboração própria

Tabela 81: Distribuição de unidade de serviço no beneficiamento de leite

### Rendimento energético

O conceito de rendimento energético refere-se apenas à primeira transformação de energia do processo produtivo e retrata a média dos rendimentos de transformação.

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Lenha		70,0%			
Óleo Combustível		85,0%			
Eletricidade	86,3%			74,4%	85,0%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 82: Rendimento energético atual, subsegmento de beneficiamento de leite

### Coefficientes de Destinação

Os coeficientes de destinação referem-se à distribuição dos energéticos utilizados, em porcentagem, segundo os usos finais da energia.

A Tabela 83 ilustra a situação atual do subsegmento de beneficiamento de leite

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Lenha		100,0%			
Óleo Combustível		100,0%			
Eletricidade	49,9%			44,6%	5,5%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 83: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de beneficiamento de leite

## Investimentos necessários para reposição de equipamentos

A Tabela 84 ilustra o investimento necessário para a reposição de equipamentos com mesmo nível de eficiência. No caso deste subsegmento, algumas ações foram de melhorias e não possuem investimento de reposição, como é o caso da instalação de inversores de frequência para modular a rotação de motores, redução da pressão de ar comprimido, instalação do controle automático da pressão de descarga e sucção no sistema de refrigeração e substituição de água gelada por etanol para refrigeração.

Equipamentos	Quantidade	Valor	Unidade moeda
Bombas de retorno de condensado	1	35.890,00	R\$

Fonte: Spirax Sarco, ano base 2017

Tabela 84: Investimento em equipamentos de mesma eficiência

## ii. Condições com tecnologias mais eficientes

### Produção, etapas de processo e oportunidades de eficiência energética

Com base na visita e nos estudos realizados, não haverá alteração tanto na produção quanto nas etapas de processo, a planta ficará com o mesmo fluxo de processo e produção.

As principais medidas de eficiência no consumo de energia elétrica foram encontradas na casa de máquinas, principalmente no sistema de refrigeração. O controle da pressão de sucção e descarga nos compressores de amônia, a substituição de água por etanol no fluido secundário do sistema e a redução da pressão de ar comprimido foram ações que se demonstraram viáveis nas unidades visitadas.

A Tabela 85 ilustra um exemplo da economia com a redução da pressão de ar comprimido em uma das unidades. Segundo Atlas Copco 2011, a cada 1 bar reduzido na pressão do compressor, tem-se 8% de economia de eletricidade. Portanto, a pressão de trabalho deve ser a menor possível, que atenda os requisitos dos equipamentos consumidores mais a perda de carga da rede (tubulação, válvulas, filtros, etc).

Redução da pressão de ar comprimido		
<b>Potência compressores:</b>	44,16	kW
<b>Pressão Atual:</b>	9,0	bar
<b>Pressão Sugerida:</b>	6,5	bar
<b>Horas funcionamento:</b>	6.000	horas/ano
<b>Economia consumo:</b>	52.992	kWh/ano
<b>Custo energia:</b>	0,300	R\$/kWh
<b>Saving anual:</b>	R\$ 15.897,60	R\$/ano

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 85: Cálculo de economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento

Nos sistemas de refrigeração deve-se obter a menor pressão de descarga nos compressores de amônia. Segundo Salvador, a cada 1 bar reduzido na pressão de descarga do compressor de amônia, tem-se 3% de economia de energia.

A Tabela 86 ilustra a memória de cálculo de economia com o controle automático da pressão de descarga em compressores de refrigeração. A pressão de descarga ótima é calculada através dos dados da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar.

Regime	TAG	Pressão descarga	% Slide Valve	kW	Temperatura ambiente	% umidade relativa do ar	Pressão descarga ótima	Delta P descarga	Redução demanda PD (kW)
Regime -10°C	Chiller	12 bar	100	589	28	55%	10,35	1,65 bar	28,26 kW

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 86: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de descarga nos compressores de refrigeração

A Tabela 87 ilustra a economia de energia com a redução da pressão de descarga dos compressores.

<b>Horas funcionamento ano:</b>	6.000
<b>Custo energia (R\$/kWh)</b>	0,300
<b>Consumo atual</b>	3.532.800
<b>Consumo Proposto</b>	3.363.226
<b>Redução de consumo:</b>	169.574 kWh
<b>Saving (R\$/ano)</b>	R\$ 50.872,32

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 87: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de descarga nos compressores de refrigeração

Segundo Salvador 1999, para cada 0,1 bar aumentado na pressão de sucção, tem-se 3% de economia do consumo de eletricidade, com isso, a pressão de sucção no compressor deve ser a maior possível desde que atenda os requisitos do processo.

A Tabela 88 ilustra a memória de cálculo da economia de energia com o aumento da pressão de sucção nos compressores de refrigeração.

Regime	TAG	Set point	Pressão Sucção	% Slide Valve	kW	Pressão de sucção sugerida	Delta P sucção	Redução demanda PS (kW)
Regime -10°C	Sabroe 108 S/L	1,6 bar	1,6 bar	100	150	2,3	0,70	10,35 kW

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 88: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de sucção nos compressores de refrigeração

A Tabela 89 ilustra a economia de energia com o aumento da pressão de sucção dos compressores.

<b>Horas funcionamento ano:</b>	6.000
<b>Custo energia (R\$/kWh)</b>	0,300
<b>Consumo atual</b>	3.532.800
<b>Consumo Proposto</b>	3.363.226
<b>Redução de consumo:</b>	169.574 kWh
<b>Saving (R\$/ano)</b>	R\$ 50.872,32

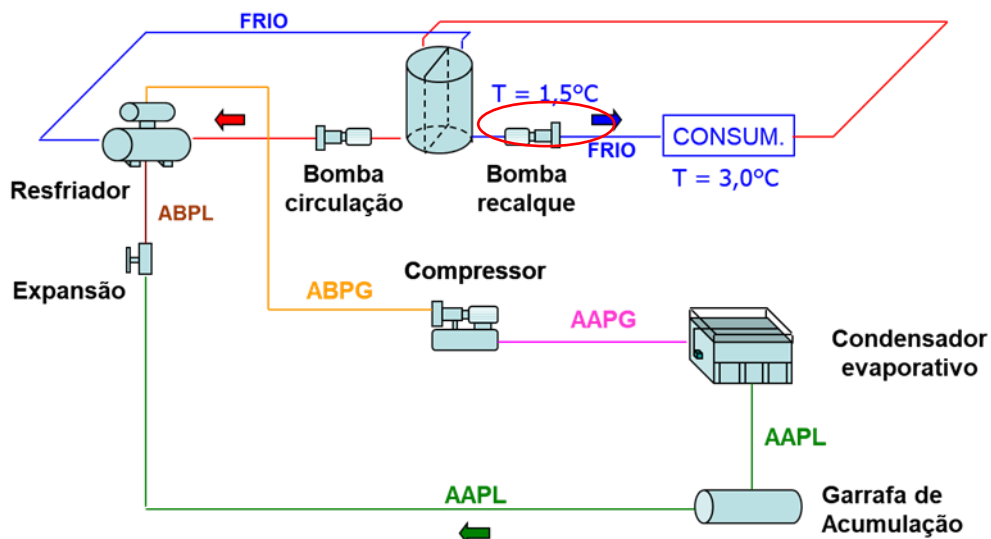
Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 89: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de sucção nos compressores de refrigeração

Outra ação com grande viabilidade encontrada foi a substituição da água gelada por etanol no sistema de refrigeração (fluido secundário), visto que o produto necessita ser refrigerado a uma temperatura de 3 °C. Substituindo a água gelada por etanol, consegue-se reduzir a temperatura do fluido de 1,5 °C para 0 °C.

A Figura 13 ilustra o fluxograma do processo atual.

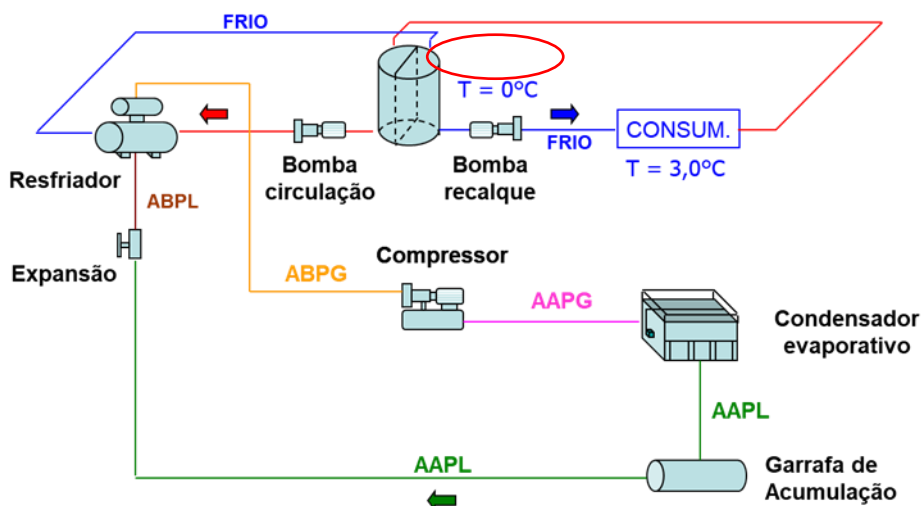




Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Figura 13: Fluxograma de refrigeração com água gelada

A Figura 14 ilustra o fluxograma do processo sugerido com a utilização de etanol (0 °C) ao invés de água gelada (1,5 °C).



Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Figura 14: Fluxograma de refrigeração com etanol

A Tabela 90 ilustra a memória de cálculo para a economia de energia com a substituição da água gelada pelo etanol (18%).

Calor Específico Teórico					
Água	1 cal/g°C				
Álcool etílico	0,58cal/g°C				
	Fluido	% utilizado	Calor específico fluido	Temp. Utilizada	Calor específico mistura
Situação Atual 26% de álcool	Álcool	0%	0,58	2,5°C	1,00cal/g°C
	Água	100%	1		
Situação Proposta 18% de álcool	Alcool	18%	0,58	0°C	0,92cal/g°C
	Água	82%	1		
Carga Térmica					
Situação Atual:	495.000	kcal/h	Melhoria na eficiência:		<b>2,71%</b>
Situação Proposta:	508.420	kcal/h			

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 90: Cálculo da melhoria de eficiência para substituir a água gelada pelo etanol (18%)

A Tabela 91 mostra a economia de energia com a melhoria térmica da utilização do etanol ao invés da água gelada.

<b>Carga térmica considerada</b>	<b>2.992.000</b>	<b>kcal/h</b>
<b>Melhoria na eficiência</b>	3%	%
<b>Carga térmica reduzida</b>	81.116	kcal/h
<b>COP médio</b>	4,8	
<b>Redução potência (kW)</b>	19,65	kW
<b>Economia energia (kWh/ano)</b>	<b>157.231,66</b>	<b>kWh</b>
<b>Custo Energia</b>	0,30	R\$/kWh
<b>Saving anual (R\$/ano)</b>	<b>47.169,50</b>	<b>R\$</b>

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 91: Cálculo de economia de energia com a melhoria térmica da utilização do etanol ao invés da água gelada

Quando se trata de energia térmica, vê-se a importância de aumentar o retorno de condensado, visto que essa água quente pode minimizar o consumo de água ambiente na caldeira e posterior consumo de combustível para aquecê-la. A Tabela 92 ilustra um exemplo da economia de combustível devido o aumento de retorno de condensado de 60% para 90%.

Temp. Água alimentação Caldeira	25	°C
Temp. Água retorno condensado	80	°C
Aumento da temperatura de reposição	55	°C
Vazão Condensado	2500	kg/h
Horas de funcionamento	8.000,00	h/ano
PCI Lenha (50% umidade)	3.100	kcal/kg
Custo combustível	60	R\$/m3
SAVING ANO	R\$ 31.309,30	R\$/ano
ECONOMIA COMBUSTÍVEL	521,82	m3 /ano

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 92: Cálculo de economia de de energia com o aumento do retorno de condensado de 60% para 90%

## Indicadores energéticos

A Tabela 93 ilustra o consumo específico por insumo. As Tabelas 94 e 95 ilustram o rendimento e o coeficiente de destinação após a realização das ações de eficiência.

Fonte	Valor Médio	Faixa de variação
	tep/t de leite	tep/t de leite
Eletricidade	0,331	0,372 a 0,066
Lenha	0,020	0 a 0,151
Óleo combustível	0,152	0 a 0,175
Total	0,503	0,547 a 0,217
Total elétrico	0,331	0,372 a 0,066
Total térmico	0,172	0,151 a 0,175

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 93: Consumos específicos por insumo

A partir dos dados coletados no âmbito desta pesquisa, a indústria de beneficiamento de leite apresenta consumo específico médio calculado de 0,503 tep/t, variando de 0,547tep/t a 0,217 tep/unid. Essa variação pode ser explicada pela diferença do processo entre as unidades, visto que neste subsegmento foi visitado uma indústria de beneficiamento de leite, fabricação de queijo e leite em pó e uma indústria de fabricação de produtos lácteos.

## Rendimento Energético

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Lenha		85,0%			
Óleo Combustível		90,0%			
Eletricidade	96,7%			92,0%	85,0%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 94: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de leite

## Coeficientes de Destinação

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Lenha		100,0%			
Óleo Combustível		100,0%			
Eletricidade	51,4%			43,0%	5,6%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 95: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento de leite

## Investimentos necessários para reposição de equipamentos de tecnologia mais eficiente

Segue a lista de reposição para os equipamentos atuais, sendo que os preços foram obtidos em reais, direto com fornecedores, com base de 2017 e sem considerar transporte e instalação.

A quantidade refere-se a todas as oportunidades encontradas nas fábricas visitadas.

Medida	Fonte	Custo de Investimento atual (R\$/t produzida)	Custo de Investimento (R\$/t produzida)	% de economia	Economia de energia (tep/t produzida)	Economia - faixa (tep/t)
1- Controle automático da pressão de descarga do compressor refrigeração	Eletricidade	-	14,63	3,6%	0,004021	0,00264 a 0,00634
2- Redução da pressão de ar comprimido	Eletricidade	-	23,91	20,0%	0,001981	0,001981
3 - Utilização de etanol ao invés de água gelada	Eletricidade	-	25,97	3,9%	0,003512	0,003512
4- Aumento da pressão de sucção do compressor da câmara fria	Eletricidade	-	1,30	2,1%	0,001850	0,001850
5- Aumentar o retorno de condensado de 60% para 90%	Lenha	9,32	12,99	10,9%	0,016387	0,016387

Fonte: Spirax Sarco, Mayekawa, Atlas Copco, Eletrizante Eficiência ano base 2017

Tabela 96: Investimento para reposição de equipamentos

A Tabela 97 ilustra o potencial de economia de energia no subsegmento de leite.

FONTE DE ENERGIA (tep/t)	FORÇA MOTRIZ	CALOR DE PROCESSO	Refrig	Total (%)
LENHA	-	0,02660		17,65%
ÓLEO COMBUSTÍVEL		0,009729		5,56%
ELETRICIDADE	0,00972	-	0,01541	13,92%
TOTAL (%)	10,80%	23,20%	19,14%	12,14%

Fonte: Elaboração própria  
Tabela 97: Potencial de economia

Neste subsegmento observou-se oportunidades de redução de energia em vários setores, sendo os principais o calor de processo e a refrigeração.

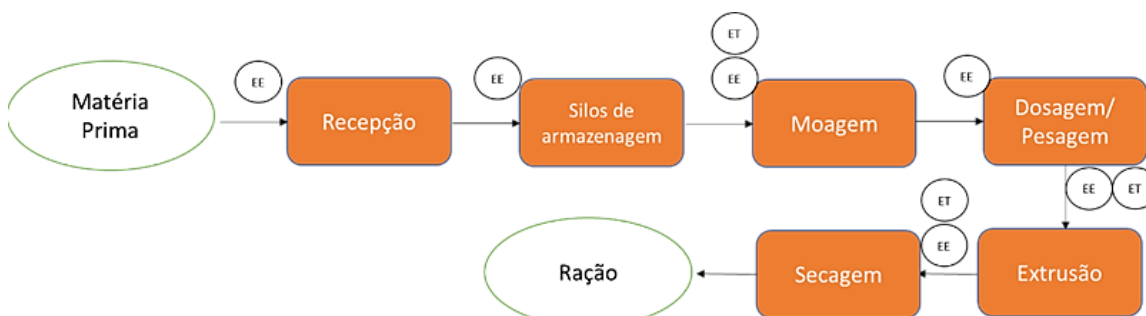
## f. Subsegmento de fabricação de rações e alimentos para animais

### i. Situação atual

#### Produção, etapas de processo e equipamentos utilizados

Embora as empresas selecionadas sejam distintas em função da sua produção e ano de início de operação, essas utilizam o mesmo processo produtivo na produção de ração, e apresentam algumas etapas fundamentais, como: recepção e armazenagem nos silos, moagem, dosagem/pesagem, extrusão e secagem, como informado no capítulo 3.

Na Figura 15 é apresentado um fluxograma que indica as principais etapas do processo, bem como a utilização dos insumos energéticos por etapa.



Legenda: Energia Elétrica (EE), Energia Térmica (ET)

Fonte: Elaboração própria  
Figura 15: Processo produtivo de Ração Animal

## Fontes de energia

O processo de produção da ração animal utiliza a energia elétrica e a energia térmica, sendo a energia elétrica o principal insumo energético, tendo como sistema motriz o principal consumidor.

## Principais equipamentos consumidores de energia

Sendo o consumo de energia elétrica destinado, na sua maioria, ao uso de força motriz, os equipamentos que mais consomem energia são os motores elétricos. A maior potência instalada encontra-se nos moinhos, extrusoras e peletizadores.

## Indicadores energéticos

O consumo de energia térmica dá-se basicamente no secador (80% do consumo) e extrusora (20% do consumo).

Dessa forma, para melhor entendimento, são classificadas as principais etapas produtivas por unidade de serviço:

FORMAS DE ENERGIA	Distribuição de unidade de serviço				
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Refrigeração	Iluminação
Recepção					
Silos de armazenagem					
Moagem					
Dosagem/Pesagem					
Extrusão					
Secagem					

Fonte: Elaboração própria

Tabela 98: Distribuição de unidade de serviço na produção de ração

## Rendimento energético

O conceito de rendimento energético refere-se apenas à primeira transformação de energia do processo produtivo e retrata a média dos rendimentos de transformação.

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)		
	Força Motriz	Calor de Processo	Iluminação
Lenha	-	83,67	-
Eletricidade	78,53%	-	85,0%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 99: Rendimento energético atual, subsegmento de fabricação de rações e alimentos para animais



## Coefficientes de Destinação

Os coeficientes de destinação referem-se à distribuição dos energéticos utilizados, em porcentagem, segundo os usos finais da energia.

A Tabela 100 ilustra a situação atual do subsegmento de ração.

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)			
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Iluminação
Produtos da cana	-	100%	-	-
Eletricidade	96,9%	-	-	3,1%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 100: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de ração

## **Investimentos necessários para reposição de equipamentos**

A Tabela 102 ilustra o investimento para cada equipamento necessário para manter a mesma eficiência.

Equipamentos	Quantidade	Valor	Unidade moeda
Motor de baixo rendimento - 150CV	2	R\$ 64.118,60	R\$
Motor de baixo rendimento - 25CV	4	R\$ 20.678,96	R\$
Motor de 15CV	2	R\$ 7.145,00	R\$
Bombas de retorno de condensado	1	R\$ 25.964,00	R\$

Fonte: WEG e Spirax Sarco, ano base 2017

Tabela 101: Investimento necessário para manter a mesma eficiência

## **ii. Condições com tecnologias mais eficientes**

### **Produção, etapas de processo e oportunidades de eficiência energética**

Com base na visita e nos estudos realizados, não haverá alteração tanto na produção quanto nas etapas de processo, a planta ficará com o mesmo fluxo de processo e produção.

As principais medidas de eficiência no consumo de energia elétrica foram encontradas em força motriz. A substituição de motores standard por motores de alto rendimento mostrou-se a principal ação do segmento. Em algumas unidades, a instalação de inversores de frequência para modulação da velocidade dos motores mostrou-se viável também.

A Tabela 103 ilustra um exemplo da economia com a substituição de motores em uma das plantas visitadas.

Qtde Motores	Motor Atual					Motor Proposto					Custo Motor	Economia ano (kWh/ano)	Economia Ano (R\$)	Pay back
	Modelo	Rendimento nominal	Tempo operação (h)	Potência real (kW)	Consumo ano (kWh/ano)	Modelo	Rendimento nominal	Tempo operação (h)	Potência real (kW)	Consumo ano (kWh/ano)				
2	Motor 600 CV	85,0%	2.880	441,60	2.543.616	Motor 600 CV AR	97,0%	2.880	386,97	2.228.942	R\$ 278.131,94	314.674	R\$ 62.934,83	4,42
1	Motor 400 CV	82,4%	2.880	294,40	847.872	Motor 400 CV AR	95,3%	2.880	254,55	733.102	R\$ 118.612,04	114.770	R\$ 22.953,93	5,17
<b>TOTAL</b>		<b>83,7%</b>			<b>3.391.488</b>		<b>96,2%</b>			<b>2.962.044</b>	<b>R\$ 396.744</b>	<b>429.444</b>	<b>R\$ 85.889</b>	<b>4,62</b>

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 102: Cálculo de economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento

A instalação de inversores de frequência torna-se viável quando é possível a variação da velocidade do motor acionado pelo inversor, é o caso de exaustores dos silos, conforme ilustra o exemplo da Tabela 104.

Carga	Exaustores silos	
Quantidade	2	
Potência	22,08	kW
Horas funcionamento	2.880	horas/ano
Consumo atual	127.181	kWh/ano
% Economia com Inversor	15%	%
Consumo proposto	108.104	kWh/ano
Economia energia	19.077	kWh/ano
Custo Inversores	25.360	R\$
Saving anual	3.815	R\$/ano
Pay back	79,76	meses

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 103: Cálculo de economia de energia com a instalação de inversor de frequência nos exaustores dos silos

Quando se trata de energia térmica, vê-se a importância de aumentar o retorno de condensado, visto que essa água quente pode minimizar o consumo de água ambiente na caldeira e posterior consumo de combustível para aquecê-la. A Tabela 105 ilustra um exemplo da economia de combustível devido o aumento de retorno de condensado de 70% para 90%.

Temp. Água alimentação Caldeira	26	°C
Temp. Água retorno condensado	80	°C
Aumento da temperatura de reposição	54	°C
Vazão Condensado	3000	kg/h
Horas de funcionamento	6.823,00	h/ano
PCI Lenha (50% umidade)	3.100	kcal/kg
Custo combustível	60	R\$/m <sup>3</sup>
SAVING ANO	R\$ 31.460,89	R\$/ano
ECONOMIA COMBUSTÍVEL	524,35	m <sup>3</sup> /ano
Investimento atual (R\$)	25.964	
Custo de Investimento melhorado (R\$)	60.000	
Economia (tep)	63,39369706	tep
PCI	0,31	tep/t
Densidade	390	kg/m <sup>3</sup>
Consumo atual	13500	m <sup>3</sup>
% economia	3,8840607	

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 104: Cálculo de economia de energia com o aumento do retorno de condensado de 70% para 90%

## Indicadores energéticos

A Tabela 106 ilustra o consumo específico por insumo.

Fonte	Valor Médio	Faixa de variação
	tep/t	tep/t
Eletricidade	0,005	0,009 a 0,004
Lenha	0,011	0,032 a 0,004
Total	0,017	0,041 a 0,008
Total térmico	0,011	0,032 a 0,004
Total elétrico	0,005	0,009 a 0,004

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 105: Consumos específicos por insumo

A partir dos dados coletados no âmbito desta pesquisa, a indústria de produção de ração apresenta consumo específico médio calculado de 0,017 tep/unid, variando de 0,041tep/t a 0,008 tep/unid. Essa variação pode ser explicada pela diferença do processo entre as unidades, visto que neste subsegmento foram visitadas fábrica de ração para cães e gatos e fábrica de ração para aves.

## Rendimento Energético

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Iluminação	Outros
Lenha		85,0%			-
Eletricidade	95,5%		85,0%	95,5%	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 106: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de ração

## Coeficientes de Destinação

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Iluminação	Outros
Lenha		100,0%			-
Eletricidade	96,6%		3,4%	96,6%	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 107: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento de ração

## Investimentos necessários para reposição de equipamentos de tecnologia mais eficiente

Segue a lista de reposição para os equipamentos atuais, sendo que os preços foram obtidos em reais, direto com fornecedores, com base de 2017 e sem considerar transporte e instalação.

A quantidade refere-se a soma de todos os motores de baixo rendimento encontrados nas fábricas visitadas.

Medida	Fonte	Custo de Investimento atual (R\$/t produzida)	Custo de Investimento (R\$/t produzida)	% de economia	Economia de energia (tep/t produzida)	Economia - faixa (tep/t)
1- Substituição de motores por motores de alto rendimento	Eletricidade	1,46	2,71	11,6%	0,000296	0,00026 a 0,00039
2- Instalação de inversores de frequência no ventilador dos silos	Eletricidade	0,04	0,11	19,0%	0,000033	0,00001 a 0,00009
3- Aumentar o retorno de condensado de 70% para 90%	Lenha	0,52	1,19	3,9%	0,000108	0,00011 a 0,00011

Fonte: WEG, Danfoss ano base 2017

Tabela 108: Investimento para reposição de equipamentos com a mesma eficiência.

A Tabela 110 ilustra o potencial de economia de energia no subsegmento de ração.

FONTE DE ENERGIA (tep/t)	FORÇA MOTRIZ	CALOR DE PROCESSO	Ilum	Total (%)
GÁS NATURAL	-	-	-	
LENHA	-	0,00018	-	1,56%
ELETRICIDADE	0,000975	-	-	18,20%
TOTAL (%)	18,79%	1,56%	0,00%	6,92%

Fonte: Elaboração própria  
Tabela 109: Potencial de economia

Neste subsegmento o setor com maior potencial de redução de energia é a força motriz.

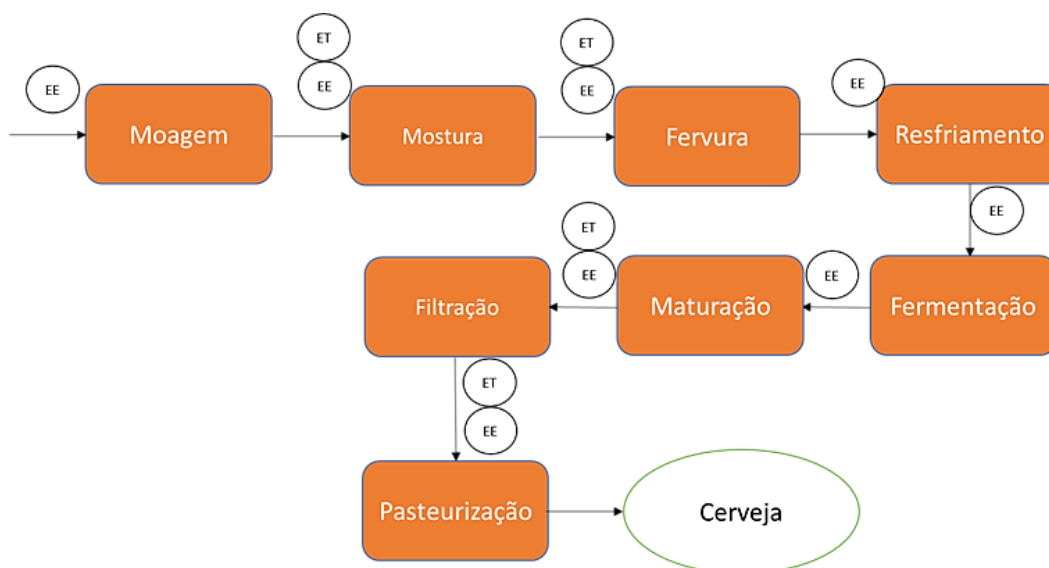
## g. Subsegmento de produção de bebidas

### i. Situação atual

#### Produção etapas de processo e equipamentos utilizados

Embora as empresas selecionadas sejam distintas em função da sua produção e ano de início de operação, essas utilizam o mesmo processo produtivo na produção de bebidas, e apresentam algumas etapas fundamentais, como: Resfriamento, Pasteurização, como informado no capítulo 3.

Na Figura 16 é apresentado um fluxograma que indica as principais etapas do processo, bem como a utilização dos insumos energéticos por etapa.



Legenda: Energia Elétrica (EE), Energia Térmica (ET)

Fonte: Elaboração própria  
Figura 16: Processo produtivo de Bebidas

## Fontes de energia

O processo de produção de bebidas utiliza a energia elétrica e a energia térmica como energéticos, sendo o consumo de energia elétrica destinado, na sua maioria, ao uso de força motriz e refrigeração.

## Principais equipamentos consumidores de energia

A maior potência instalada encontra-se no sistema de refrigeração, localizado na casa de máquinas.

## Indicadores energéticos

O consumo de energia térmica dá-se basicamente no processo de produção e no pasteurizador. A maioria das fábricas utilizam gás natural como insumo de geração de vapor, porém, em algumas unidades verificou-se a utilização de GLP como principal insumo.

Dessa forma, para melhor entendimento, são classificadas as principais etapas produtivas por unidade de serviço:

FORMAS DE ENERGIA					
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Refrigeração	Iluminação
Moagem					
Mostura					
Fervura					
Resfriamento					
Fermentação					
Maturação					
Filtração					
Pasteurização					
Envase					

Fonte: Elaboração própria

Tabela 110: Distribuição de unidade de serviço na produção de bebidas

## Rendimento energético

O conceito de rendimento energético refere-se apenas à primeira transformação de energia do processo produtivo e retrata a média dos rendimentos de transformação.



FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Gás Natural		79,5%	45,0%		
GLP		85,0%	50,0%		
Eletricidade	72,2%			83,7%	75,7%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 111: Rendimento energético atual, subsegmento de fabricação de bebidas

### Coeficientes de Destinação

Os coeficientes de destinação referem-se à distribuição dos energéticos utilizados, em porcentagem, segundo os usos finais da energia.

A Tabela 113 ilustra a situação atual do subsegmento de bebidas.

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Gás Natural	0,0%	88%	12%		
GLP		98%	2%		
Eletricidade	39,6%			57,7%	2,7%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 112: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de bebidas

### Investimentos necessários para reposição de equipamentos

A Tabela 114 mostra o investimento necessário para manter a mesma eficiência dos equipamentos.

Equipamentos	Quantidade	Valor	Unidade moeda
Lâmpada vapor sódio - 400W	825	67.650,00	R\$
Lâmpada fluorescente - 110W	228	3.705,00	R\$
Lâmpada fluorescente - 40W	714	6.854,40	R\$
Lâmpada fluorescente - 20W	50	232,50	R\$
Motor 30 CV	3	17.418,00	R\$
Motor 15 CV	3	8.868,00	R\$

Fonte: Elaboração própria

Tabela 113: Investimento necessário para manter a eficiência dos equipamentos

## ii. Condições com tecnologias mais eficientes

### Produção, etapas de processo e oportunidades de eficiência energética

Com base na visita e nos estudos realizados, não haverá alteração tanto na produção quanto nas etapas de processo, a planta ficará com o mesmo fluxo de processo e produção.

As principais medidas de eficiência no consumo de energia elétrica foram encontradas na casa de máquinas, em força motriz. A substituição de motores standard por motores de alto rendimento e a instalação de inversores de frequência para modulação da velocidade dos motores mostraram-se viáveis. Em uma das unidades, a substituição de lâmpadas ineficientes por LED mostrou-se atrativo.

A Tabela 115 ilustra um exemplo da economia com a substituição de motores em uma das plantas visitadas.

Qtde Motores	Motor Atual						Motor Proposto						Economia Ano (R\$)	Pay back	Economia de energia (MWh/ano)	% de economia
	Modelo	Rendimento nominal	Tempo operação (h)	Potência real (kW)	Consumo ano (kWh/ano)	Custo dos equipamentos (R\$)	Modelo	Rendimento nominal	Tempo operação (h)	Potência real (kW)	Consumo ano (kWh/ano)	Custo dos equipamentos (R\$)				
2	350 CV	75,0%	6.890	515,20	7.099.456	97.358	350 CV AR	97,0%	6.890	398,35	5.489.270	150.630,00	R\$ 563.565,06	0,27	1.610	23%
<b>TOTAL</b>		<b>75,0%</b>			<b>7.099.456</b>	<b>97.358</b>		<b>97,0%</b>			<b>5.489.270</b>	<b>150.630</b>	<b>R\$ 563.565</b>	<b>0,27</b>	<b>1.610</b>	<b>23%</b>

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 114: Cálculo de economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento

A instalação de inversores de frequência torna-se viável quando é possível a variação da velocidade do motor acionado pelo inversor. É o caso das motobombas da Estação de Tratamento de água, conforme ilustra o exemplo da Tabela 116.

Carga	Bombas ETA		
<b>Potência</b>	25CV	100CV	Unidade
<b>Quantidade</b>	3	3	Unid
<b>Potência</b>	18,4	73,6	kW
<b>Horas funcionamento</b>	6.935	6.935	horas/ano
<b>Consumo atual</b>	382.812	1.531.248	kWh/ano
<b>% Economia com Inversor</b>	15%	20%	%
<b>Consumo proposto</b>	325.390	1.224.998	kWh/ano
<b>Economia energia</b>	57.422	306.250	kWh/ano
<b>Custo Inversores</b>	25.638	58.374	R\$
<b>Saving anual</b>	22.395	119.437	R\$/ano
<b>Pay back</b>	13,74	5,86	meses
<b>Investimento atual (R\$)</b>	14.067,00	29.568,00	R\$
<b>Custo de Investimento melhorado (R\$)</b>	25.638,00	58.374,00	R\$

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 115: Cálculo de economia de energia com a instalação de inversor de frequência nos exaustores dos silos

Nos sistemas de refrigeração deve-se obter a menor pressão de descarga nos compressores de amônia. Segundo Salvador, a cada 1 bar reduzido na pressão de descarga do compressor de amônia, tem-se 3% de economia de energia.

A Tabela 117 ilustra a memória de cálculo de economia com o controle automático da pressão de descarga em compressores de refrigeração. A pressão de descarga ótima é calculada através dos dados da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar.

Regime	TAG	Pressão descarga	% Slide Valve	kW	Temperatura ambiente	% umidade relativa do ar	Pressão descarga ótima	Delta P descarga	Redução demanda PD (kW)
Regime -6°C	Chiller	13 bar	100	1325	30	55%	10,66	2,34 bar	62,00 kW

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 116: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de descarga nos compressores de refrigeração

A Tabela 118 ilustra a economia de energia com a redução da pressão de descarga dos compressores.

<b>Horas funcionamento ano:</b>	7.500
<b>Custo energia (R\$/kWh)</b>	0,250
<b>Consumo atual</b>	9.936.000
<b>Consumo Proposto</b>	9.470.995
<b>Redução de consumo:</b>	465.005 kWh
<b>Saving (R\$/ano)</b>	R\$ 116.251,20

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 117: Cálculo de economia de energia com o controle da pressão de descarga nos compressores de refrigeração

Para o caso de iluminação, levou-se em consideração a substituição de lâmpadas ineficientes por lâmpadas LED. A Tabela 119 ilustra a memória de cálculo em uma das unidades.

ILUMINAÇÃO - SISTEMA ATUAL						
0			TOTAL	Fábrica em geral	Fábrica em geral	Fábrica em geral
1	Tipo de equipamento / tecnologia			Vapor Sódio	HO	Fluorescente tubular
	Quantidade de luminárias		<b>1.817</b>	825	228	714
2	Lâmpadas	Potência W	$pl_{a_i}$	400,00	110,00	40,00
		Quantidade	$ql_{a_i}$	<b>1.817</b>	825	228
3	Reatores	Potência W	$pr_{a_i}$	33,00	20,00	10,00
		Quantidade	$qr_{a_i}$	<b>1.817</b>	825	228
4	Potência instalada	kW	$Pa_i$	<b>423,92</b>	357,23	29,64
	Tempo de utilização do sistema, em um dia	h/dia		12,00	12,00	16,00
5	Dias de utilização do sistema, em um ano	dia/ano		288,00	288,00	288,00
	Funcionamento	h/ano	$ha_i$	3.456,00	3.456,00	4.608,00
	Horas de utilização em horário de ponta, em um dia	h/dia	$nup_{a_i}$	3,00	3,00	3,00
	Dias úteis de utilização em horário de ponta, em um mês	dia/mês	$nda_i$	22,00	22,00	22,00
6	Meses de utilização em horário de ponta, em um ano	mês/ano	$nma_i$	12,00	12,00	12,00
	Potência média na ponta	kW	$da_i$	<b>423,92</b>	357,23	29,64
	Fator de coincidência na ponta		$FCP_{a_i}$	1,00	1,00	1,00
7	Energia consumida	MWh/ano	$Ea_i$	<b>1.507,73</b>	1.234,57	102,44
8	Demanda média na ponta	kW	$Da_i$	<b>423,92</b>	357,23	29,64

ILUMINAÇÃO - SISTEMA PROPOSTO									
				TOTAL	Fábrica em geral	Fábrica em geral	Fábrica em geral	Fábrica em geral	
9	Tipo de equipamento / tecnologia				Refletor LED	LED tubular	LED tubular	LED tubular	
	Quantidade de luminárias			1.817	825	228	714	50	
10	Lâmpadas	Potência	W	$pp_i$	200,00	40,00	18,00	9,00	
		Quantidade		$qp_i$	1.817	825	228	714	50
11	Reatores	Potência	W	$prp_i$	0,00	0,00	0,00	0,00	
		Quantidade		$qrp_i$	0	0	0	0	
12	Potência instalada		kW	$Pp_i$	187,42	165,00	9,12	12,85	0,45
	Tempo de utilização do sistema, em um dia		h/dia		12,00	12,00	16,00	16,00	
13	Dias de utilização do sistema, em um ano		dia/ano		288,00	288,00	288,00	288,00	
	Funcionamento		h/ano	$hp_i$	3.456,00	3.456,00	4.608,00	4.608,00	
	Horas de utilização em horário de ponta, em um dia		h/dia	$nup_i$	3,00	3,00	3,00	3,00	
	Dias úteis de utilização em horário de ponta, em um mês		dia/mês	$ndp_i$	22,00	22,00	22,00	22,00	
14	Meses de utilização em horário de ponta, em um ano		mês/ano	$nmp_i$	12,00	12,00	12,00	12,00	
	Potência média na ponta		kW	$dp_i$	187,42	165,00	9,12	12,85	0,45
	Fator de coincidência na ponta			$FCP_i$		1,00	1,00	1,00	1,00
15	Energia consumida		MWh/ano	$Ep_i$	663,05	570,24	31,52	59,22	2,07
16	Demanda média na ponta		kW	$Dp_i$	187,42	165,00	9,12	12,85	0,45

ILUMINAÇÃO - RESULTADOS ESPERADOS									
				TOTAL	Fábrica em geral	Fábrica em geral	Fábrica em geral	Fábrica em geral	
17	Energia economizada		kWh/ano		844.677,50	664.329,60	70.917,12	105.283,58	4.147,20
18	Custo energia		R\$/kWh		0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
19	Saving anual		R\$		259.088,54	259.088,54	27.657,68	41.060,60	1.617,41
20	Investimento		R\$		67.650,00	67.650,00	3.705,00	6.854,40	232,50
20	Pay back		anos		0,26	0,26	0,13	0,17	0,14

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 118: Cálculo da economia de energia com a substituição de lâmpadas convencionais por LED

Quando se trata de energia térmica, vê-se a importância de aumentar o retorno de condensado, visto que essa água quente pode minimizar o consumo de água ambiente na caldeira e posterior consumo de combustível para aquecê-la. A Tabela

120 ilustra um exemplo da economia de combustível devido o aumento de retorno de condensado de 60% para 90%.

Temp. Água alimentação Caldeira	28	°C
Temp. Água retorno condensado	80	°C
Aumento da temperatura de reposição	52	°C
Vazão Condensado	1.069.450	m3/h
Horas de funcionamento	6.931	h/ano
PCI GN	8.800	kcal/Nm3
Custo combustível	R\$ 1,68	R\$/m3
SAVING ANO	R\$ 108.212,50	R\$/ano
ECONOMIA COMBUSTÍVEL	64.412,20	m3 /ano
<b>Investimento atual (R\$)</b>	R\$ 105.681,00	R\$
<b>Custo de Investimento melhorado (R\$)</b>	R\$ 159.654,00	R\$
Economia (tep)	56,68273726	
PCI	0,00088	
Densidade	-	
Consumo atual	4.842.127	
% economia	1,3%	

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 119: Cálculo da economia de energia com o aumento do retorno de condensado de 60% para 90%

Outra ação relevante para redução do consumo de energia térmica é a instalação de economizador na caldeira de gás natural. A Tabela 121 ilustra a memória de cálculo dessa ação em uma das unidades.

Instalação de economizador na caldeira		
<b>Consumo atual:</b>	1.299.678	m3/ano
<b>% Economia</b>	3%	
<b>Consumo proposto</b>	1.260.687	m3/ano
<b>Economia</b>	38.990	m3/ano
<b>Custo energia</b>	1,68	R\$/m3
<b>Saving Anual</b>	65.503,76	R\$/ano

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 120: Cálculo de economia de energia com a instalação de economizador na caldeira a gás natural



## Indicadores energéticos

A Tabela 122 ilustra o consumo específico por insumo. As Tabelas 123 e 124 ilustram o rendimento e o coeficiente de destinação após a realização das ações de eficiência.

Fonte	Valor Médio	Faixa de variação
	tep/hl	tep/hl
Eletricidade	0,0007	0,0004 a 0,0022
Gás Natural	0,0007	0,0002 a 0,0019
GLP	0,0127	0,002 a 0,188
Total	0,0141	0,002 a 0,188
Total térmico	0,0134	0,0002 a 0,0019
Total elétrico	0,0007	0,0004 a 0,0022

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas  
Tabela 121: Consumos específicos por insumo

A partir dos dados coletados no âmbito desta pesquisa, a indústria de produção de abate de carne apresenta consumo específico médio calculado de 0,008 tep/hl, variando de 0,001tep/t a 0,104 tep/unid. Essa variação pode ser explicada pela diferença do processo entre as unidades, visto que neste subsegmento foram visitadas fábrica de cervejas, fábrica de refrigerantes e fábrica de sucos. Nas cervejarias, o processo demanda maior consumo de energia elétrica e vapor e, com isso, seu consumo específico é maior do que o de suco e refrigerante. Para a fabricação de uma cerveja Pilsen, demora-se no mínimo 14 dias desde seu preparo até o envase, o que onera os consumos energéticos, diferentemente dos sucos e refrigerantes que são preparados e envasados no mesmo dia.

## Rendimento Energético

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Gás Natural		85,0%	55,0%		
GLP		90,0%	55,0%		
Eletricidade	96,7%			92,0%	85,0%

Fonte: Elaboração própria  
Tabela 122: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de bebidas

## Coefficientes de Destinação

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento Direto	Refrigeração	Iluminação
Gás Natural		87,5%	12,5%		
GLP		98,0%	2,0%		
Eletricidade	39,3%			58,5%	2,2%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 123: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento de bebidas

## Investimentos necessários para reposição de equipamentos de tecnologia mais eficiente

Segue a lista de reposição para os equipamentos atuais, sendo que os preços foram obtidos em reais, direto com fornecedores, com base de 2017 e sem considerar transporte e instalação

A quantidade refere-se a todas as oportunidades encontradas nas fábricas visitadas.

Medida	Fonte	Custo de Investimento atual (R\$/t produzida)	Custo de Investimento (R\$/t produzida)	% de economia	Economia de energia (tep/t produzida)	Economia - faixa (tep/t)
1- Substituição de motores por motores de alto rendimento	Eletricidade	0,022	0,027	22,1%	0,000457	0,00003 a 0,01176
2- Instalação de um inversor de frequência	Eletricidade	0,014	0,028	20,3%	0,000010	0,00001 a 0,00025
3- Aumentar o retorno de condensado	Gás natural/GLP	0,017	0,038	1,4%	0,000012	0,000007 a 0,000017
4 - Controle automático da pressão de descarga	Eletricidade	-	0,052	22,9%	0,000040	0,00013 a 0,00013
5 - Substituição das lâmpadas por LED	Eletricidade	0,015	0,013	56,0%	0,000013	0,00001 a 0,00001
6- Instalação de economizador na caldeira	Gás natural/GLP	-	0,135	3,0%	0,000000	0,00001 a 0,00001

Fonte: WEG, Danfoss, Spirax Sarco, Mayekawa, Atlas Copco, Eletrizante Eficiência ano base 2017

Tabela 124: Investimento para reposição de equipamentos com a mesma eficiência.

A Tabela 126 ilustra o potencial de economia de energia no subsegmento de bebidas.

FONTE DE ENERGIA (tep/t)	FORÇA MOTRIZ	CALOR DE PROCESSO	AD	Refrig	Ilum	Total (%)
GÁS NATURAL	-	0,000080	0,000015		-	90,98%
GLP	-	0,000691	0,000023		-	5,63%
ELETRICIDADE	0,000070	-	-	0,000036	0,000002	15,53%
TOTAL (%)	25,31%	19,11%	27,27%	9,03%	10,92%	6,52%

Fonte: Elaboração própria  
Tabela 125: Potencial de economia

Através da Tabela 126, observa-se uma grande oportunidade no calor de processo.

## h. Subsegmento de beneficiamento de arroz (ou genericamente beneficiamento de café, chá e cereais)

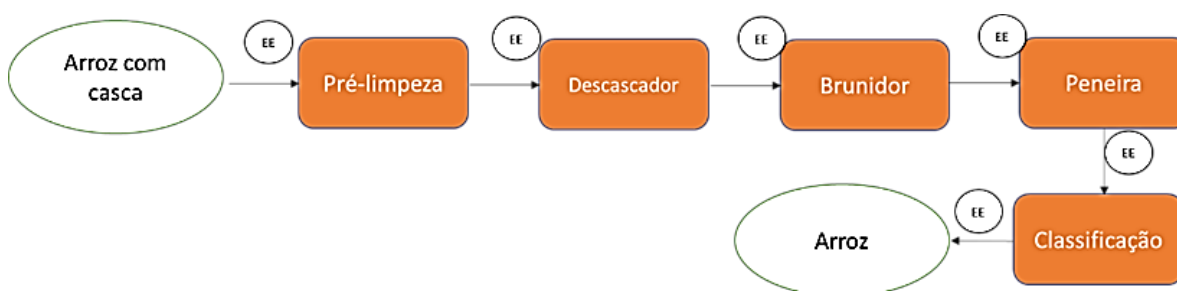
### i. Situação atual

#### Produção, etapas de processo e equipamentos utilizados

Embora as empresas selecionadas sejam distintas em função da sua produção e ano de início de operação, essas utilizam o mesmo processo produtivo No beneficiamento de arroz e apresentam algumas etapas fundamentais, como: descarregamento, descasque, brunição, classificação, seleção, empacotamento e expedição, como informado no capítulo 3.

A produção de arroz difere-se da fabricação de café em alguns fatores, sendo que no processo produtivo de arroz não é utilizada a energia térmica.

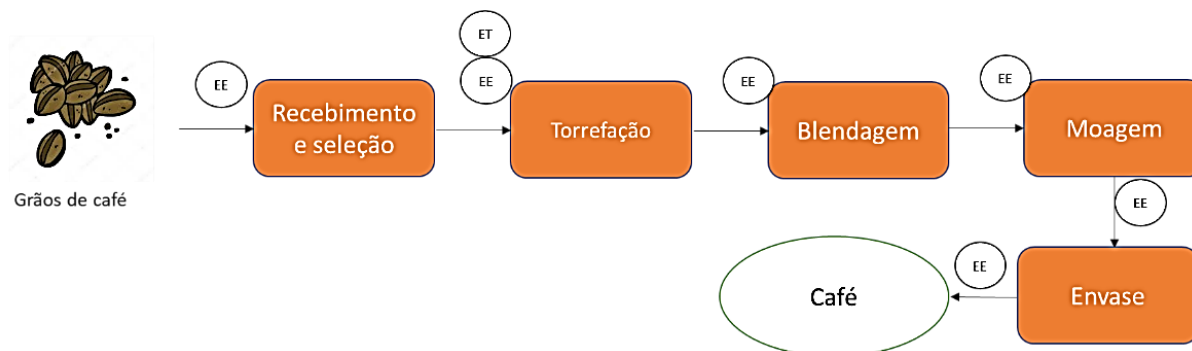
Na Figura 17 é apresentado um fluxograma que indica as principais etapas do processo de arroz, bem como a utilização dos insumos energéticos por etapa que foram explicadas no capítulo 3.



Legenda: Energia Elétrica (EE)

Fonte: Elaboração própria  
Figura 17: Processo produtivo de Beneficiamento de Arroz

Na Figura 18 é apresentado um fluxograma que indica as principais etapas do processo de café, bem como a utilização dos insumos energéticos por etapa que foram explicadas no capítulo 3.



Legenda: Energia Elétrica (EE), Energia Térmica (ET)

Fonte: Elaboração própria

Figura 18: Processo produtivo de Beneficiamento de café

## Fontes de energia

O processo de produção de beneficiamento de arroz utiliza somente energia elétrica destinado, na sua maioria, ao uso de força motriz.

Para o caso do café, além da energia elétrica, tem-se o consumo de energia térmica.

## Principais equipamentos consumidores de energia

Sendo o consumo de energia elétrica destinado, na sua maioria, ao uso de força motriz, os equipamentos que mais consomem energia são os motores elétricos.

O consumo de energia térmica no beneficiamento de café dá-se integralmente no torrefador.

Dessa forma, para melhor entendimento, são classificadas as principais etapas produtivas do beneficiamento do arroz por unidade de serviço:

FORMAS DE ENERGIA					
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Refrigeração	Iluminação
Recepção					
Pré-limpeza					
Descascador					
Brunidor					
Classificação					

Fonte: Elaboração própria

Tabela 126: Distribuição de unidade de serviço na produção de arroz

Para o melhor entendimento da utilização dos energéticos no beneficiamento de café, segue abaixo a Tabela 128:

FORMAS DE ENERGIA					
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Refrigeração	Iluminação
Recepção e seleção					
Torrefação					
Blendagem					
Moagem					
Envase					

Fonte: Elaboração própria

Tabela 127: Distribuição de unidade de serviço na produção de arroz

## Indicadores energéticos

### Rendimento energético

O conceito de rendimento energético refere-se apenas à primeira transformação de energia do processo produtivo e retrata a média dos rendimentos de transformação.

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)			
	Força Motriz	Calor de Processo	Iluminação	Outros
GLP	0,0%	85,0%	0,0%	-
Eletricidade	88,5%	0,0%	80,5%	-

Fonte: Elaboração própria

Tabela 128: Rendimento energético atual, subsegmento de Arroz e café

### Coeficientes de Destinação

Os coeficientes de destinação referem-se à distribuição dos energéticos utilizados, em porcentagem, segundo os usos finais da energia.

A Tabela 130 ilustra a situação atual do subsegmento de arroz e café.

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Iluminação	Outros
GLP		100,0%			-
Eletricidade	92,0%			8,0%	-

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 129: Coeficiente de destinação atual, subsegmento de arroz e café

## Investimentos necessários para reposição de equipamentos

Equipamentos	Quantidade	Valor	Unidade moeda
Motores 7,5 CV	1	1.989,00	R\$
Motores 30 CV	2	7.039,66	R\$
Compressores Ar Comp. 125cv	2	200.000,00	R\$
Motor 60cv	4	76.512,88	R\$

Fonte: WEG e Atlas Copco, ano base 2017

Tabela 130: Investimento para reposição de equipamentos com a mesma eficiência

## ii. Condições com tecnologias mais eficientes

### Produção, etapas de processo e oportunidades de eficiência energética

Com base na visita e nos estudos realizados, não haverá alteração tanto na produção quanto nas etapas de processo, a planta ficará com o mesmo fluxo de processo e produção.

As principais medidas de eficiência no consumo de energia elétrica foram encontradas para força motriz. A substituição de motores standard por motores de alto rendimento mostrou-se a principal ação do segmento. Em algumas unidades, a instalação de inversores de frequência para modulação da velocidade dos motores mostrou-se viável também.

A Tabela 132 ilustra um exemplo da economia com a substituição de motores em uma das plantas visitadas.

Qtde Motores	Motor Atual						Motor Proposto						Economia ano (kWh/ano)	Pay back	Economia Ano (R\$)	Economia de energia (MWh/ano)	% de economia
	Modelo	Re dim ento nominal	Te mp o op era ção (h)	Po tência rea l (kW)	Con sum o ano (kWh/ano)	Cust o dos equi pam entos (R\$)	Mode lo	Re dim ento nominal	Te mp o op era ção (h)	Po tência rea l (kW)	Con sum o ano (kWh/ano)	Custo dos equipa mentos (R\$)					
1	Mot or 7,5 CV	87,0 %	4.000	5,52	22.080	1.989	Mot or 7,5 CV AR	94,5 %	4.000	5,08	20.328	R\$ 2.598,60	1.752	5,49	R\$ 473,14	1,75	8%
2	Mot or 30 CV	89,6 %	4.000	22,08	176.640	7.040	Mot or 30 CV AR	95,0 %	4.000	20,82	166.525	R\$ 9.197,20	10.115	3,37	R\$ 2.731,04	10,11	6%
<b>TOTAL</b>		<b>88,3 %</b>			<b>198.720</b>	<b>9.029</b>		<b>94,8 %</b>			<b>186.853</b>	<b>R\$ 11.796</b>	<b>11.867</b>	<b>3,68</b>	<b>R\$ 3.204</b>	<b>11,87</b>	<b>6%</b>

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 131: Cálculo de economia de energia com a substituição de motores standard por motores de alto rendimento



A instalação de inversores de frequência torna-se viável quando é possível a variação da velocidade do motor acionado pelo inversor. É o caso dos compressores de ar, conforme ilustra o exemplo da Tabela 133.

Carga	Compressores ar		
Potência - CV	50CV	75CV	Unidade
Quantidade	1	1	-
Potência	36,8	55,2	kW
Horas funcionamento	4.000	4.000	horas/ano
Consumo atual	147.200	220.800	kWh/ano
% Economia com Inversor	15%	15%	%
Consumo proposto	125.120	187.680	kWh/ano
Economia energia	22.080	33.120	kWh/ano
Custo Inversores	15.321	18.986	R\$
Saving anual	5.962	8.942	R\$/ano
Pay back	2,57	2,12	anos
Investimento atual (R\$)	15.321,00	18.986,00	34.307,00
Custo de Investimento melhorado (R\$)	15.321,00	18.986,00	34.307,00

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 132: Cálculo de economia de energia com a instalação de inversor de frequência nos compressores de ar

As medidas de eficiência energética específicas nos processos já estão sendo empregadas no consumo de energia térmica e estão consideradas como tecnologias mais eficientes nesse estudo.

### Indicadores energéticos

O consumo específico de energia variou entre 0,041 a 0,008 tep/t.

A Tabela 134 ilustra o consumo específico por insumo.

Fonte	Valor Médio	Faixa de variação
	tep/t de grãos	tep/t de grãos
Eletricidade	0,003	0,003 a 0,008
GLP	0,004	0 a 0,044
Total	0,008	0,003 a 0,052
Total térmico	0,004	0 a 0,044
Total elétrico	0,003	0,003 a 0,008

Fonte: Elaboração própria com dados das visitas

Tabela 133: Consumos específicos por insumo

A partir dos dados coletados no âmbito desta pesquisa, a indústria de produção de beneficiamento de arroz e café apresenta consumo específico médio calculado de 1,353 tep/t, variando de 0,003 tep/t a 13,499 tep/t. Essa variação pode ser explicada pela diferença do processo entre as unidades, visto que neste subsegmento foram visitadas fábrica de café e fábrica de arroz e o processo é totalmente diferente, conforme explicitado no item h deste capítulo. Para o beneficiamento de arroz utiliza-se somente energia elétrica e basicamente o consumo está no transporte e compressores de ar. No caso da produção de café, utiliza-se energia térmica.

A Tabela 135 ilustra o rendimento energético com tecnologias melhoradas.

### Rendimento Energético

FORMAS DE ENERGIA	RENDIMENTO ENERGÉTICO (%)				
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Iluminação	Outros
GLP		90,0%		0,0%	-
Eletricidade	95,5%			85%	-

Fonte: Elaboração própria

Tabela 134: Rendimento energético mais eficiente, subsegmento de arroz e café

### Coefficientes de Destinação

A Tabela 136 mostra o coeficiente de destinação após a melhoria.

FORMAS DE ENERGIA	COEFICIENTE DE DESTINAÇÃO (%)				
	Força Motriz	Calor de Processo	Aquecimento direto	Iluminação	Outros
GLP		100,0%		0,0%	-
Eletricidade	90,9%			9,1%	-

Fonte: Elaboração própria

Tabela 135: Coeficiente de destinação mais eficiente, subsegmento de arroz e café

## **Investimentos necessários para reposição de equipamentos de tecnologia mais eficiente**

Segue a lista de reposição para os equipamentos atuais, sendo que os preços foram obtidos em reais, direto com fornecedores, com base de 2017 e sem considerar transporte e instalação.

A quantidade refere-se à soma de todos os motores de baixo rendimento encontrados nas fábricas visitadas.

Medidas	Fonte	Custo de Investimento atual (R\$/t de grãos)	Custo de Investimento (R\$/t de grãos)	% de economia	Economia de energia (tep/t de grãos)	Economia - faixa (tep/t de grãos)
1- Substituição de motores por motores de alto rendimento	eletricidade	2,11	2,47	6,7%	0,000113	0,00011 a 0,00012
2- Instalação de inversores de frequência	eletricidade	0,00	4,08	15,0%	0,000264	0,00057
2-Troca de compressor com inversores de frequência	eletricidade	2,65	3,97	25,0%	0,000230	0,00023

Fonte: WEG, Danfoss ano base 2017

Tabela 136: Investimento para reposição de equipamentos com a mesma eficiência

A Tabela 138 ilustra o potencial de economia de energia no subsegmento de arroz.

FONTE DE ENERGIA (tep/t)	FORÇA MOTRIZ	CALOR DE PROCESSO	Ilum	Total (%)
GLP	-	0,0024	-	5,56%
ELETRICIDADE	0,00026043	-	0,000014	8,20%
TOTAL (%)	8,46%	5,56%	5,29%	5,74%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 137: Potencial de economia

Neste subsegmento, o setor com maior potencial de redução de energia é a força motriz.

## 6. ANÁLISE DE CONDICIONANTES À PENETREÇÃO DE TECNOLOGIAS EFICIENTES DE ENERGIA POR SUBSEGMENTO

Entende-se como condicionante algo que condiciona ou restringe a aplicação das medidas de eficiência energética propostas, sendo muito importante a sua avaliação antes de iniciar o plano de implementação destas medidas. Neste estudo, foram avaliados os condicionantes técnicos, econômico-financeiros, e outros condicionantes adicionais para cada subsegmento.

Os inversores de frequência são normalmente utilizados para acionar máquinas ou equipamentos que requerem algum tipo de movimento controlado.

Os motores mais amplamente utilizados nos acionamentos elétricos são os motores de indução monofásicos e trifásicos. Estes motores, quando alimentados com tensão e frequência constantes, sempre que não estejam operando à plena carga (potência da carga igual à potência nominal do motor) estarão desperdiçando energia.

O variador eletrônico de velocidade por variação de frequência é um equipamento composto de elementos eletrônicos de potência, que aciona um motor tipo gaiola e realiza seu arranque e sua parada de maneira suave. Adicionalmente, varia de maneira controlada a velocidade do motor. Mediante a variação da frequência aplicada ao motor varia-se a velocidade do motor com base na seguinte relação:

$$n_s = \frac{120 * f}{p}$$

Onde:  $n_s$  é a velocidade síncrona,  $f$  é a frequência aplicada, e  $p$  é o número de pólos.

Estes sistemas eletrônicos de variação contínua de velocidade proporcionam, entre outras, as seguintes vantagens:

- Economia de energia;
- Melhoramento do desempenho de máquinas e equipamentos, devido à adaptação da velocidade a os requisitos do processo;
- Elimina o pico de corrente na partida do motor;
- Reduz a frequência de manutenção dos equipamentos.

Quanto aos motores de alto rendimento, são em geral mais caros que os motores standard ou motores normais de linha, mas podem apresentar vantagens significativas em diversos casos, devido ao seu rendimento superior.

Os motores de alto rendimento são projetados tendo em conta a maximização do seu rendimento sem aumentar desmesuradamente o custo de fabricação. Para tal, é feita uma otimização tanto do processo de dimensionamento como da escolha e aplicação de todos os materiais empregados na sua fabricação, de modo a minimizar as perdas de energia que ocorrem durante a operação do motor.

Como resultado deste processo de otimização, os motores de alto rendimento costumam operar a uma temperatura mais baixa, resultando numa vida útil maior dos mesmos.

Além do mais, apresentam uma menor necessidade de manutenção e também um menor nível de ruído devido ao melhor balanceamento e menores tolerâncias de fabricação.

As principais alterações que costumam constar num motor de alto rendimento são as seguintes:

- Chapas magnéticas de melhor qualidade (aço silício);
- Maior volume de cobre, que reduz a temperatura de operação;
- Enrolamentos especiais, que produzem menos perdas estatóricas;
- Rotores tratados termicamente, reduzindo perdas rotóricas;
- Altos fatores de preenchimento das ranhuras, que provêm melhor dissipação do calor gerado;
- Anéis de curto circuito dimensionados para reduzir as perdas pelo efeito Joule;
- Projetos de ranhuras do motor são otimizados para incrementar o rendimento.

Tendo em conta o ciclo de vida útil de um motor, é possível constatar que os custos de operação acabam por se tornar muito superiores aos custos iniciais de aquisição e instalação. Estima-se que 70% do custo de um motor durante sua vida útil é devido ao consumo de energia elétrica. Com isso, o consumo de energia elétrica deve ser levado em consideração no momento da aquisição do motor. É exatamente por esta razão que os motores de alto rendimento representam uma ótima alternativa.

A substituição de motores possui ainda as facilidades de fácil instalação e comprovação da economia.

Hoje, as indústrias que desejarem modernizar os motores instalados em suas linhas de montagem têm à disposição recursos competitivos de várias fontes para esse fim. Empreendedores têm à sua mão soluções desenhadas com consultorias de energia, empresas de eficiência energética, linhas de crédito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) ou chamadas públicas de distribuidoras de energia. Por sua vez, os fabricantes de máquinas mantêm planos de troca de motores elétricos, nos quais concedem desconto de até 12% no valor de aquisição do novo motor na entrega do equipamento antigo.

A complexidade de um sistema de refrigeração resulta em uma dificuldade em implementar e medir a economia de projetos de eficiência energética, visto que este sistema possui muitas variáveis como temperatura ambiente, umidade relativa do ar, temperatura do produto, umidade na amônia, nível de incondensáveis no fluido refrigerante, entre outros.

Atualmente já existem compressores mais eficientes com a utilização de inversores de frequência e controles complexos de carga.

O principal ponto de eficiência do compressor se dá com o aumento da pressão de sucção e diminuição da pressão de descarga, fato que reduz o consumo de energia sem impactar na carga térmica gerada. Este controle se dá através de automação e a manutenção das torres de resfriamento e condensadores evaporativos, sendo essencial para se obter a pressão de descarga ótima.

No caso de compressores de ar, alguns itens importantes que afetam o consumo de energia são:

- Temperatura de admissão do ar: Quanto menor a temperatura, menor o consumo;
- Quantidade de incondensáveis: Realizar purgas de água e manter o ar com o nível mínimo de água;
- Número mínimo de vazamentos: Os vazamentos de uma indústria podem chegar a até 20% do consumo total do compressor, gerando desperdícios de energia e ar comprimido.;
- Utilização da menor pressão requerida: quanto menor a pressão, menor o consumo de energia elétrica;
- Controle eficiente dos compressores: controle por variação de velocidade são mais eficientes do que o controle por carga/alívio ou liga/desliga.

Para energia térmica, a instalação de economizador na caldeira, bem como bombas de retorno de condensado, é uma ótima opção para o retorno rápido do investimento.

Outros pontos relevantes para a redução do consumo de vapor são divididos em geração, distribuição e recuperação, sendo eles:

#### GERAÇÃO:

- Minimizar o excesso do ar: Reduzir a quantidade de calor perdido nos gases de escape na chaminé, permitindo que maior quantidade de energia do combustível seja transferida para o vapor;
- Limpar as superfícies de transferência de calor da caldeira: Promover a efetiva transferência de calor dos gases de combustão para o vapor;
- Instalar equipamentos de recuperação de calor (economizadores para a água de alimentação ou pré-aquecedores para o ar de combustão): Recuperar o calor disponível nos gases de exaustão e transferí-lo de volta para o sistema pelo pré-aquecimento da água de alimentação ou do ar de combustão;



- Aperfeiçoar o tratamento de água, para minimizar as descargas de fundo da caldeira: Reduzir a quantidade total de sólidos dissolvidos na água da caldeira, o que permite reduzir as descargas e, portanto, perder menos energia;
- Recuperar a energia da descarga de fundo da caldeira: Transferir o calor disponível no fluxo da descarga de fundo da caldeira de volta para o sistema, reduzindo a perda de energia.

#### DISTRIBUIÇÃO:

- Consertar os vazamentos de vapor: minimizar as perdas de calor evitáveis;
- Minimizar as descargas de vapor: minimizar as perdas de calor evitáveis;
- Assegurar que as tubulações, válvulas, conexões e tanques do sistema de vapor estejam bem isolados: reduzir as perdas de energia das superfícies da tubulação e dos equipamentos;
- Implementar programa efetivo de manutenção dos purgadores de vapor: reduzir a passagem de vapor vivo para o sistema de condensado e promover uma operação eficiente de transferência de calor no equipamento de uso final do vapor.

#### RECUPERAÇÃO:

- Otimizar a recuperação de condensado: recuperar a energia térmica do condensado e reduzir a quantidade de água de alimentação adicionada ao sistema, economizando energia e produtos químicos de tratamento;
- Usar o condensado de alta pressão para produzir vapor de baixa pressão: explorar a energia disponível no condensado retornável.

Segundo Procel 2005, essas oportunidades geram uma economia média segundo a Tabela 139:

<b>ÁREAS PARA MELHORIA</b>	<b>COMBUSTÍVEL ECONOMIZADO</b>
Combustão	1,6%
Projeto da instalação da cadeira	2,0%
Recuperação de calor	3%
Mudanças operacionais	2,8%
Vapor e sistema de retorno de condensado	1,6%
Redução de Pressão	2,0%
Sistema de distribuição	5,8%

Fonte: Procel, eficiência energética no uso de vapor, 2005.

Tabela 138: Oportunidades de economia em sistemas de vapor

## a. Subsegmento de fabricação e refino de açúcar

### i. Condicionantes Técnicos

Há alguns anos (antes de 1980) a indústria de açúcar tinha de comprar energia elétrica para suprir a demanda de seus processos fabris, mas hoje já vivencia uma realidade bem distinta: as plantas industriais mais atuais são capazes de produzir toda a energia necessária ao processo fabril, e em muitos casos com sobra.

O excedente dessa energia verde, obtida por meio do bagaço de cana, vem sendo, inclusive, comercializado no Sistema Interligado Nacional (SIN) e se fortalecendo como frente adicional de negócios do setor. A realidade atual é que todos os grandes fabricantes de açúcar estão vendendo energia no mercado livre.

Antes de 1980, a energia eletromecânica era obtida comprando-se energia elétrica da rede pública e a energia térmica era obtida com a combustão de combustível fóssil ou lenha para geração de vapor d'água à baixa pressão.

Atualmente, o aumento da classe de pressão desses equipamentos, em especial caldeiras e turbogeradores, e a utilização de sistemas de recuperação de calor despontam como os avanços mais importantes da área, a partir dos quais foram desenvolvidos materiais que possibilitaram a queima do bagaço da cana de forma mais eficiente, levando a uma cogeração mais elevada.

Outra particularidade das usinas de açúcar é a produção de etanol e eletricidade juntamente com o processo de produção de açúcar. Para este estudo, que considera somente a análise do setor alimentício, extraiu-se o consumo de energia referente a produção de etanol.

As usinas possuem carga elétrica instalada considerável, em torno de 30MW a 90MW e sua grande maioria são motores elétricos.

A produção da usina ocorre somente durante o período de safra (geralmente de abril a novembro) e nos outros meses são realizadas manutenções em toda a usina. Esse ponto facilita a implementação das ações de eficiência energética pois tem-se em média quatro meses de fábrica parada.

A troca dos motores standard por motores de alto rendimento das plantas tem a capacidade de gerar economia de energia considerável. Já a adoção de inversores de frequência também gera reduções de consumo, porém menores do que a troca dos motores.

Para energia térmica, observou-se desperdícios de vazamentos de vapor e do baixo retorno de condensado em algumas unidades.

## **ii. Condicionantes econômico-financeiros**

O baixo custo de eletricidade, visto que a maior parte das empresas são auto-suficientes de energia, dificulta projetos de eficiência devido ao seu alto payback.

O custo de energia térmica é inexistente pois o principal insumo (bagaço de cana) se dá do próprio processo.

Porém, a eletricidade é um produto comercializado pela usina, com isso, observou-se programas focados em redução de energia. Com isso, a eficiência energética implementada, além de trazer benefícios para a redução do consumo da unidade, traz também o aumento da venda de energia.

## **iii. Outros condicionantes**

Como se tem um período de fábrica parada por aproximadamente 4 (quatro) meses por ano, observou-se poucas ações de eficiência energética neste período. Durante o período de produção (safra) fica complexo a implementação de ações e grandes projetos.

Como o custo de energia é baixo, observou-se pouca divulgação de ações de eficiência energética no "chão de fábrica". Vazamentos (ar, água, vapor) foram tratados como "normais" durante a visita.

No caso de setores corporativos de energia, viu-se uma grande importância dada a venda de energia.

Treinamentos operacionais de boas práticas de produção e consumo se mostram viáveis e importantes para a disseminação do consumo eficiente de energia durante a operação da usina.

## **b. Subsegmento de moagem de trigo, fabricação de massas alimentícias e produtos de padaria**

### **i. Condicionantes Técnicos**

As unidades de moagem de trigo e fabricação de massas alimentícias são, geralmente, fábricas com equipamentos antigos e de baixo rendimento.

Não observou-se nenhuma política de conservação de energia nas unidades e encontrou-se grandes oportunidades na gestão de energia e contratação com a concessionária. Verificou-se muitas de energia reativa, ultrapassagem de demanda e contratação incorreta da modalidade tarifária.

Fábricas de moagem de trigo não utilizam energia térmica em seu processo, já as unidades produtoras de massas utilizam energia térmica e sistema de refrigeração no seu processo.

### **ii. Condicionantes econômico-financeiros**

As motivações financeiras estão altamente entrelaçadas com as motivações técnicas, ainda mais no cenário onde as empresas se encontram em um ambiente altamente competitivo. Nesse ambiente, a busca pelo uso racional de energia assume um caráter estratégico, alinhado com a adoção de medidas para: eliminar desperdícios, reduzir perdas e racionalizar a produção, que são os elementos de grande importância no custo final dos produtos finais.

Atualmente, os custos de energia estão entre os principais custos das empresas de trigo, sendo menores apenas do que a folha salarial. Com isso, o investimento em ações de eficiência energética se torna uma ferramenta importante para a competitividade das indústrias desse setor. No entanto, os dados da pesquisa permitem verificar que esse subsegmento inova pouco comparativamente a outros subsegmentos industriais.

### **iii. Outros condicionantes**

Um grande condicionante está na operação das plantas industriais. Deve-se visar pela formação e contratação de profissionais capacitados na questão de energia, pois eles podem atuar tanto em projetos, garantindo que as tecnologias mais eficientes sejam utilizadas, quanto na operação também, auxiliando no uso dessas tecnologias.

Já no chamado chão de fábrica, ou seja, no dia a dia da operação dos complexos industriais, observa-se que, em geral:

- No caso das unidades de menor porte, há desconhecimento sobre as tecnologias mais eficientes e de seus potenciais benefícios;

- Alguns investimentos envolvem tempo de retorno alto. Nesses horizontes de tempo os ganhos de eficiência não são facilmente identificados e por vezes não são considerados nas análises de investimentos;
- Há restrição associada à capacidade de investimento no caso das empresas de menor porte;
- Há dificuldade de acesso à linhas de financiamento, principalmente por parte das pequenas empresas;
- Dificuldades de mão de obra especializada, notadamente em empresas de pequeno e médio porte.

### **c. Subsegmento de produção de óleos e gorduras (moagem de grãos, produção de farelos, óleos vegetais e gordura animal)**

#### **i. Condicionantes Técnicos**

A força motriz das unidades representa em torno de 91% do consumo total, o que demonstra a importância em avaliar carregamento e rendimento dos motores elétricos.

Não observou-se nenhuma política de conservação de energia nas unidades e encontrou-se grandes oportunidades na gestão de energia e contratação com a concessionária. Verificou-se multas de energia reativa, ultrapassagem de demanda e contratação incorreta da modalidade tarifária.

#### **ii. Condicionantes econômico-financeiros**

As unidades fabris desse setor se encontram no mercado livre de energia e com custo de energia baixo, o que dificulta a implementação de projetos de eficiência, devido ao alto *payback*.

Como aproximadamente 90% do consumo de eletricidade desse subsegmento dá-se no sistema motriz, as principais ações foram observadas no sistema motriz, como a substituição de motores standard por motores de alto rendimento e a instalação de inversores de frequência para modulação da velocidade dos motores.

No caso de energia térmica, observou-se que é dada pouca importância para o retorno de condensado do processo. Em algumas unidades nem se quer mediam o seu valor. Em média o retorno de condensado encontrado foi de 60%, valor baixo, quando comparado a outros subsegmentos (média de 90%). Com isso a instalação de bombas de retorno de condensado mostrou-se viável.

### iii. Outros condicionantes

Um grande condicionante está na operação dos equipamentos. Observou-se que quanto maior o nível de automação, menor é o desperdício de energia por erros operacionais.

Deve-se visar pela formação e contratação de profissionais capacitados na questão de energia, pois eles podem atuar tanto em projetos, garantindo que as tecnologias mais eficientes sejam utilizadas, quanto na operação também, auxiliando no uso dessas tecnologias.

Uma alternativa muito boa para essa consciência de eficiência energética é o emprego da ABNT NBR ISO 50.001 – Sistemas de Gestão de Energia, que demonstra o mínimo necessário para ter um consumo energético eficiente. Outra sugestão é a criação de comissões internas para conservação de energia (CICE), onde os próprios funcionários se reúnem frequentemente para discutirem e buscarem soluções de redução de energia.

## d. Subsegmento de abate de animais e produção de carnes e derivadas

### i. Condicionantes Técnicos

A produção de carnes e abate de animais tem como o principal consumidor de energia elétrica o sistema de refrigeração, principalmente nos compressores de amônia que ficam na casa de máquinas. Buscar a máxima eficiência desse sistema torna-se imprescindível para a redução de custos com eletricidade.

As caldeiras a lenha são geralmente os principais geradores de vapor das unidades e foi observado que as unidades não possuíam uma gestão de energia focada na eficiência desses sistemas, onde a preocupação principal é de operar o sistema e manter a pressão de vapor requisitada pela produção.

### ii. Condicionantes econômico-financeiros

As medidas de eficiência energética consideradas são, na sua maioria realizadas na casa de máquinas, visto que a área de utilidades é o principal consumidor de energia: aumento da eficiência dos compressores de refrigeração (aumento da pressão de sucção e redução da pressão de descarga) e redução da pressão de ar.

Para energia térmica, a instalação de economizador na caldeira bem como bombas de retorno de condensado é uma ótima opção para retorno rápido do investimento.

O maior condicionante para a aplicação de práticas de eficiência é o conhecimento técnico pois nesse subsegmento não são difundidas as práticas usuais de redução do consumo de energia. Verificou-se uma preocupação intensa na substituição de lâmpadas por LED nas unidades, porém, o coeficiente de destinação da iluminação é de apenas 8,3%.



### iii. Outros condicionantes

Um grande condicionante está na operação dos equipamentos. Observou-se que quanto maior o nível de automação, menor é o desperdício de energia por erros operacionais.

Deve-se visar pela formação e contratação de profissionais capacitados na questão de energia, pois eles podem atuar tanto em projetos, garantindo que as tecnologias mais eficientes sejam utilizadas, quanto na operação também, auxiliando no uso dessas tecnologias.

Uma alternativa muito boa para essa consciência de eficiência energética é o emprego da ABNT NBR ISO 50.001 – Sistemas de Gestão de Energia, que demonstra o mínimo necessário para ter um consumo energético eficiente. Outra sugestão é a criação de comissões internas para conservação de energia (CICE), onde os próprios funcionários se reúnem frequentemente para discutirem e buscarem soluções de redução de energia.

## e. Subsegmento de beneficiamento de leite e fabricação de produtos lácteos

### i. Condicionantes Técnicos

A refrigeração é a principal utilidade de uma indústria de beneficiamento de leite e sua operação eficiente acarreta em economias significativas. No processo de beneficiamento do leite, ocorrem variações bruscas de temperatura e o sistema de refrigeração das fábricas se torna importante para manter a disponibilidade do sistema produtivo, porém, observou-se a operação ineficiente deste sistema, pois os operadores mantinham uma carga térmica maior do que a necessária com o receio de que alguma oscilação ocasionasse parada de produção.

Para os compressores de ar observou-se o mesmo comportamento, onde eleva-se a pressão de operação para que oscilações do processo não gerem uma queda de pressão e conseqüentemente uma indisponibilidade dessa utilidade no processo. Porém, para se obter uma redução do consumo de energia, faz-se necessário operar com a menor pressão possível sem impactar no processo.

Para geração de vapor, que tem sua principal utilização no sistema de pasteurização, utilizam caldeiras a lenha com controle da pressão de utilização em aproximadamente 9 kgf/cm<sup>2</sup>.

### ii. Condicionantes econômico-financeiros

As medidas de eficiência energética consideradas no subsegmento de leite são, para a melhoria da eficiência elétrica, visto que a área de utilidades é o principal consumidor de energia: aumento da eficiência dos compressores de amônia (aumento da pressão de sucção e redução da pressão de descarga) e redução da

pressão de ar. Para energia térmica, tem a instalação de bombas de condensado. Em uma das unidades, verificou-se que a substituição do fluido água por uma mistura (82% de água + 18% de etanol) é viável visto que isso possibilitará na redução da temperatura do fluido de 1,5 °C para 0 °C (zero grau).

A maior parte das oportunidades encontradas foram melhorias no sistema para redução de desperdício, não tendo investimento necessário para manter a tecnologia atual.

Observou-se que a operação das caldeiras visa simplesmente manter a pressão de operação e não gerar indisponibilidade de produção, com isso, a instalação de bombas de retorno de condensado são viáveis para a redução da água de reposição da caldeira, e conseqüentemente, economia de lenha, água e produtos químicos para tratamento da água.

### **iii. Outros condicionantes**

Um grande condicionante está na operação dos equipamentos. Observou-se que quanto maior o nível de automação, menor é o desperdício de energia por erros operacionais.

Entre outras medidas, que terminam com a aplicação de um gerenciamento energético da empresa e controle permanente do processo e consumo. Tais medidas, além dos impactos econômicos esperados também provocam melhorias diretas na redução de emissões na empresa e conseqüentemente no setor, bem como melhoria de imagem, ganhos hoje que podem proporcionar no seu conjunto acesso a novos mercados ou posição de destaque em mercados competitivos. Assim, a eficiência energética constitui um caminho claro para a sustentabilidade na indústria de alimentos e bebidas brasileira seja pela importância econômica, seja por seu caráter ambiental.

## **f. Subsegmento de fabricação de rações e alimentos para animais**

### **i. Condicionantes Técnicos**

As medidas de eficiência energética que são consideradas no subsegmento de rações são o uso de motores de alto rendimento, instalação de inversores de frequência para modular as cargas de acordo com a demanda e o aumento do retorno de condensado.

No caso da aplicação de motores de alto rendimento no subsegmento de rações, cabe ressaltar que o consumo de energia elétrica da força motriz representa 96,9% do total de energia elétrica consumida, portanto sua utilização é fundamental para a economia e a eficiência energética.

Quando se trata de energia térmica, observou-se pouca relevância dada ao retorno de condensado, o que acarreta em desperdício de energia e água, visto que a reposição da caldeira será com água fria.

Um sistema de bombeamento é necessário para transportar e recuperar o condensado uma vez que a contrapressão do sistema passa a ser maior em relação à menor pressão possível na entrada do purgador

## **ii. Condicionantes econômico-financeiros**

O investimento realizado na troca dessas tecnologias, (motores de alto rendimento, inversores de frequência, bombas de condensado), apresentadas ao longo do estudo é amortizado pela energia economizada, onde um fluxo de caixa deverá mostrar essa equação, para verificação do tempo necessário para se pagar a troca de tecnologia.

Para os novos projetos, é muito importante que as empresas de engenharia já desenvolvam seus projetos utilizando esses tipos de equipamentos mais eficientes, demonstrando seus ganhos aos clientes.

Um agravante para a instalação de novos equipamentos, no caso das fábricas de rações, é a dificuldade de parada de fábrica para implementações das ações, visto que a demanda do mercado geralmente é maior do que a capacidade produtiva.

## **iii. Outros condicionantes**

A criação de uma equipe de gestão de energia seria de grande valia neste subsegmento pois não observou nenhum tipo de controle específico dos consumos. Sugere-se estabelecer metas de redução de energia. Neste caso, não estabelecer metas para valores absolutos; isto é, não se deve procurar reduzir kWh ou kcal, mas sim kWh/t processada e m<sup>3</sup> lenha/t.

## **g. Subsegmento de produção de bebidas**

### **i. Condicionantes Técnicos**

A indústria de bebidas geralmente possui programas de eficiência energética implementados, sendo as principais ações realizadas na casa de máquinas, setor de utilidades.

Nas grandes indústrias, esse programa é realizado por uma área corporativa da empresa, onde projetos são analisados e implementados.

Plantas novas já iniciam com equipamentos eficientes.

As principais oportunidades encontradas foram na eletricidade, como: aumento da eficiência do sistema de refrigeração e ar comprimido, além de substituição de lâmpadas convencionais por LED e instalação de inversores de frequência.

No sistema térmico, observou-se a necessidade de instalação de bombas de condensado e economizadores nas caldeiras.

## ii. Condicionantes econômico-financeiros

A maior parte das oportunidades encontradas foram melhorias no sistema para redução de desperdício, não tendo investimento necessário para manter a tecnologia atual.

A substituição de lâmpadas convencionais por LED é de fácil implantação e comprovação da economia. Verificou-se muitas unidades utilizando equipamentos ineficientes como lâmpadas de vapor de sódio.

No sistema de refrigeração, local onde se obteve maior número de oportunidades, tem-se, como a principal dificuldade, a medição e verificação para comprovação da economia, porém é neste setor que se tem a maior oportunidade de economia, visto que na refrigeração se tem mais da metade do consumo de uma fábrica.

Para energia térmica, a instalação de economizador na caldeira bem como bombas de retorno de condensado é uma ótima opção para retorno rápido do investimento.

## iii. Outros condicionantes

A dificuldade de parada de produção pode ser um agravante para implementação das ações de redução, visto que as unidades operam de forma contínua e sem paradas semanais. Geralmente há uma programação de parada de uma semana por ano para manutenções preventivas.

Outro caso verificado é a sazonalidade da produção, muito impactado pelas estações do ano, principalmente nas cervejarias que trabalham em dois ciclos de produção: baixa produção (maio a agosto) e alta produção (setembro a abril).

A maioria das unidades já operam com um sistema de gestão de energia e o consumo específico de energia é monitorado diariamente.

## h. Subsegmento de beneficiamento de arroz (ou genericamente beneficiamento de café, chá e cereais)

### i. Condicionantes Técnicos

A energia nas unidades de beneficiamento de arroz e cereais é basicamente consumida pela força motriz.

Nas fábricas de café usa-se a energia térmica no torrador.

Não observou nenhuma política de conservação de energia nas unidades e encontrou-se grandes oportunidades na gestão de energia e contratação com a

concessionária. Verificou-se multas de energia reativa, ultrapassagem de demanda e contratação incorreta da modalidade tarifária.

No caso da energia térmica, observou-se a necessidade da instalação de economizar na caldeira.

## ii. Condicionantes econômico-financeiros

A instalação de inversores de frequência e substituição de motores standard por motores de alto rendimento se mostraram viável, porém, a grande dificuldade é a comprovação da economia de energia. Com isso sugere-se a criação de um plano de medição e verificação baseado no Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (EVO, 2012). A maior dificuldade neste subsegmento é a estimativa do tempo de funcionamento dos motores, visto que o processo não é constante.

## iii. Outros condicionantes

Um grande condicionante está na operação dos equipamentos. Observou-se que quanto maior o nível de automação, menor é o desperdício de energia por erros operacionais.

Deve-se visar pela formação e contratação de profissionais capacitados na questão de energia, pois eles podem atuar tanto em projetos, garantindo que as tecnologias mais eficientes sejam utilizadas, quanto na operação também, auxiliando no uso dessas tecnologias.

Uma alternativa muito boa para essa consciência de eficiência energética é o emprego da ABNT NBR ISO 50.001 – Sistemas de Gestão de Energia, que demonstra o mínimo necessário para ter um consumo energético eficiente. Outra sugestão é a criação de comissões internas para conservação de energia (CICE), onde os próprios funcionários se reúnem frequentemente para discutirem e buscarem soluções de redução de energia.

## 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Após as visitas e levantamentos, observa-se oportunidades de eficiência energética nas indústrias do ramo alimentício.

O setor de alimentos e bebidas é muito heterogêneo e as análises devem ser realizadas considerando a peculiaridade de cada subsegmento.

Observou-se a necessidade de uma gestão corporativa de energia para evitar desperdícios de fácil solução, tais como: consumo de energia reativa, multas de ultrapassagens de demanda e contratação da modalidade tarifária ineficiente, principalmente nos subsegmentos de arroz e cereais, moagem de trigo e óleos e gorduras.

A Tabela 140 ilustra o consumo específico atual por subsegmento pesquisado.

Subsegmento	Consumo Específico Eletricidade (tep/t)	Consumo Específico Térmica (tep/t)	Consumo Específico Total (tep/t)	% do potencial de eficiência
Açúcar	0,023	0,459	0,483	5,85%
Trigo	0,011	0,0003	0,0112	11,15%
Óleo	0,003	0,001	0,005	12,35%
Abate	0,00007	0,0008	0,00015	13,28%
Leite	0,331	0,172	0,503	12,14%
Ração	0,005	0,011	0,017	6,92%
Bebidas	0,0007	0,0134	0,0141	6,52%
Arroz	0,0033	0,0044	0,0077	5,74%

Fonte: Elaboração própria

Tabela 139: Consumo específico e potencial de economia por subsegmento

Observa-se que o segmento de Abate foi onde se obteve a maior porcentagem de potencial de economia de energia (13,28%), fato comprovado nas visitas devido a falta de gestão de energia e importância dada a eficiência energética neste subsegmento.

O consumo específico do subsegmento de açúcar é o maior entre o segmento de alimentos e bebidas.

Existem oportunidades que permeiam todos os subsegmentos de alimentos e bebidas, que são:

- Melhoria de eficiência nos sistemas de refrigeração;
- Redução da pressão de ar comprimido;



- Motores de alto rendimento;
- Inversores de frequência;
- Iluminação LED;
- Economizadores nas caldeiras;
- Instalação de bombas de retorno de condensado;

A Tabela 141 ilustra as oportunidades encontradas por subsegmento analisado.

<b>ÁREAS PARA MELHORIA</b>	<b>Açúcar</b>	<b>Trigo</b>	<b>Óleo</b>	<b>Abate</b>	<b>Leite</b>	<b>Ração</b>	<b>Bebidas</b>	<b>Arroz</b>
Melhoria de eficiência nos sistemas de refrigeração								
Redução da pressão de ar comprimido								
Instalação de motores de alto rendimento								
Inversores de frequência								
Iluminação LED								
Economizadores nas caldeiras								
Instalação de bombas de retorno de condensado								
Retirada de vazamentos de vapor								

Fonte: Elaboração própria

Tabela 140: Oportunidades de economia por subsegmento

Vale ressaltar que para a comprovação dos ganhos propostos é necessário um bom planejamento do Plano de Medição e Verificação das economias.

Outro ponto importante é a correlação do nível da automação com a eficiência operacional das máquinas.

As empresas devem ter atenção para novos projetos, para que já sejam instalados com a máxima eficiência, amenizando perdas posteriores.

Grupos internos de conservação de energia são essenciais para que os desperdícios de energia não aumentem e passem despercebidos entre os operadores.

## 8. REFERÊNCIAS UTILIZADAS

- ABIA - Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação. (01 de Setembro de 2014). *Artigos: O desenvolvimento do Brasil começa na Indústria da Alimentação*. Fonte: Site da ABIA: [https://www.abia.org.br/vsn/tmp\\_2.aspx?id=23](https://www.abia.org.br/vsn/tmp_2.aspx?id=23)
- ABIA - Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação. (2017). *Números do Setor - Faturamento*. Fonte: Site da ABIA: <https://www.abia.org.br/vsn/anexos/faturamento2017.pdf>
- ABIA - Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação. (2017). *Relatório Anual 2017*. Fonte: Publicações - Relatório Anual: <https://www.abia.org.br/vsn/temp/z201843relatorioABIA2017.pdf>
- ABIA - Associação Brasileira das Indústrias de Alimentação. (2017). *Relatório Anual 2017*. Fonte: Publicações - Relatório Anual: <https://www.abia.org.br/vsn/temp/z201843relatorioABIA2017.pdf>
- ABIC - Associação Brasileira da Indústria de Café. (2017). *Estatística - Indicadores da Indústria de Café*. Fonte: Site da ABIC: <http://abic.com.br/estatisticas/indicadores-da-industria/indicadores-da-industria-de-cafe-2017/>
- Abitrigo. (2016). *Estimativa de Moagem de Trigo e Consumo de Farinha*. Fonte: [http://abitrigo.com.br/associados/arquivos/06.Est\\_Moagem\\_Consumo\\_Farinhas.pdf](http://abitrigo.com.br/associados/arquivos/06.Est_Moagem_Consumo_Farinhas.pdf)
- Alcarde, A. R. (2007). *Processamento de Cana-de-Açúcar*. Fonte: ageitec - Agência Embrapa de Informação Tecnológica.
- Andreoli, C. (Fevereiro - Março de 2008). *Convergência de Agricultura e Energia: I. Produção de Biomassa Celulósica para Biocombustíveis e Eletricidade*. Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - *Procedimentos do Programa de Eficiência Energética – PROPEE*. 10 Módulos. Brasília – DF: ANEEL, 2013
- Arroz Cremoso, s.d. - *Processo Industrial do arroz* - Fonte: <http://www.arrozcremoso.com.br/produtos/producao-e-estrutura/processo-industrial>
- Atlas Copco. (2011). *Oil-Free Rotary Screw Compressor Series With Variable Speed Drive and Full Feature Variants*. Wilrijk, Belgium: Atlas Copco Airpower.

Avicultura Industrial. (04 de Março de 2013). *Processos de abate em aves conforme regulamento brasileiro*. Fonte: Site do Avicultura Industrial: [https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/processos-de-abate-em-aves-conforme-regulamento-brasileiro/20130304-084009-o186?fb\\_comment\\_id=1022601524498959\\_1368243503268091#f344db3f723ab64](https://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/processos-de-abate-em-aves-conforme-regulamento-brasileiro/20130304-084009-o186?fb_comment_id=1022601524498959_1368243503268091#f344db3f723ab64)

Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social. (2001). *Operação Programa para Empreendimentos de Cogeração de Energia Elétrica a Partir da Cana-de-Açúcar*.

Bier Beer. (s.d.). *Terceirização de Produção Para Sua Cerveja*. Fonte: Site do Bier Beer: <http://www.bierebeer.com.br/terceirizacao-producao-de-cerveja.html>

BNDES (2014). *BNDES Setorial 40*. Fonte: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2782/2/BNDES\\_Setorial\\_40.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2782/2/BNDES_Setorial_40.pdf)

BUNGE, 2016. *Série O Trigo*. Fonte: <http://www.bungeprofissional.com.br/BungeComVoce/serie-o-trigo-como-e-produzida-a-farinha-de-trigo>

Cenicana . (1999). *Manual de Auditoria Energética para Los Ingenios Azucareiros de Colombia*. Cali.

Cervieri Júnior, O., Teixeira Júnior, J. R., Galinari, R., Rawet, E. L., & da Silveira, C. T. (s.d.). O setor de bebidas no Brasil. *BNDES Setorial 40*, 93-130.

Convibra, 2012. *Processo de produção de ração: um estudo de caso nas rações São Gotardo*. Fonte: [http://www.convibra.com.br/upload/paper/2012/36/2012\\_36\\_4384.pdf](http://www.convibra.com.br/upload/paper/2012/36/2012_36_4384.pdf)

DEPEC - Bradesco. (Abril de 2018). *Economia em Dia - Informações Setoriais - Agricultura*. Fonte: Site do Economia em Dia (Bradesco): <http://www.economiaemdia.com.br/vgn-ext-templating/v/index.jsp?vgnextoid=c50dcd1b9aece510VgnVCM1000001816de0aRCRD&vgnnextfmt=default>

Diccionario español de la energia - parte I: Energia nuclear. CIEMAT: Ciudad Universitaria de Madrid, 2002, 312 p.

dos Santos, C. E., Kist, B. B., de Carvalho, C., & Treichel, M. (2017). *Anuário Brasileiro do Milho*. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta.

dos Santos, M. S., & Ribeiro, F. d. (2005). *Cervejas e Refrigerantes. CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Série P+L*. São Paulo .

EMBRAPA, 2016. *Tecnologia para produção do óleo de soja*. Fonte: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/126080/1/Doc171-OL.pdf>

EPE - Empresa de Pesquisa Energética . (2017). *Publicações - Balanço Energético Nacional* . Fonte: Site da EPE - Empresa de Pesquisa Energética : <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2017>

EVO – EFFICIENCY VALUATION ORGANIZATION. *Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance – Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e de Água* - vol. 1 - EVO 10000 – 1:2012 (Br). Sofia: EVO, 2012

FIEP. (2016). *Estudos Econômicos - Panorama Setorial da Indústria do Trigo*. Fonte: Site da FIEP: [http://www.fiepr.org.br/para-sindicatos/estudos-economicos/uploadAddress/Panorama\\_do\\_Trigo\\_final\\_Alta\[76388\].pdf](http://www.fiepr.org.br/para-sindicatos/estudos-economicos/uploadAddress/Panorama_do_Trigo_final_Alta[76388].pdf)

FIESP. (2013). *Estudos FIESP* . Fonte: Site do Nova Cana: [https://www.novacana.com/pdf/estudos/Estudo\\_Fiesp\\_MBagro.pdf](https://www.novacana.com/pdf/estudos/Estudo_Fiesp_MBagro.pdf)

Filho, P. L. (2009). *Análise de Custos na Geração de Energia com Bagaço de Cana-de-Açúcar: Um Estudo de Caso em Quatro Usinas de São Paulo*. São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Energia - Universidade de São Paulo.

Gomazako, M. S., & Oliveira, C. J. (2007). Geração de Bagaço e Cogeração de Energia Elétrica na Indústria Sucrialcooleira. *V Workshop Internacional Brasil-Japão em Biocombustíveis, Meio Ambiente e Biomassa*. Campinas, São Paulo: UNICAMP.

Guide to Energy Management Por Barney L. Capehart, Wayne C. Turner, William J. Kennedy Steam leaks chapter 8.2.1.1 page 317

IBGE. (2017). *Indicadores IBGE - Estatística da Produção Pecuária* .

IBGE, 2018. *Agência IBGE Notícia*. Fonte: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/2013-agencia-de-noticias/releases/19942-em-janeiro-ibge-preve-safra-6-0-inferior-a-de-2017.html>

ICF INTERNATIONAL, PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO (PUC-RIO), JORDÃO ENGENHARIA. *Estabelecimento de requisitos mínimos de medição e verificação de resultados que possam ser aplicados aos projetos de eficiência energética desenvolvidos pelas distribuidoras*. Preparado para o Instituto “ABRADEE” da Energia, com o apoio da FUPAI. Rio de Janeiro, nov. 2011.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2015). *Anuário Estatístico da Agroenergia 2014*. Brasília.

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (Dezembro de 2016). *Sumário Executivo Complexo Leite*. Fonte: Site do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: file:///C:/Users/BPO/Downloads/Leite(15).pdf

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2017). *Sumário Executivo Arroz em Casca*.

MME - Ministério de Minas e Energia. (s.d.). *Balanco de Energia Útil 2005*.

Oliverio, J. L., & Ordine, R. J. (1987). Novas Tecnologias e Processos que Permitam Elevar o Excedente de Bagaço das Usinas e Destilarias. *Brasil Açucareiro*, 54 - 89.

Peres, L., & Teixeira, N. (2006). Otimização do Processo de Cogeração em uma Usina Sucroalcooleira. Bauru, São Paulo.

PIES, UFE, 2007. *Abate de Bovinos*. Fonte: [http://www.agais.com/telomc/b01507\\_abate\\_bovinodecorte.pdf](http://www.agais.com/telomc/b01507_abate_bovinodecorte.pdf)

PIES, UFE, 2007. *Abate de Aves*. Fonte: [http://www.agais.com/telomc/b00607\\_abate\\_frandedecorte.pdf](http://www.agais.com/telomc/b00607_abate_frandedecorte.pdf)

Procel, 2005 - *Eficiência Energética no Uso de Vapor*. Rio de Janeiro.

Salvador, F. (1999). *Projeto de um Sistema de Refrigeração Industrial com 'Set-Point' Variável*. São Paulo: Escola Politécnica - Universidade de São Paulo.

SINDISERV, s.d. *A Cerveja*. Fonte: <http://www.sindicerv.com.br/producao.php>

Tânia. (3 de Setembro de 2009). *TECNOLOGIA DE FABRICAÇÃO DO AÇÚCAR*. Fonte: Blog do Mundo da Cana: <http://mundodacana.blogspot.com.br/2009/09/quinta-feira-03-de-setembro-de-2009.html>

USDA (2016). *AGRICULTURAL STATISTICS 2016*. Fonte: [https://www.nass.usda.gov/Publications/Ag\\_Statistics/2016/Complete%20Ag%20Stats%202016.pdf](https://www.nass.usda.gov/Publications/Ag_Statistics/2016/Complete%20Ag%20Stats%202016.pdf)

Usina Três Barras, s.d. Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Fonte: <http://www.servicos.ms.gov.br/imasuldownloads/rimas/RIMATRESBARRAS.pdf>