

**PROJETO CALDEIRA AQUATUBULAR NA INDÚSTRIA PREDILECTA  
ALIMENTOS LTDA**

***AQUATUBULAR BOILER PROJECT IN THE INDUSTRY PREDILECTA ALIMENTOS  
LTDA***

Jaine Alves de Oliveira – jaineoutubro1995@gmail.com

Gilberto Aparecido Rodrigues – gilberto.rodrigues@fatectq.edu.br

Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga (FATEC) – SP – Brasil

Leonardo Bolzan Gonçalves – leo@predilecta.com.br

Predilecta alimentos Ltda. – Matão – SP – Brasil

**RESUMO**

As empresas devem buscar fontes alternativas de energia e equipamentos para atenderem suas demandas operacionais. Tais alternativas devem ser rigorosamente avaliadas tecnicamente para a garantia de êxito da implantação o projeto. Este estudo foi realizado em uma unidade industrial de produção de atomatados, da empresa Predilecta Alimentos, no distrito de São Lourenço do Turno, Matão, SP. O objetivo foi relatar a implantação e vantagens de uma unidade de produção de energia térmica em sistema aquatubular. Os resultados indicaram que a implantação de caldeira aquatubular propiciou uma eficiência na realização dos diferentes processos da empresa, e a geração de excedente de energia adicional com qualidade ambiental assegurada.

**Palavras-chave:** Cogeração de energia. Energia térmica. Projeto de implantação de caldeira.

**ABSTRACT**

Companies should seek alternative sources of energy and equipment to meet their operational demands. Such alternatives must be rigorously evaluated technically to ensure the successful implementation of the project. This study was carried out in an industrial plant for the production of atomatados, from the company Predilecta Alimentos, in the district of São Lourenço do Turno, Matão, SP. The objective was to report the implantation and advantages of a unit of production of thermal energy in aquatubular system. The results indicated that the aquatubular boiler implantation provided an efficiency in the accomplishment of the different processes of the company, and the generation of surplus of additional energy with guaranteed environmental quality.

**Key-words:** Cogeneration of energy. Thermal energy. Boiler installation project.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Pera (1996), o gerador de vapor é todo o equipamento que produz vapor a partir de combustão de equipamentos específicos integrados. A definição colocada pelo autor compreende todos os tipos de geradores de vapor, os que vaporizam água, mercúrio ou fluidos térmicos, onde as geradoras de vapor de água são denominadas caldeiras de vapor.

Fundamentalmente um gerador de vapor é constituído por um equipamento fechado de pressão, tubos para introdução de água e aplicação externa de calor, transformando a água em vapor. Caldeiras aquatubulares onde os tubos compreendem toda a caldeira preenchidos por água e externamente por calor produzido pela queima do combustível gerando vapor. (PERA, 1996).

A capacidade de produção do vapor de um equipamento instalado é medida em quilogramas de vapor por hora (kg/h) e/ou seus múltiplos (kg/s, ton/h). Mas, para valores distintos de temperatura e pressão, o vapor possui quantidades diferentes de energia, por isso, manifesta-se a capacidade de uma caldeira em forma de calor total transmitido por unidade de tempo (kcal/h). As caldeiras aquatubulares possuem os mesmos objetivos de outros modelos de caldeira, isto é, custo reduzido, ser acessível, tubos com formas simples, boa circulação, coeficiente de transmissão de calor elevado e alta capacidade de produção de vapor. Este modelo possui variadas aplicações industriais, podem ser utilizadas também como caldeiras de reaproveitamento (MARTINELLI, 2002).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Ao fornecer calor à água, a sua energia interna e estado físico são variadas. Quanto maior o calor, maior a temperatura e, conseqüentemente, a diminuição da densidade, tornando-se mais “leve”. Com o fornecimento do calor ao líquido, as moléculas vão somando energia até quebrar a ligação que mantem em forma líquida, a rapidez da formação de vapor é de acordo com a intensidade do calor (MARTINELLI, 2002).

Segundo Martinelli (2002) Está descrito na NR-13 que Caldeiras a vapor são equipamentos utilizados para produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, fazendo uso de qualquer fonte de energia. Permite-se utilizar o vapor nas indústrias em diversas condições tais como: baixa pressão, alta pressão, saturado e superaquecido. O vapor

poder ser produzido por diversos equipamentos dentre eles as caldeiras aquatubulares que são divididas em três tipos, caldeiras de tubos retos, caldeiras de tubos curvos e caldeiras de circulação forçada.

As caldeiras de tubos retos podem possuir tambor transversal ou longitudinal, as mesmas são muito utilizadas devido, fácil acesso aos tubos para limpeza ou troca, menor perda de cargas e pequenas chaminés. As caldeiras de tubos curvos são utilizadas para exigências de grande capacidade de produção de vapor devido sua grande capacidade de produção. Caldeiras são equipamentos compostos por tubos curvos, ligados à tambores, de tal sorte que suas concepções iniciais possuíam quatro e até cinco tambores (MARTINELLI, 2002).

### **3 DESENVOLVIMENTO**

A empresa sob estudo, a Predileta Alimentos, tem como fonte principal de vapor para atendimento dos processos, o sistema de caldeira fogotubular, o qual está em funcionamento desde 2001. Devido ao tempo extenso de uso, gerou um número elevado de intervenções e inevitavelmente decidiu-se na sua futura substituição. A caldeira atual (fogatubular) só permite o uso de um tipo de biomassa e um número elevado de mão de obra como operadores, e uma capacidade de produção que não atende o pico de demanda do consumo de vapor. Em virtude de se modernizar quanto ao uso mais eficiente de matérias-primas na produção de energia, houve a busca por alternativas técnicas na produção de energia.

O modelo de caldeira escolhido, além da alta capacidade de produção, disponibiliza vapor e energia que são essenciais para atender a demanda industrial da fábrica. A caldeira aquatubular modelo contêiner é composta por diversos componentes em sua estrutura, as quais são fundamentais para o seu funcionamento.

A estrutura da caldeira é adequada a necessidade de produção utilizando maior ou menor número de componentes, a utilização de biomassa (cavaco) é de extrema importância devido ao elevado valor do petróleo nos dias atuais, e ao grande impacto ao meio ambiente causado pela queima de combustíveis fósseis. O presente estudo tem como objetivo explorar o projeto instalado na indústria alimentícia Predilecta Alimentos Ltda., explanando as principais informações, utilizando como motivação o constante crescimento do mercado por energia renovável e os resultados operacionais propiciados pelo equipamento.

### 3.1 Caldeiras aquatubulares

Caldeira aquatubular tem como principal característica a circulação de água no interior dos tubos interligados a dois ou mais reservatórios para geração de vapor. Os principais componentes da caldeira aquatubular são: tubulão superior, tubos de circulação ascendentes (risers), tubos de circulação descendentes (downcomers), tubulão inferior, fornalha, pré-aquecedor de ar, economizador e bomba de circulação forçada (MARQUES, 2005).

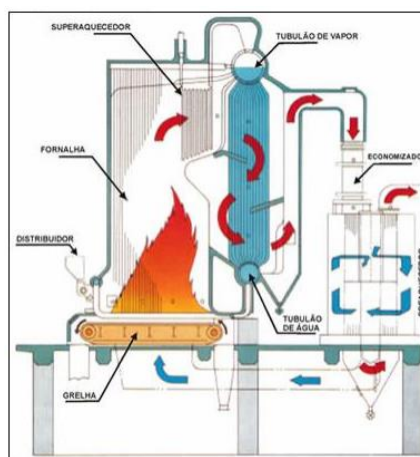
Finalidades dos 5 principais componentes:

- Tubulão superior: separar, coletar, acumular o vapor gerado e receber a água de alimentação;
- Tubos ascendentes (risers): gerar e conduzir o vapor ao tubulão superior
- Tubos descendentes (downcomers): conduzir a água líquida ao tubulão inferior;
- Tubulão inferior: acumular água líquida e coletar depósitos, de onde podem ser drenados;
- Fornalha: gerar e fornecer a energia necessária ao processo de vaporização da água e superaquecimento do vapor;

### 3.2 Funcionamento

A água é vaporizada nos tubos que constituem a parede mais interna da fornalha. Recebendo calor primeiro, vaporiza e sobe até o tambor superior, dando lugar à nova quantidade de água fria que será vaporizada, e assim constantemente. Essa circulação de água, provocada apenas pela diferença de peso específico entre a água ascendente e descendente, é característica das chamadas caldeiras com circulação natural. Quanto maior a capacidade da caldeira, aumentam também seu tamanho, a quantidade de tubos e, por consequência, é necessário o uso de bombas hidráulicas. (NOGUEIRA, 2005).

Os tubos que conectam o tubulão superior ao inferior são expostos à radiação da queima e ao calor dos gases de combustão dentro da fornalha, nos tubos mais aquecidos, uma parte da água em contato com a parede evapora e sobe. A circulação da água facilita a liberação do vapor e aumenta a eficiência da troca térmica nos tubos, o vapor saturado coletado pelo tubulão vai para a tubulação de saída.

**Figura 1 - Esquema Caldeira Aquatubular**

Fonte: Diego de Oliveira (2014)

#### 4 PREDILECTA ALIMENTOS LTDA.

A Predilecta Alimentos teve início em 1990 no centro da maior região produtora de goiaba do Brasil, no município de Matão (SP), precisamente no distrito de São Lourenço do Turvo. Detém um parque industrial de aproximadamente 300 mil m<sup>2</sup>, onde 28 mil m<sup>2</sup> é área construída, gerando mais de 1,3 mil empregos diretos e 5 mil indiretos.

Atualmente, a Predilecta Alimentos é uma das principais indústrias de alimentos do Brasil, líder no segmento de doces (goiabadas) e vice no segmento de atomatados (stand Ups). Possui um mix com mais de 250 itens em seu catálogo, dentre molhos, atomatados, vegetais em conserva, condimentos, doces, geleias, gelatinas, achocolatados em pó, sopas e macarrão instantâneo, além de linhas especiais, como a Premium, Livre, Saudável e Food Service.

**Figura 2 - Vista aérea da empresa Predilecta Alimentos**

Fonte: Casablanca representações (2011)

#### 4.1 Projeto predilecta energia

O projeto trata-se de implantação de uma usina termoelétrica e de uma caldeira aquatubular, modelo contêiner, com o objetivo de fornecer vapor para a indústria Predilecta e energia para às quatro empresas do grupo pelo sistema Mercado Livre. A escolha do modelo aquatubular foi devido à grande capacidade de produção, uma vez que o vapor produzido será utilizado para mais de um fim.

**Figura 3 - Caldeira Aquatubular Predilecta Alimentos**



**Fonte: Elaborado pelo autor (2019)**

#### 4.2 Viabilidade e valores

Segundo os responsáveis pelo projeto, a viabilidade baseou-se na necessidade de consumo de vapor da indústria, e pela dupla utilização do vapor gerado pela caldeira, onde parte do mesmo é utilizado para geração de energia e o restante para consumo direto. Esta atividade proporciona uma diminuição significativa no custo operacional e no custo com energia disponibilizada pelo mercado livre. A caldeira fará uso de biomassa (cavaco) como fonte de energia devido à preocupação com o meio ambiente, valor do petróleo e constante procura do mercado por energias renováveis.

A capacidade de produção da caldeira será 40.000kg de vapor por hora, a uma pressão de 67 Bar e 520 °C de temperatura, com geração de 5,0 M Watts de energia. O valor final do projeto é de aproximadamente R\$ 35.000.000,00, com um retorno de investimento estimado para 10 anos, dados estes garantidos pela empresa realizadora do projeto, tornando-o viável economicamente.

Tabela 1 - Dados comparativos caldeiras Predilecta Alimentos Ltda

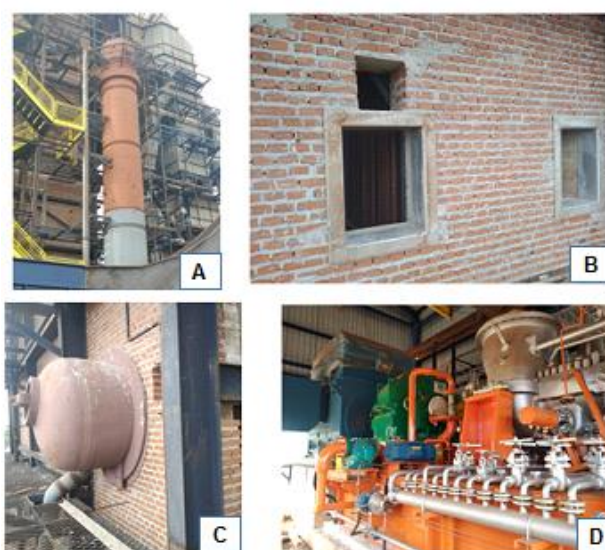
Dados	Fogotubular 1	Fogotubular 2	Aquatubular
Produção vapor/hora	15.000 kg/h	15.000 kg/h	40.000 kg/h
Produção Energia	0	0	5,0 M Watts
Consumo lenha /mês	2.020 m <sup>3</sup>	2.020 m <sup>3</sup>	12.000 m <sup>3</sup>
Consumo água /mês	300 m <sup>3</sup>	300 m <sup>3</sup>	14.000 m <sup>3</sup>
Mão de obra	R\$ 2.000 h/h	R\$ 2.000 h/h	R\$ 3.800 h/h
% Resíduos /mês	25.000 kg	25.000 kg	100.000 kg

Fonte: Elaborado pelo Autor (2019)

### 4.3 Fluxo de água

A água dos tanques é destinada ao desaerador através de bombas e logo após para o tubulão inferior alimentando os canos dentro da fornalha. O Vapor gerado pelo aquecimento sobe para o tubulão superior ocorrendo a separação de vapor do restante de água que retorna para o tubulão inferior, dando sequência no ciclo constante. O vapor coletado no tubulão superior é destinado ao economizador depois ao superaquecedor e por fim para a turbina de geração de energia (ciclo fechado do vapor).

Figura 4 - Componentes



A) Desaerador; B) Fornalha; C) Tubulão; D) Turbina

Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

#### 4.4 Fuligem e gases

A biomassa (cavaco) é transportada pela moega de rosca dupla e pela esteira de condução até o espargidor, o qual distribui o cavaco pela fornalha. No processo de combustão da biomassa, o cavaco é queimado sobre uma grelha oscilante com a função de separar a fuligem. Após a separação da fuligem, esta é conduzida através de tubos para o decantador e finalmente o silo de fuligem.

Os gases produzidos na caldeira são coletados acima da fornalha e são conduzidos para os multiciclones, com a finalidade de filtrar o restante da fuligem a qual é destinada para o decantador e silo. Os gases separados da fuligem vão para o lavador de gases, depois para a chaminé, em condições para serem expelidos para atmosfera, atendendo aos padrões ambientais vigentes.

**Figura 5 - Componentes**



A) Esteira condutora; B) Decantador; C) Silo de fuligem; D) Chaminé

**Fonte: Elaborado pelo autor (2019)**

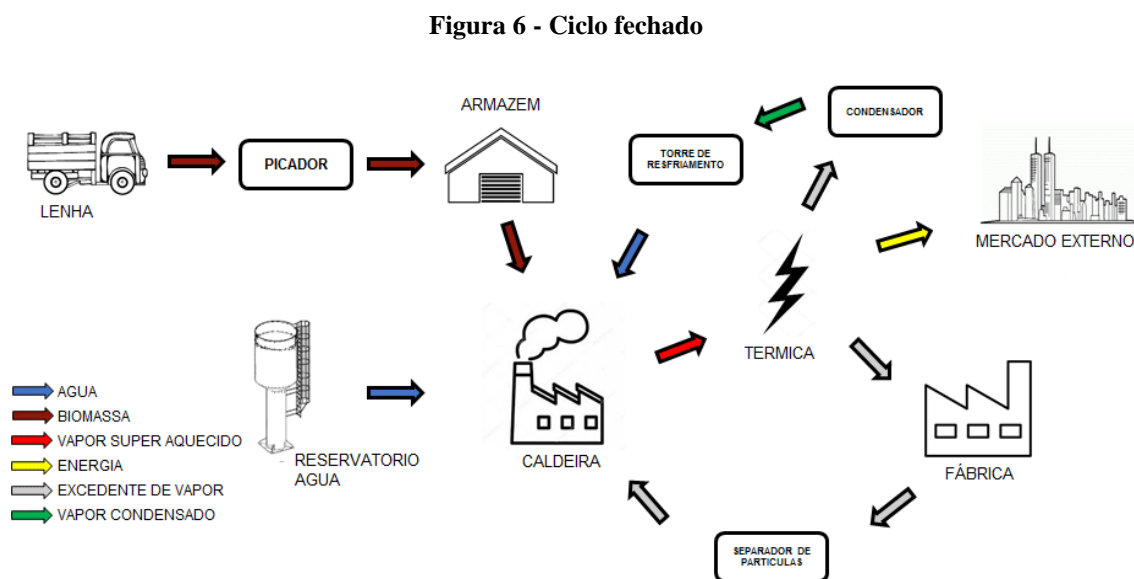


#### 4.5 Ciclo fechado

Um dos principais objetivos do projeto é o total reaproveitamento do vapor, no ciclo fechado conforme figura 7, o vapor produzido pela caldeira é chamado de vapor superaquecido. O vapor superaquecido é destinado para a térmica para a produção de energia através de turbina.

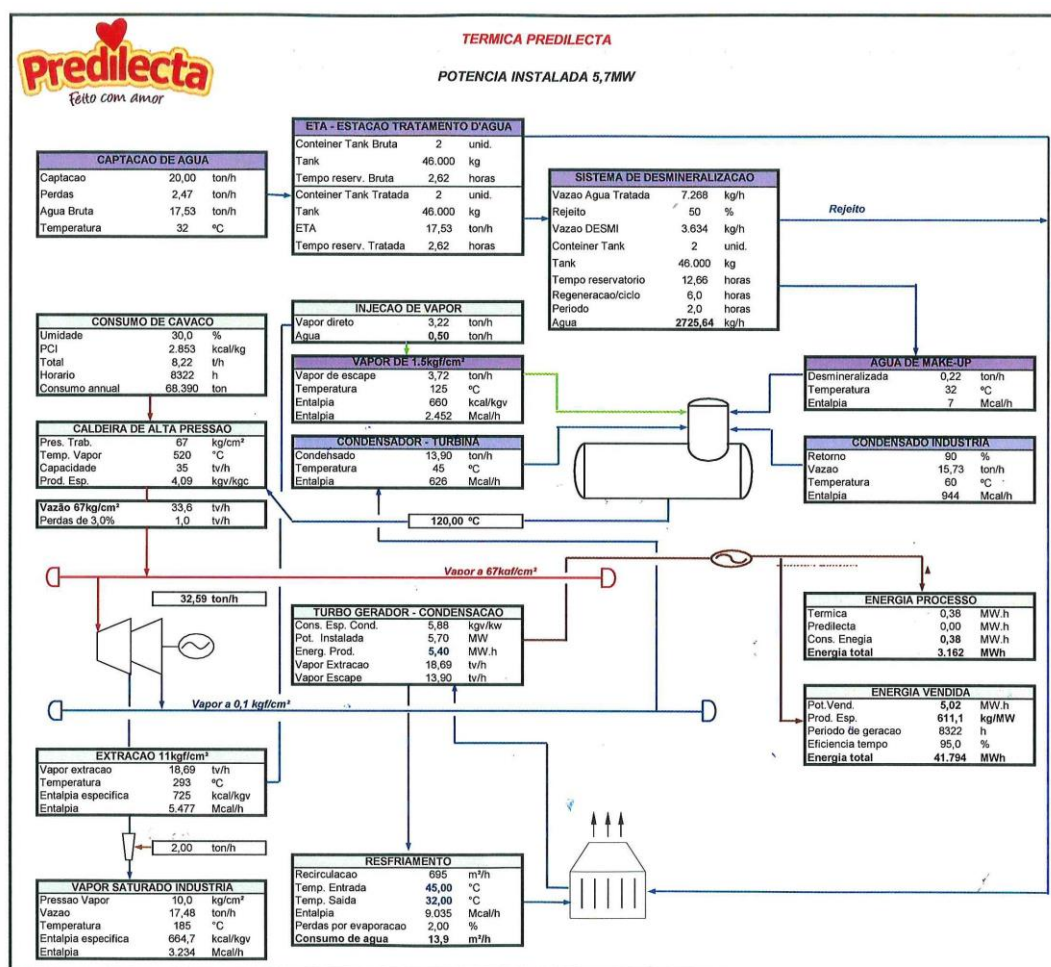
O excedente de vapor da térmica é destinado para a indústria para uso interno na produção. Caso ocorra sobra desse vapor o mesmo voltará para a caldeira passando pelo separador de partículas, cujo objetivo é a verificação da ausência de contaminantes.

Outros excedentes de vapor gerados pela térmica terão como destino o condensador de vapor e as torres de resfriamento para transformação de vapor em água para reutilização na caldeira. Desse modo todo vapor gerado pela caldeira terá um destino e total aproveitamento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2019)

Figura 7 - Fluxograma projeto Predilecta Energia



Fonte: Projeto Predilecta energia (2019)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através da análise do projeto implantado determinou-se que o mesmo atenderá as expectativas. A empresa ganhará em eficiência na realização dos processos que requeriam quantidade suficiente de vapor para a devida retirada de excesso de água das matérias-primas para a confecção dos diversos produtos da empresa.

Outro aspecto importante, no tocante a questão ambiental será a redução de fuligem expelida para a atmosfera. Este resíduo é separado e coletado de maneira mais eficiente, garantindo assim uma qualidade superior para os gases que são eliminados para o meio externo, sem comprometer o entorno da unidade industrial, uma vez que a empresa tem aglomerado humanos no seu entorno.

Vale lembrar ainda que será possível atender plenamente a demanda por energia térmica nos períodos de pico da unidade industrial, uma vez que este trabalho com três turnos e, um aspecto econômico importante é a possibilidade de gerar receita com o excedente de energia propiciado pela implantação de caldeira do tipo aquatubular, auxiliando na amortização dos custos de estabelecimento do projeto.

## 6 CONCLUSÃO

A caldeira utilizada no momento não atende à demanda total em momentos de picos de demanda de energia. Possui elevada necessidade de intervenções e maior número de mão de obra. A implantação de caldeira aquatubular e da termoelétrica propiciará uma eficiência na realização dos diferentes processos da empresa. As necessidades de energia térmica nos momentos mais críticos podem ser atendidas as demandas operacionais da mesma. A geração de excedente de energia propicia uma renda adicional a empresa e uma segurança de amortização do capital investido.

## REFERÊNCIAS

MARQUES, F. **Modelagem e controle de nível do tubulão de uma caldeira de vapor aquatubular de uma refinaria de petróleo.** Rio de Janeiro, 2005.

MARTINELLI, L.. **Introdução à máquinas Térmicas.** Campus Panambi, 2002. Disponível em <<http://www.saudeetrabalho.com.br/download/gera-vapor.pdf>>. Acesso em: 08 abril. 2019.

NOGUEIRA, L.. **Eficiência energética no uso de vapor.** Rio de Janeiro, 2005.

OLIVEIRA, D.. **Análise de operação de caldeiras de acordo com a nr-13.** Rio Verde: Goiás, 2014. Disponível em: <<http://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/An%C3%A1lise%20de%20opera%C3%A7%C3%A3o%20de%20caldeiras%20de%20acordo%20com%20a%20NR-13.pdf>>. Acesso em: 04 abril. 2019.

PERA, H. **Geradores de Vapor.** São Paulo, 1996.