

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS

ENGENHARIA MECÂNICA

DAVIDSON SILVEIRA E SILVA

N. CLASS.	2621-18
CUTTER	5586
ANO/EDIÇÃO	2013

**ESTUDO DE VIABILIDADE E IMPLANTAÇÃO DE LINHA DE RECUPERAÇÃO
DE CONDENSADO EM UMA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Varginha

2013

Grupo Educacional UNIS

DAVIDSON SILVEIRA E SILVA

**ESTUDO DE VIABILIDADE E IMPLANTAÇÃO DE LINHA DE RECUPERAÇÃO
DE CONDENSADO EM UMA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica
do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-
requisito a obtenção do grau de bacharel sob aprovação
do Prof. Me. Luiz Carlos Vieira Guedes.

**Varginha
2013**

DAVIDSON SILVEIRA E SILVA

**ESTUDO DE VIABILIDADE E IMPLANTAÇÃO DE LINHA DE RECUPERAÇÃO
DE CONDENSADO EM UMA INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia
Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas –
UNIS/MG como pré-requisito para a obtenção do grau
de bacharel pela Banca examinadora compostas pelos
membros:

Aprovado em / /

Prof.º Me. Alexandre de Oliveira Lopes

Prof.º Me. Luiz Carlos Vieira Guedes

OBS.:

RESUMO

Nos meios fabris atuais, a conservação de energia tem-se tornado uma tendência, pois se consegue uma maior eficiência, gerando economia e também uma sustentabilidade maior. Atualmente com nossas reservas energéticas cada vez mais escassas, tem-se que tentar maximizar cada método para recuperação de energia perdida, para que se possa retirar o máximo possível de uma fonte energética. Esse trabalho aborda a viabilidade da implantação de um sistema de retorno de condensado, o qual carrega consigo um alto índice de calor latente que pode ser utilizado para aquecimento e alimentação do próprio sistema, com a finalidade de se aproveitar uma energia antes inutilizada. Foi abordado e quantificado a energia desperdiçada, rebalanceado o sistema para satisfazer o processo levando em consideração nossa atual realidade, e mensurado economia e no se implica no sistema.

Palavras-chave: Caldeira; condensado; recuperação.

ABSTRACT

In the current media manufacturing, energy conservation has become a trend, because it achieves greater efficiency, generating savings and also greater sustainability. Currently, our energy reserves are increasingly scarce, so we have to try every method to recover and maximize energy lost, so you can remove the maximum possible energy source. This paper discusses the feasibility of deploying a condensate return system which carries a high heat index latent that can be used for heating and power system itself, in order to take advantage of a previously unused energy, thus improving system. Was addressed and quantified the energy wasted, rebalanced the system to meet the process taking into consideration our current reality, and measured economy and is involved in the system.

Keywords: *Boiler; condensat; recovery.*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 O VAPOR	7
2.1 História do vapor	7
2.2 O vapor no século XIX	9
2.3 Vapor na aplicação industrial	9
2.4 Caldeiras	10
2.4.1 Conservação de energia em caldeiras.....	10
3 ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO	12
3.1 Cálculo de eficiência	12
3.2 Cálculo de energia de aquecimento desta água	12
3.3 Ciclos de concentração de uma caldeira	13
3.3.1 Balanço de massa	14
3.3.2 Ciclos de Concentração	15
3.3.2.1 Ciclo de Concentração Real	15
3.3.2.2 Ciclo de Concentração Permissível	15
3.4 Resultados	17
4 CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS	20

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho é um estudo de viabilidade e possível implantação de uma rede de recuperação de condensado para as caldeiras.

Este condensado atualmente esta sendo eliminado na atmosfera em forma de condensado e vapor flash, este condensado e vapor descartados possuem em si um alto índice de calor latente e a reutilização deste material incide em vários benefícios para o sistema, como a melhora do tratamento químico da água, o fechamento do sistema, e também para o meio ambiente, levando em conta que estaremos reaproveitando água, diminuindo substancialmente o seu consumo total.

Atualmente este sistema de recuperação de condensado é implantado para varias as finalidades, como redução de gastos com produtos de pré-tratamento da água da caldeira, aquecimento de água de entrada da caldeira, ou aquecimento de áreas ou salas sem custos adicionais com fontes energéticas.

Neste estudos busca-se apresentar a os resultados, comprovando ou não a viabilidade da instalação de uma linha de condensados, levantando custos e economia na qual obteremos com esta melhoria.

A finalidade é provar a viabilidade de implantação de um sistema de retorno de condensado

- a) Quantificar as perdas de água e energia no sistema de geração e distribuição de vapor;
- b) Caracterizar as perdas, identificando os principais pontos onde estas ocorrem;
- c) Mostrar a viabilidade da implantação de melhorias nesse sistema.

Com a escassez cada dia mais de fontes de água, temos que procurar alternativas para que se possa ao menos minimizar o consumo deste bem tão precioso para a vida que já esta faltando em alguns lugares.

A cada dia as empresas estão mais engajadas em ações sociais e de ações a favor do meio ambiente, isso mostra uma postura amadurecida e contemporânea de compromisso com o nosso planeta, e com esse pensamento, deve sempre buscar novas ideias e soluções que faça se tornar possíveis soluções para algo que antes era jogado fora, como no caso deste condensado.

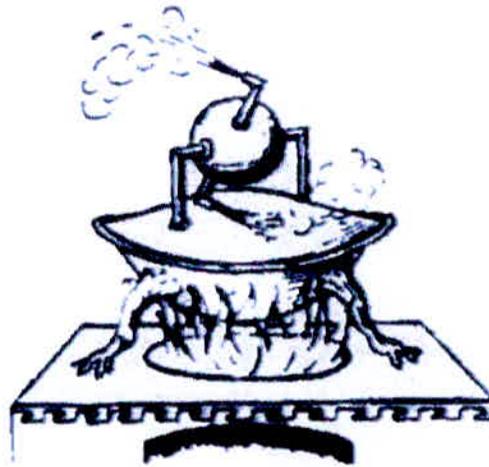
Além de gerar economia de água, devido ao reaproveitamento de uma água de ótima qualidade que anteriormente era descartadas nos efluentes ,gera também redução de gastos com fontes energéticas, pois também será reaproveitado o calor deste vapor , assim sendo, bom para todos os lados.

2 O VAPOR

2.1. História do vapor

A história da humanidade mudou a partir da hora que foi descoberta a força contida no vapor. No século I, um homem chamado Heron de Alexandria, foi o primeiro na história a perceber a força contida no vapor, criando uma espécie de turbina a vapor chamado eolípila, como ilustrada na Figura 01.

Figura 01 - Eolípila.



Fonte: (CIRILO, 2001, p. 2)

Para o funcionamento da eolípila, enchia-se uma esfera de metal com água, que produzia vapor e fazendo o movimento giratório da esfera quando o vapor saía através de dois bicos, colocados em posições diametralmente opostas. Embora isso movimentasse a esfera, não era produzido nenhum trabalho útil.

Muitos séculos mais tarde, a máquina a vapor foi a primeira maneira eficiente de produzir energia independentemente de força animal, principal fonte de energia na época, da força do vento e das águas correntes. Sua utilização foi o principal combustível para a Revolução Industrial. De forma simplificada, as máquinas a vapor usam o fato de que a água, quando convertida em vapor se expanda e ocupe uma área de até 1.600 vezes maior do que o original, quando esta sob pressão atmosférica.

Foi no século XVII, em 1690, que o físico francês Denis Papin usou esse princípio para bombear água. O equipamento inventado era bastante rudimentar e era feito de um pistão dentro de um cilindro que ficava sobre uma fonte de calor e no qual se colocava uma pequena quantidade de água. Quando a água se transformava em vapor, a pressão deste forçava o pistão a subir. Então a fonte de calor era removida o que fazia o vapor esfriar e se condensar. Isso criava um vácuo parcial (pressão abaixo da pressão atmosférica) dentro do

cilindro. Como a pressão do ar acima do pistão era a pressão atmosférica, ela o empurrava para baixo, realizando o trabalho.

Contudo, a real utilização desses equipamentos só se iniciou com a invenção de Thomas Savery patenteada em 1698 e aperfeiçoada em 1712 por Thomas Newcomen e John Calley. Nessa máquina, o vapor gerado em uma caldeira era enviado para um cilindro localizado em cima da caldeira. Um pistão era puxado para cima por um contrapeso. Depois que o cilindro ficava cheio de vapor, injetava-se água nele, fazendo o vapor condensar. Isso reduzia a pressão dentro do cilindro e fazia o ar externo empurrar o pistão para baixo. Um balancim era ligado a uma haste que levantava o êmbolo quando o pistão se movia para baixo. O vácuo resultante retirava a água de poços de mina inundados.

Um instrumentista escocês com nome de James Watt notou que a máquina de Newcomen, que usava a mesma câmara para alternar vapor aquecido e vapor resfriado condensada desperdiçava combustível e em 1765, ele idealizou uma câmara condensadora separada, com refrigeração a água. Ela era equipada com uma bomba que retia um vácuo parcial e uma válvula que liberada com tempo certo o vapor do cilindro. Isso provocou uma economia de combustível de 75%. Essa máquina corresponde aproximadamente à moderna máquina a vapor.

Em 1782, ele projetou e patenteou a máquina rotativa de ação dupla na qual o vapor era introduzido de ambos os lados do pistão de modo a produzir um movimento para cima e para baixo. Isso tornou possível prender o êmbolo do pistão a uma manivela ou um conjunto de engrenagens para produzir movimento rotativo e permitiu que essa máquina pudesse ser usada para impulsionar mecanismos, girar rodas de carroças ou pás para movimentar navios em rios.

No fim do século XVIII, as máquinas a vapor fabricadas por Watt e Matthew Boulton forneciam energia para fábricas, moinhos e bombas na Europa e na América.

O surgimento das caldeiras, que operavam com altas pressões e que foram produzidas por Richard Trevithick na Inglaterra e por Oliver Evans nos Estados Unidos, no início do século XIX, virou a base motora da revolução dos transportes uma vez que elas podiam ser usadas para movimentar locomotivas, barcos fluviais e, depois, navios.

A máquina a vapor foi a principal fonte produtora de trabalho e energia do século XIX e sua evolução aconteceu com a necessidade de melhoria de rendimento, de confiabilidade e da relação peso/potência. O surgimento da energia elétrica e do motor de combustão interna no século XX, contudo, acabaram que, nos países mais industrializados, a máquina a vapor aos poucos rumou ao quase esquecimento, mais sua aplicação industrial

como fonte de produção de vapor foi o que ainda alavancou o desenvolvimento até os dias de hoje (GERAÇÃO VAPOR).

2.2 O vapor no século XIX

Já no século XIX, novos conceitos foram incorporados para melhorar os aspectos de segurança, tendo em vista o elevado número de acidentes. Em 1865 foi inventada por Wilcox a caldeira aquatubular, a qual permitiu resolver os sérios problemas de circulação de água, abrindo caminho para uma série de modelos de melhor desempenho, chegando aos projetos modernos altamente sofisticados. (GERAÇÃO VAPOR)

2.3 Vapor na aplicação industrial

O vapor d'água resulta quando se transfere a uma massa de água quantidade suficiente de calor para causar sua vaporização. A mudança de estado físico da água, passando de líquido para vapor, ocorre normalmente em duas etapas, dependendo da pressão e da temperatura inicial: primeiro, se a massa de água líquida estiver sub-resfriada, a adição de calor faz aumentar a temperatura até atingir o ponto de saturação, ou seja, a temperatura na qual a água entra em ebulição; segundo, pela continuação da adição de calor, a massa de água líquida vaporiza, passando para a condição de vapor. Quando a água é aquecida a pressão constante, ao atingir o ponto de ebulição, o suprimento adicional de calor não resulta no aumento de temperatura, mas sim no aumento da evaporação, até que toda a massa líquida tenha evaporado.

Por outro lado, se a água é aquecida até o ponto de ebulição em um vaso fechado, o vapor gerado causa o aumento da pressão do sistema. Com o aumento da pressão, a temperatura na qual a fase líquida estará em equilíbrio com a fase vapor também irá aumentar. Portanto, a temperatura na qual a água vaporiza depende da pressão à qual está submetida. Para a água, como para qualquer substância pura, durante a mudança do estado líquido para vapor em condições isobáricas, o vapor em contato com o líquido irá permanecer à temperatura constante até que a vaporização seja completa. Nesta condição, tem-se o vapor saturado. Prosseguindo com o aquecimento do vapor saturado, é observado um gradativo aumento da temperatura. Nesta condição, o vapor é dito superaquecido. O grau de superaquecimento do vapor é definido pela diferença entre sua temperatura e a temperatura de saturação na pressão de trabalho.

Em instalações industriais dificilmente se consegue produzir vapor perfeitamente saturado. Este apresenta normalmente um certo percentual de umidade, que são gotículas de água que permanecem em suspensão em sua massa.

O parâmetro de qualidade do vapor que está relacionado com a umidade é o título. Este parâmetro é definido como o percentual de vapor seco contido na mistura.

O vapor saturado é mais indicado para uso em sistemas de aquecimento, pois permite a troca de calor à temperatura constante e apresenta maiores coeficientes de troca térmica que o vapor superaquecido. Já o vapor superaquecido é mais adequado para gerar trabalho mecânico em turbinas, sendo estas usadas para movimentar geradores elétricos, bombas e compressores (SERRA, 2006, p.38).

2.4 Caldeiras

Caldeira é um recipiente metálico cuja finalidade é a produção de vapor através do aquecimento da água. “As caldeiras são empregadas para alimentar máquinas que necessitam de energia térmica, autoclaves para esterilização de materiais diversos, cozimento de alimentos, ou calefação ambiental”. (LOUREIRO, 2007, p.1).

2.4.1 Conservação de energia em caldeiras

Segundo Carvalho (2007, p.1) dentre as medidas para economizar energia em sistemas de geração de vapor, podem ser destacadas as seguintes:

a) Redução nas descargas de Caldeira

As descargas de fundo e de nível nas caldeiras são indispensáveis para manter a concentração de sólidos dissolvidos na água de caldeira dentro dos limites de controle e evitar problemas de corrosão/arraste de água para o vapor. A melhor maneira de assegurar a operação da caldeira com uma quantidade mínima de purgas (e conseqüentemente valor máximo de ciclo de concentração) é o pré-tratamento adequado de água de reposição, o aproveitamento máximo de condensado, melhorando assim a qualidade da água de alimentação.

b) Recuperação de Condensado

A recuperação de condensado é com certeza o método mais concreto de economia de energia para sistemas de geração de vapor. No calor total do vapor, o calor latente é aproveitado praticamente de forma integral, enquanto o calor sensível é pouco aproveitado. Como o calor remanescente no condensado equivale a 20 e 30% do calor total do vapor, a recuperação do condensado resulta em considerável economia de combustível. As vantagens da recuperação de condensado são: a economia de combustível, a economia de água de reposição e a redução da vazão de purgas na caldeira. A qualidade do condensado é similar à

de uma água desmineralizada. Assim, a recuperação de condensado como água de alimentação proporciona uma redução das purgas, através do aumento do ciclo de concentração.

c) Tratamento Químico Adequado

Para caldeiras de baixa pressão, por vezes não há qualquer processo de remoção de dureza para a água que vai ser alimentada para o gerador de vapor. Em outros casos, existe um abrandador para a remoção da dureza, porém o mesmo pode estar subdimensionado ou operando de forma deficiente, ocasionando escape de dureza para a caldeira. Em qualquer dos casos acima, a presença de dureza a água da caldeira pode gerar a formação de depósitos nas superfícies de troca térmica. Estes depósitos prejudicam de forma considerável a passagem de calor, pois a condutividade dos mesmos é de 20 a 100 vezes menor que o do aço carbono.

3 ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO

No sistema de vapor em evidencia, tem-se um consumo total de 5000 litros de água/h de trabalho destas caldeiras, também totalizando 5 toneladas por hora em condições ideais de trabalho. Estas caldeiras trabalham 6 dias por semana, 24 horas por dia, 50 semanas por ano, Ou seja, estima-se uma produção de 7200 horas por ano. A temperatura de alimentação destas caldeiras é de 20 °C, e todo o condensado são descartados para o efluente com uma temperatura média de 90°C.

3.1 Cálculo de eficiência

A eficiência desta caldeira Pode ser obtida da seguinte forma:

$$\eta = \frac{V \cdot (H_v - H_a)}{C \cdot PCI}$$

onde:

η – Rendimento (%)

V – Produção de Vapor (Kg/h)

H_v – Entalpia Total do Vapor (Kcal/Kg)

H_a – Entalpia da água de alimentação (Kcal/Kg)

C – Consumo de Combustível (Kg/h)

PCI – Poder Calorífico Inferior do Combustível (Kcal/Kg)

$$\eta = \frac{5000(482 - 181.2)}{195 \times 9558} = 80\%$$

3.2 Cálculo de energia de aquecimento desta água

Primeiramente o calculo de quantidade de energia necessária para elevar um kg de água, de 20°, que é a temperatura de entrada, ate 90° C, que é a temperatura na qual o condensado esta sendo eliminado.

Para encontrarmos este valor usaremos a seguinte equação:

$$Q = m \cdot cp \cdot \Delta T$$

Onde:

Q = Quantidade de energia (kJ)

m = Massa de substancia (kg)

c_p = Calor especifico da substancia (kJ kg °C)

ΔT = Elevação de temperatura da substancia. (°C)

Ou seja:

$$Q = 1 \text{ KG} \cdot 4,19 \text{ KJ KG } ^\circ\text{C} \cdot 70^\circ\text{C} = 293,3 \text{ KJ KG}$$

Em um levantamento direto de vazão de condensados, foi verificado que o volume de condensados em cada purgador varia, mais existe também um grande volume em tanques de matéria prima que são encamisados, no qual esses tanques exigem aquecimento sem interrupção, gerando uma descarga de condensados alta.

Em uma análise direta, mensurou-se que 275 kg/hora de condensado estão sendo descartados para a atmosfera, ou seja, a cada ano, esta sendo jogados para a atmosfera o equivalente a quantidade de energia de $Q_c = 80657,5$ kJ/h.

O P.C.I desse combustível, que é o GNL, é igual a 45130 kJ/m³, e seu custo é igual a 1.03 R\$ /m³. Contudo, tem-se a perda de 80657,5 kJ/h, e pode ser calculado o custo de custos para fornecimento de energia para este condensado que esta sendo descartado.

$$\text{Custo} = \frac{Q_c}{P.C.I} \cdot R\$ = R\$2.30 \text{ por hora.}$$

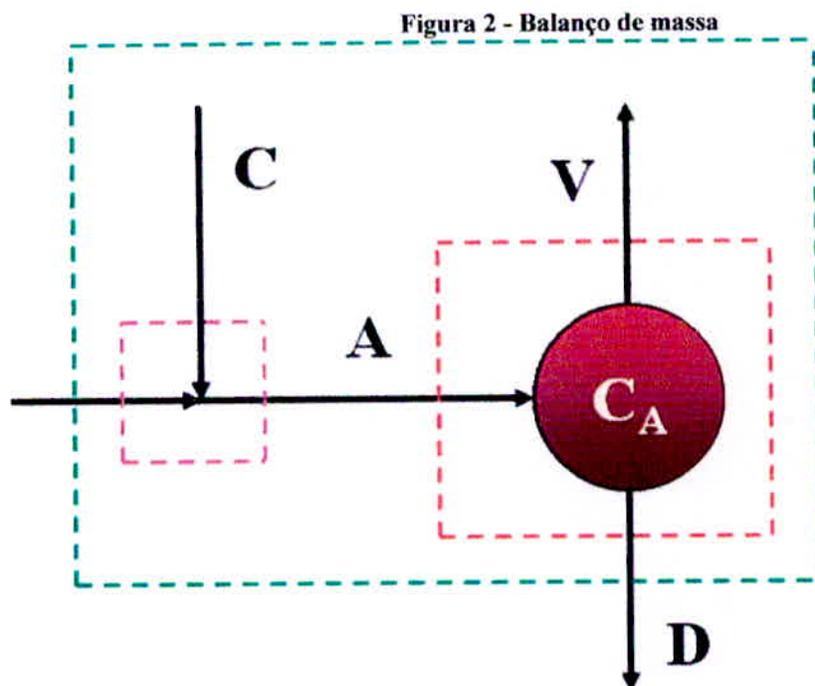
Ou seja, em um ano, descarta-se o equivalente a R\$16.560,00 de gasto energético com este condensado descartado.

3.3 Ciclos de concentração de uma caldeira

Quando fala-se em melhoria de um sistema de vapor, isso também implica na melhoria da qualidade da água. Sendo que o reaproveitamento do condensado nos da uma possibilidade de alterarmos o ciclo de concentração do sistema, que implica também em economias, e este trabalho se inicia no balanço de massa.

3.3.1 Balanço de massa

O perfeito conhecimento de todas As variáveis envolvidas no balanço de Massa de um sistema gerador de vapor é peça essencial para a correta definição do programa de tratamento a ser aplicado, bem como das quantidades requeridas de cada produto químico.



Fonte: Spirax Sarco

Equações Fundamentais:

$$A = C + R$$

$$A = V + D$$

$$R = P + D$$

Onde:

V = Vapor (kg/h)

C = Condensado (kg/h)

R = Reposição (kg/h)

A = Alimentação (kg/h)

D = Descarga (kg/h)

P = Perdas de Processo (kg/h)

Na situação atual, tem-se que:

$$V = 5000 \text{ kg/h}$$

$$C = 0 \text{ kg/h}$$

$$R = 5556 \text{ kg/h}$$

A=5556 kg/h

D=556 kg/h

P= Não mensurada.

Como mensurado anteriormente, iremos utilizar um sistema de recuperação de condensados com volume de 275 kg/h, disponível no sistema.

Com isso ficaremos com o sistema balanceado da seguinte forma:

3.3.2 Ciclos de Concentração

Define-se como sendo o número de vezes em que a água de uma caldeira encontra-se mais concentrada em relação a água de Reposição ou de Alimentação.

3.3.2.1 Ciclo de Concentração Real

Em caldeiras de baixas e médias pressões (até 600 psig), obtém-se pela relação direta entre a concentração do íon Cloreto na água da caldeira e este mesmo íon na água de Reposição ou Alimentação.

$$\text{Ciclo Real} = [Cl_{(Cal.)}] / [Cl_{(Rep.)}]$$

Devido à limitação dos teores de STD, em caldeiras operando a pressões mais elevadas, a determinação do Ciclo de Concentração deve ser obtida através de traçadores específicos.

3.3.2.2 Ciclo de Concentração Permissível

É definido como aquele número a partir do qual começam a ocorrer processos de deposição de SS e/ou insolubilização de Sais Dissolvidos na água da Caldeira. É empregado no cálculo do Balanço Material para definir a vazão necessária de Purga.

De uma forma geral, obtém-se pela relação direta entre a concentração de um íon limitante na água da Caldeira e este mesmo íon na água de Reposição ou de Alimentação.

$$\text{Ciclo Máximo} = [X_{(Max. Cal.)}] / [X_{(Alim.)}]$$

Onde "X" poderá ser:

Dureza Total	Sílica
Alcalinidade Total	Sólidos Totais Dissolvidos
Sólidos Suspensos	Ferro Total
Cobre Total	Alumínio Total

Tabela 1- Limites de Concentração da Sais em águas de caldeiras de acordo com ASME.

Pressure (psi)	Saturation temperature (°F)	Maximum (ppm)					Range (ppm)			
		Dissolved solids	Suspended solids*	Total alkalinity†	Silica	Sludge conditioners		Residual phosphate	Residual sulfite	Residual hydrazine
						Natural	Synthetic			
100	328	5000.00	500	900	250.00	150	15	NR‡	90-100	NR
200	382	4000.00	350	800	200.00	150	15	40-50	80-90	NR
300	417	3500.00	300	700	175.00	100	15	30-40	60-70	NR
500	467	3000.00	60	600	40.00	70	15	25-30	45-60	NR
600	486	2500.00	50	500	35.00	70	10	20-25	30-45	NR
750	510	2000.00	40	300	30.00	NR	10	15-20	25-30	NR
900	532	1000.00	20	200	20.00	NR	5	10-15	15-20	0.10-0.15
1000	545	500.00	10	50	10.00	NR	3	5-10	NR	0.10-0.15
1500	596	150.00	3	0	3.00	NR	NR	3-6	NR	0.05-0.10
2000	636	50.00	1	0	1.00	NR	NR	1-3	NR	0.05-0.10
2500	668	10.00	0	0	0.50	NR	NR	NR	NR	0.02-0.03
3200‡	705	0.02	0	0	0.02	NR	NR	NR	NR	0.01-0.02

* Guidelines for pressures from 100 to 900 psi apply to conventional field-erected boilers with moderate rates of heat transfer, say 50,000 Btu/(ft² · h). At high rates characteristic of packaged boilers, large amounts of insoluble material cannot be managed effectively by a dispersant presently available.

† Zero alkalinity refers to hydroxide ion, i.e., Pa and M alkalinites (2P-M). There is always some alkalinity produced by ammonia, hydrazine, morpholine, or other bases.

‡ NR = not recommended.

SOURCE: Chemical Publishing Company, *The Chemical Treatment of Boiler Water*, James W. McCoy, New York, 1981.

Fonte: SPIRAX SARCO

Atentar para os Limites de Solubilidade dos Sais Dissolvidos que ficam mais estreitos com a elevação da pressão de operação das caldeiras.

A determinação do número de ciclos de concentração com que uma caldeira deve operar deve prever que todos os sais potencialmente presentes na água da caldeira não atinjam seu limite de solubilidade. Assim, o Ciclo de Concentração Permissível será o menor valor obtido pelo cálculo individual dos contaminantes presentes no meio.

Um Sistema de Geração de vapor deverá sempre trabalhar com o maior Ciclo de Concentração possível, pois isto representa Otimização das perdas de energia, água e tratamento químico.

Como $A = V + D$

Fazendo um balanço de Cl⁻ nesta mesma malha obtemos:

$$A.[Cl_A] = V.[Cl_V] + D.[Cl_D]$$

$$A / D = [Cl_D] / [Cl_A]$$

Como $[Cl_D] / [Cl_A] = C_A$ (Ciclos de Concentração)

$$D = A / C_A$$

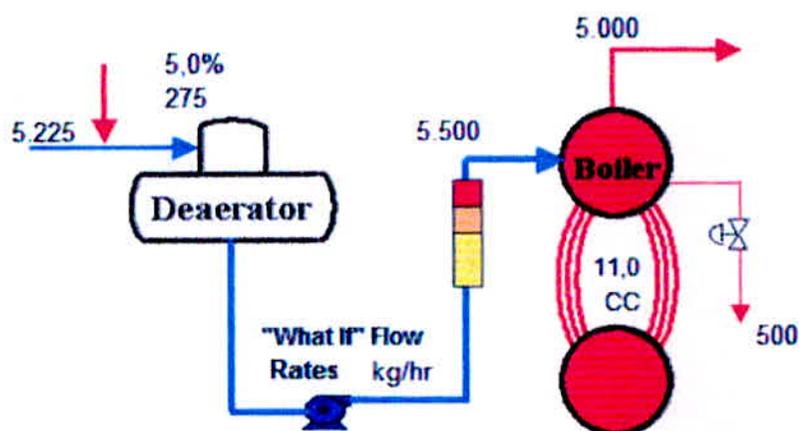
Trabalhando-se a equação acima podemos obter uma expressão para determinar a descarga através da vazão de Vapor, ou seja:

$$D = V / (C_A - 1)$$

Como em análises químicas dos sais na água, conseguimos um ciclo de 11, no qual a descarga será agora de 500Kg/h.

Assim, nosso novo sistema será da seguinte forma:

Figura 3 - Sistema de vapor



Fonte: Total Alimentos.

Nesta medida, estamos também incluindo algumas economias significativas com o consumo de água, no qual com esse sistema irá economizar 2383,2 m³ de água, com um custo estimado de R\$3,00 o metro cúbico, a economia no final de um ano será R\$7.149,60.

3.4 Resultados

Como visto anteriormente, comprovamos a viabilidade do projeto, pois conseguimos diminuir o custo com taxas de esgoto, de água e também de purga, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Custos e créditos de água e energia.

Custo de Energia de Purga	R\$/ano	3.653	2.959	694
Custos com esgoto	R\$/ano	934	841	93
Custo de água de reposição	R\$/ano	140.091	133.527,4	7149,60
Sub total (custos)	R\$/ano	144.677	135.554	7936,6
Combustível condensado devolvido (crédito)	R\$/ano	0	493	-493
Economia total		R\$7.443,6		

Fonte: Autor

Também podemos contar como economia a quantidade de energia contida no condensado reaproveitado na linha, no qual foi mensurada em R\$16.560,00.

4 CONCLUSÃO

Em nosso mundo, atualmente a máxima eficiência energética esta se tornando um caminho muito interessante e viável, pois otimizando a eficiência através de métodos como o abordado neste trabalho pode se conseguir uma economia boa, com um ótimo retorno também em forma de sustentabilidade. Este trabalho atingiu seu objetivo ao comprovar a viabilidade de uma instalação de um sistema de retorno de condensado para realimentação da caldeira, e gerando também algumas economias que não foram abordadas, mais também podem se tornar significativas, pois quanto maior a temperatura de entrada de água, gera uma economia de combustível.

Nesse estudo de caso, ficou claro a eficiência do sistema, e é recomendável a implantação em sistemas da vapor, pois seu benefícios para a industria são claros.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, M. A. **Metodologia IDEATRIZ para a Ideação de Novos Produtos**. 2007. 254f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

CIRILO, E. R. **Simulação do Escoamento Incompressível num Coletor Bidimensional**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Instituto de Matemática). Porto Alegre, RS, 2001.

GERAÇÃO VAPOR. História do vapor.
Disponível em: <http://www.geracaoovapor.com.br/>
Acesso: Agosto 2012

LOUREIRO, M. Máquinas térmicas - caldeiras.
Disponível em: <http://marioloureiro.net/ensino/manuais/caldeiras.doc>
Acesso: Maio de 2013.

SERRA, O. C. **Identificação de Oportunidades para redução das perdas de água e energia em um sistema de geração e distribuição de vapor**. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal da Bahia (Escola Politécnica). Salvador, BA, 2006.

SPIRAX SARCO. Catálogo técnico simplificado. 2012.