



EFICIÊNCIA NA GERAÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E USO DO VAPOR NA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA¹

Marcos Antônio Andrade de Oliveira²
Rodrigo Flora Calili³

Resumo

O vapor é hoje o principal meio de transporte de calor para processos industriais, desde indústrias de bebidas e laticínios até biotecnológicas e farmacêuticas. Dada a importância deste insumo, o objetivo deste trabalho é identificar oportunidades, projetar alterações e elaborar indicadores para o aumento de eficiência na geração, distribuição e uso de vapor na indústria farmacêutica. Uso de técnicas de M&V (Medição e Verificação) na composição de indicadores de eficiência visa assegurar o atingimento dos objetivos e a manutenção da eficiência do processo ao longo do seu ciclo de vida. O estudo de M&V conclui que o custo do uso do vapor na esterilização de produtos farmacêuticos apresenta parcela significativa do custo total do produto. Resumindo, a M&V pode ser usada na elaboração do projeto de melhoria, na comprovação do ganho esperado e na gestão da manutenção do nível de eficiência, suportando os projetos de melhoria contínua

Palavras-chave: Eficiência energética; Vapor industrial; Gestão; Indústria farmacêutica.

EFFICIENCY IN GENERATION, DISTRIBUTION AND USE OF STEAM IN THE PHARMACEUTICAL INDUSTRY

Abstract

Steam is now the main means of heat transportation in industrial processes, being used since the beverage and dairy industries to biotechnology and pharmaceutical industry. The aim of this study is to identify opportunities, design changes and develop indexes with objective of increasing the steam efficiency in generation, distribution and use in the pharmaceutical industry. The use of M&V (Measurement and Verification) techniques for the composition of performance indexes aims to ensure achievement of targets and process efficiency maintenance throughout its life cycle. The M&V study concludes that the cost of using vapor in sterilization process of pharmaceuticals products represents a significant portion of the total cost of the product. Summarizing, M & V can be used in the improvement project design, the expected gain verification and the maintenance management of the efficiency level, supporting the continuous improvement projects.

Key words: Energy efficiency; Industrial steam; Management; Pharmaceutical industry.

¹ *Contribuição técnica ao 33º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 27º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 22 a 24 de agosto de 2012, Belo Horizonte, MG.*

² *Engenharia Eletrônica. MSc. Coordenador de Projetos. Laboratórios B.Braun S.A..*

³ *Engenharia Elétrica. MSc. Bolsista de Doutorado, CNPq e PUC-Rio. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.*



1 INTRODUÇÃO

O vapor pode ser usado para aquecimento de processos, para esterilização de produtos e equipamentos. Sendo que um processo extremamente crítico para indústria farmacêutica é a esterilização, que é o processo de destruição de todas as formas de vida microbiana, bactérias nas formas vegetativas e esporuladas (esporos), fungos e vírus, mediante a aplicação de agentes físicos, químicos e físico-químicos.⁽¹⁾

Equipamento de uso muito difundido na indústria farmacêutica, as autoclaves de esterilização, utilizam normalmente vapor como fonte de calor, sendo a esterilização em autoclave o processo que maior segurança oferece, devendo ser utilizado para esterilização de artigos que não sejam sensíveis ao calor e ao vapor.

O princípio básico da esterilização por calor úmido é a exposição do material a vapor saturado com temperatura, pressão e tempo necessário. A umidade e calor desnaturam irreversivelmente enzimas e proteínas estruturais, destruindo os microrganismos.⁽¹⁾

Em uma indústria farmacêutica de grande porte cerca de 70% do vapor produzido é consumido pelas autoclaves de esterilização.

1.2 Revisão de Literatura

1.2.1 Vapor industrial

Uma definição simplista para o vapor seria água mais calor, o vapor pode se apresentar na sua forma saturada ou superaquecida (Figura 1).⁽²⁾

- Vapor saturado: Vapor frequentemente em contato com sua parte líquida (bifásica), em equilíbrio térmico com a mesma;
- Vapor Superaquecido: Vapor em sua forma totalmente gasosa (monofásica), que se encontra em uma temperatura acima da temperatura do vapor saturado.

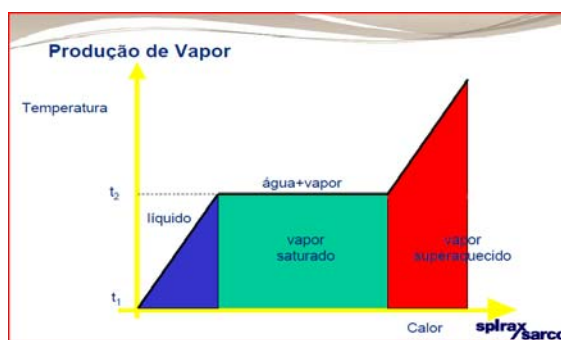


Figura 1 - Tipos de vapor.⁽³⁾

1.2.2 Geração

O Vapor é produzido a partir do aquecimento e pressurização de água em sua fase líquida. Um sistema de vapor eficiente inicia na geração eficiente do vapor.⁽³⁾

1.2.3 Distribuição

Para que o Vapor esteja disponível nos seus pontos de uso, com suas propriedades adequadas, se torna necessário o uso de tubulações, separadores de umidade, purgadores, reguladores de pressão e isolamento térmica. Os elementos de distribuição devem estar devidamente projetados para as condições de operação e



sua manutenção necessita uma atenção especial. Na distribuição deve se minimizar as perdas para manutenção da eficiência do sistema.⁽⁴⁾

1.2.4 Utilização

Nos pontos de uso do vapor algumas boas práticas podem assegurar uma maior eficiência e estabilidade para o sistema, como: Redução de pressão, armazenamento de vapor (tanque pulmão) e purgadores de bombeamento.

Analisando a tabela de calor para vapor saturado podemos observar que o calor latente aumenta à medida que a pressão é reduzida, como a troca térmica da parcela latente do calor é mais eficiente que o da parcela de calor sensível, a troca térmica é mais efetiva em pressões menores, reduzindo o tempo de aquecimento, ver tabela 1. Com a maior eficiência na troca térmica se consegue um menor consumo de vapor. Para reduzir a pressão e ou temperatura no ponto de consumo é utilizado válvulas reguladoras de pressão (Figura 2).⁽³⁾

Tabela 1 - Tabela de calor para vapor saturado

Pressão relativa (kgf/cm ²)	Pressão absoluta (kgf/cm ²)	Temp. (°C)	Calor sensível (kcal/kg)	Calor latente (kcal/kg)	Calor total (kcal/kg)	Volume Específico (m ³ /kg)
0	1	99,1	99,1	539,4	638,5	1,725
2	3	132,9	133,4	516,9	650,3	0,616
4	5	151,1	152,1	503,7	655,8	0,381
6	7	164,2	165,6	493,8	659,4	0,277
8	9	174,5	176,4	485,6	662,0	0,218
10	11	183,2	185,6	478,3	663,9	0,180
12	13	190,7	193,5	471,9	665,4	0,154
14	15	197,4	200,6	466,0	666,6	0,134

Na maior parte das aplicações com vapor industrial é utilizado um trocador de calor para que seja efetuada a troca térmica sem a contaminação processo pelo vapor e para seja obtido o retorno do condensado gerado, um sistema com o uso de um trocador de calor pode ser visto na Figura 3.⁽³⁾



Figura 2 - Válvulas reguladoras.⁽⁵⁾

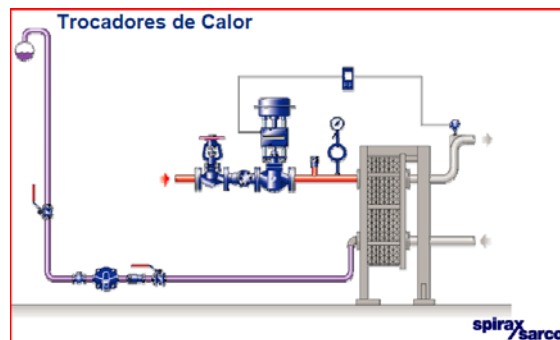


Figura 3 - Trocador de calor⁽³⁾

Um problema comum em sistemas com trocadores de calor é o Stall Point é a situação em que a pressão interna do trocador de calor não é suficiente para drenar completamente o trocador, mantendo um nível indesejado de condensado no trocador (Figuras 4 e 5).⁽³⁾

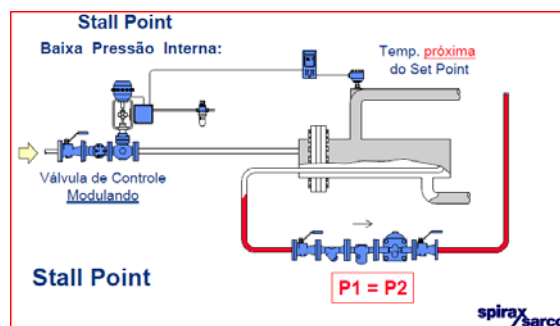


Figura 4 - Stall Point (Baixa Pressão Interna).⁽³⁾

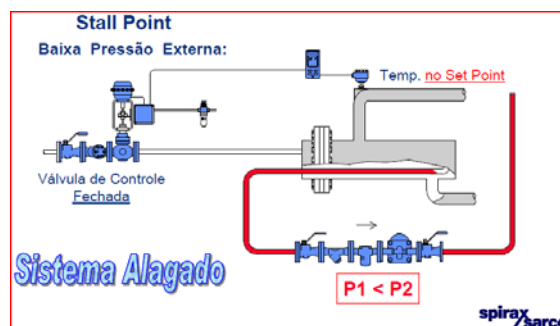


Figura 5 - Stall Point (Baixa Pressão Externa).⁽³⁾

Para se evitar o problema de Stall Point uma técnica bastante difundida é a utilização de um purgador de bombeamento, este purgador é capaz de drenar o trocador mesmo que este se encontre internamente em vácuo, um purgador deste tipo pode ser visto na Figura 6 e sua aplicação na Figura 7.⁽³⁾



Figura 6 - Purgador de Bombeamento.⁽³⁾

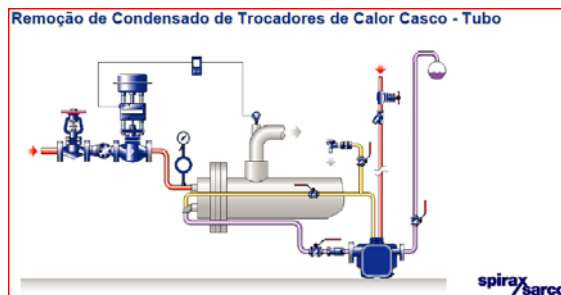


Figura 7 - Purgador de Bombeamento.⁽³⁾

1.2.4 Retorno de condensado

Como a função principal do vapor industrial é transferência de calor, após esta transferência o vapor se transforma em condensado (água em seu estado líquido e quente) que é um recurso valioso.⁽⁴⁾

É estimado que para 6°C de aumento de temperatura da água de reposição da caldeira se reduz aproximadamente 1% em consumo de combustível (Figuras 8 e 9).⁽³⁾

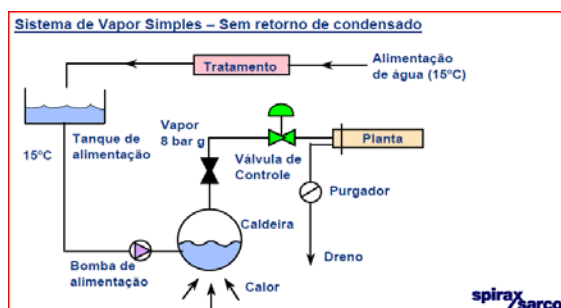


Figura 8 - Sistema sem Retorno de Condensado.⁽³⁾

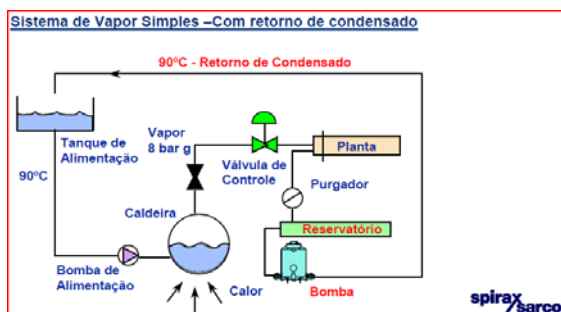


Figura 9 - Sistema com Retorno de Condensado.⁽³⁾

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Diagnóstico Energético

Foi elaborado um relatório técnico, este relatório consiste em um questionário e suas respostas analisando o sistema de vapor, contemplando, detalhes da caldeira, sistema de distribuição e uso do vapor.⁽⁶⁾ Seguem alguns tópicos deste relatório:

2.1.1 Geração

- Com o objetivo de verificar a possibilidade de aumento da pressão na caldeira, produção de vapor em uma pressão maior é mais eficiente, procurou-se identificar quais são as PMTA das caldeiras e quais são as pressões de *set-point* destas. Os resultados mostraram que a na caldeira



- 1 a PMTA foi de 11,95 kgf/cm² e na caldeira 2 de 12 kgf/cm², já as pressões de *set-point* foram de aproximadamente de 8,5 bar (g) na caldeira e de 9,5 bar (g) na caldeira 2.
- Com o objetivo de verificar instabilidades na geração de vapor, quedas acentuadas geram vapor de baixa qualidade (baixo título) por arraste de condensado. Os resultados mostraram que a pressão da caldeira não se mantém estável durante os picos de vazão do sistema. Com os Set-point 8,5 bar a 9,5 bar (g), variação da pressão na linha 4,5 bar a 9,5 bar (g) durante os picos de consumo;
 - O economizador de uma caldeira pré aquece a água de reposição da caldeira (make-up) utilizando a temperatura dos gases de exaustão, economizando combustível. O economizador da caldeira 1 se encontra inativo, o economizador da caldeira 2 está operacional.
 - A reposição de água não contínua gera perturbação na taxa de geração de vapor na caldeira, prejudicando o título do vapor e a eficiência da caldeira. A reposição de água não é contínua na Caldeira 1 é regulada por válvula *on/off*, na Caldeira 2 a reposição é contínua através de inversor de frequência na bomba.
 - As descargas (nível e fundo) são parâmetros críticos para manutenção da integridade da caldeira, no entanto, as descargas acima do necessário prejudicam a eficiência do processo. As descargas de fundo, em ambas as caldeiras, são automáticas por tempo de ciclagem e análise feita por uma empresa terceirizada. A descarga de nível manual sem definição precisa do tempo de ciclagem. Análise feita três vezes por semana.
 - O vapor *Flash* que escapa no sistema de retorno de condensado possui energia e o reaproveitamento desta energia melhora a eficiência do processo. O vapor *Flash* do retorno de condensado é lançado na atmosfera.
 - O vapor *Flash* das descargas de nível e de fundo pode ser reaproveitado. Este vapor possui energia (em forma de calor latente) e o reaproveitamento desta energia melhora a eficiência do processo. O vapor *Flash* das descargas de ambas as caldeiras não são reaproveitados.
 - As águas de descargas possuem energia (em forma de calor sensível) e o reaproveitamento desta energia melhora a eficiência do processo. O calor sensível da água das descargas de nível e de fundo não são reaproveitados Em ambas as caldeiras.

2.1.2 Distribuição

- As perdas de calor para o ambiente prejudicam a eficiência do processo. Com o objetivo de reduzir esta perda devem existir rotinas para verificar a integridade do isolamento térmico das tubulações de vapor (fotografia termográfica).
- A implementação de uma rotina de inspeção periódica (semestral) com mapeamento (tags) de todos os purgadores do sistema asseguram a manutenção da eficiência do sistema. Deve Existir uma rotina para verificar o correto funcionamento dos purgadores de vapor (ultrassom). Manutenção feita com terceirização, com intervalo muito longo (anual), sem mapeamento (tags).
- A saída de todos os purgadores deve estar ligados na linha de retorno de condensado. O uso do condensado na alimentação da caldeira gera uma



produção de vapor eficiente, o condensado tem qualidade e temperatura ideal para este fim. Todos os pontos de purga estão atualmente retornando para a linha de condensado.

- A medição da vazão do condensado é um método eficiente para controle do correto funcionamento do sistema de purga e retorno. Não existe medição de vazão do condensado retornado.
- A medição da pressão do condensado é um método eficiente para controle do correto funcionamento do sistema de purga e retorno. Não existe monitoração da pressão do condensado retornado
- Vazamentos representam perda direta calor que resulta em desperdício de combustível. Foram encontrados vazamentos durante as inspeções.

2.1.3 Uso

- O bombeamento do condensado elimina o problema da contrapressão na linha de condensado e a geração do problema do Stall Point (alagamento no trocador de calor). Não Existe retorno de condensado nos pontos de uso (Trocadores de Calor) com bombeamento, apenas o uso de purgadores convencionais.
- A correta medição dos parâmetros possibilita identificação de desvios que podem comprometer a eficiência do processo. Os sensores do sistema de vapor são calibrados (pressão, temperatura, vazão etc.).
- O calor latente liberado pelo vapor é inversamente proporcional a sua pressão, a redução de pressão de vapor próximo ao ponto de uso, torna o processo mais eficiente. Os pontos de uso que utilizam válvula reguladora:
- Autoclave A: Não / Autoclave B: Sim, porém sub-dimensionada, 2" ao invés de 4";
- Autoclave C: Sim / GVL: Não / Preparo: Não / WFI: Não / HVAC: Sim / EtO: Sim.
- O calor latente liberado pelo vapor é inversamente proporcional a sua pressão, a redução de pressão de vapor próximo ao ponto de uso, torna o processo mais eficiente. As válvulas reguladoras de pressão devem estar corretamente reguladas, temperatura do vapor igual SP+30°C, os ajustes de pressões encontram-se listados abaixo:
 - Autoclave A: Não, apenas válvula de controle proporcional, temperatura 111,5°C, pressão 8,5 bar (g) (pressão da linha), pressão ideal 2 bar (g);
 - Autoclave B: Não, temperatura 111,5°C, pressão 5 bar (g) (não estável), pressão ideal 2 bar (g);
 - Autoclave C: Não, temperatura 111,5°C, pressão 5 bar (g) (estável), pressão ideal 2 bar (g);
 - GVL: Não, apenas válvula de controle proporcional, temperatura 132°C, pressão 8,5 bar (g) (pressão da linha), pressão ideal 5 bar (g);
 - Preparo: Não, apenas válvula de controle proporcional, temperatura 70°C, pressão 8,5 bar (g) (pressão da linha), pressão ideal 0,2 bar (g);
 - WFI: Não, apenas válvula de controle proporcional, temperatura 85°C, pressão 8,5 bar (g) (pressão da linha), pressão ideal 0,2 bar (g);
 - HVAC: Sim, ajuste de 3,5 bar (g) (142°C), acima do necessário para controle ambiental, pressão ideal 0,2 bar (g);
 - EtO: Sim, ajuste de 2,0 bar (g), necessidade do processo.



3 RESULTADOS

Este capítulo descreve o projeto de retrofit das instalações de vapor e seu estudo financeiro.

3.1 Casa de Caldeiras

3.1.1 Descargas de fundo e contínua

Comentário: as descargas de fundo estão com excessivo tempo de abertura, desperdiçando água tratada e aquecida.

Não existe monitoramento contínuo de Sólidos Totais Dissolvidos, e por isto a abertura das válvulas para renovação de água é realizada de forma pouco precisa, sem avaliação em tempo real a condição da água. ⁽⁷⁾.

Ganho estimado: R\$ 8.000 / mês - *Investimento:* R\$ 18.326,00

Retorno do Investimento: 2,3 meses

Material Necessário: 01 Sistema de monitoramento e descarga de condensado, composto por: Sensor de STD; Controlador de Descargas/STD; Válvula de Descarga.

3.1.2 Tanque de retorno de condensado

Comentário: o vapor flash proveniente do retorno de condensado somado às eventuais vazamentos em purgadores, ao retornar ao tanque de coleta de condensado, atualmente são eliminados para a atmosfera.

Recomenda-se instalar um condensador, que usará a própria água de *make-up* como fluido frio. O benefício será duplo, pois retornará a energia+WFI ao sistema, assim como pré-aquecerá o WFI de *make-up*.

O Controle de Nível do tanque principal de retorno de condensado é feito de forma deficiente, dependendo de operação manual e sujeito a transbordamentos. ⁽⁷⁾

Considerações: Pressão de retorno de condensado = 1,5 bar (g); Taxa de re-
evaporação = 4,0 %; Vazão de Condensado retornado = 1.000 kg/h; Vapor flash
formado = 40 kg/h

Ganho estimado: R\$ 3.278,88 / mês - *Investimento:* R\$ 26.466,26

Retorno do Investimento: 8,1 meses

Material Necessário: Exaustor Condensador; Sistema Controlador de Nível; Controlador de Nível com alarme nível baixo; Válvula de Controle para alimentação WFI; Válvula de Controle *on-off* para alimentação de água industrial

3.2 Linhas de Distribuição

3.2.1 Purgadores - drenagem tubulação

Comentário: existem purgadores com passagem direta de vapor. ⁽⁷⁾

Ganho estimado: R\$ 4.098,46 / mês - *Investimento:* R\$ 1.662,70

Retorno do Investimento: 0,4 meses - *Material:* 05 purgadores

3.3 Equipamentos Consumidores de Vapor

3.3.1 Aquecedor osmose reversa

Comentário: o purgador instalado está com passagem de vapor (vazamento interno para a descarga). É utilizado vapor saturado com P = 8 bar (g) (T = 174,5°C / calor latente = 485,6 kcal/kg) para aquecimento da WFI a 85°C; recomendado utilizar a pressão reduzida (0,8 bar (g)) para aumento da parcela útil da energia em 8%. Instalar Estação Redutora e Purgador de Bombeamento. ⁽⁷⁾



Ganho Estimado: R\$ 9.000 / mês - *Investimento:* R\$ 28.743,00

Retorno do Investimento: 3,2 meses

Material: Estação Redutora de Pressão; Sistema de purga e bombeamento.

3.3.2 Autoclave “A”

Comentário: é utilizado vapor saturado com $P = 8 \text{ bar (g)}$ ($T = 174,5^\circ\text{C}$ / calor latente = 485,6 kcal/kg) para atingir a temperatura de esterilização de $110,5^\circ\text{C}$; recomendado utilizar a pressão reduzida (5,0 bar (g)) para aumento da parcela útil da energia em 2,6%. Instalar Estação Redutora e Purgador de Bombeamento APT.

Segundo especificação técnica do Autoclave, a vazão máxima de vapor é de 5 ton/h (pico); o sistema foi dimensionado para atender esta condição. Para efeito de retorno de investimento foi considerada a vazão de 3000 kg/h por 20 minutos, quatro vezes ao dia.⁽⁷⁾

Ganho Estimado: R\$ 594,28 / mês - *Investimento:* R\$ 37.422,00

Retorno do Investimento: 63,0 meses

Obs.: a melhoria nos Autoclaves está contemplando o aumento do título do vapor (separador de umidade) e bombeamento de condensado APT (redução de golpe de ariete e proteção operacional), que não teve o seu *payback* calculado devido subjetividade existente neste cálculo.⁽⁷⁾

Material: Estação Redutora de Pressão; Sistema de purga e bombeamento.

3.3.3 Autoclave “B”

Comentário: A válvula redutora de pressão está sub-dimensionada e não atende aos dados de projeto. Além disto, é utilizado vapor saturado com $P = 5 \text{ bar (g)}$ ($T = 158,1^\circ\text{C}$ / calor latente = 498,5 kcal/kg) para atingir a temperatura de esterilização de 111°C ; recomendado utilizar a pressão reduzida (2,8 bar (g)) para aumento da parcela útil da energia em 2,5%. Deverá ser alterada a ERP e instalar purgador de bombeamento APT.⁽⁷⁾

Ganho Estimado: R\$ 594,28 / mês - *Investimento:* R\$ 37.422,00

Retorno do Investimento: 63,0 meses

Material: Estação Redutora de Pressão e Sistema de purga e bombeamento.

3.3.4 Autoclave “C”

Comentário: é utilizado vapor saturado com $P = 5 \text{ bar (g)}$ ($T = 158,1^\circ\text{C}$ / calor latente = 498,5 kcal/kg) para atingir a temperatura de esterilização de 111°C ; recomendado utilizar a pressão reduzida (2,8 bar (g)) para aumento da parcela útil da energia em 2,5%. Alterar pressão de ajuste das válvulas instaladas e instalar purgador de bombeamento APT⁽⁷⁾

Ganho Estimado: R\$ 4.000 / mês - *Investimento:* R\$ 17.285,00

Retorno do Investimento: 4,3 meses - *Material:* Sistema de purga e bombeamento

3.3.5 HVAC

Comentário: é utilizado vapor saturado com $P = 3,5 \text{ bar (g)}$ ($T = 142,2^\circ\text{C}$ / calor latente = 506,7 kcal/kg); recomendado utilizar a pressão reduzida (0,5 bar (g)) para aumento da parcela útil da energia em 4,7%. Alterar pressão de ajuste das válvulas instaladas e instalar sistema de bombeamento APT⁽⁷⁾

Ganho Estimado: R\$ 4.800 / mês - *Investimento:* R\$ 15.630,00

Retorno do Investimento: 3,3 meses - *Material:* Sistema de purga e bombeamento



3.3.6 Sala de preparação (Poço dos Galões)

Comentário: é utilizado vapor saturado com $P = 8 \text{ bar (g)}$ para atingir a temperatura de aquecimento de 85°C ; recomendado utilizar a pressão reduzida ($1,0 \text{ bar (g)}$) para aumento da parcela útil da energia em $7,7\%$. Instalar Estação Redutora de Pressão e alterar purgadores para tipo bóia.⁽⁷⁾

Ganho Estimado: R\$ 3.500 / mês - *Investimento:* R\$ 13.644,00

Retorno do Investimento: 3,9 meses - *Material:* Purgador tipo bóia termostática.

4 DISCUSSÃO - GESTÃO ATRAVÉS DE M&V

A “Medição e Verificação” (M&V) é o processo de utilização de medidas para determinar de modo seguro a economia real criada dentro de uma instalação individual por um programa de gestão de energia. A economia não pode ser medida diretamente, uma vez que representa a ausência de consumo de energia. Por sua vez, a economia é determinada comparando o consumo medido antes e depois da implementação de um projeto, fazendo ajustes adequados tendo em conta alterações nas condições.⁽⁸⁾

Após uma análise das medições em campo e documentação (fluxograma de processo) o cenário dos pontos de consumo de vapor foi consolidado. Na Tabela 2 pode-se ver a os principais equipamentos e os seus consumos de vapor.

Tabela 2 - Principais equipamentos e os seus consumos de vapor

ECOFLAC	CONSUMO NOMINAL	TOTAL
AUTOCLAVE A	2000 Kg/h	10,905 Kg/h
AUTOCLAVE B	2500 Kg/h	
AUTOCLAVE C	2800 Kg/h	
SECAGEM UV-01	140 Kg/h	
TANQUE T1	200 Kg/h	
TANQUE T2	200 Kg/h	
TANQUE T3	200 Kg/h	
TANQUE T4	150 Kg/h	
TANQUE T5	150 Kg/h	
TANQUE T6	100 Kg/h	
GERADOR DE VAPOR PURO	700 Kg/h	
AUTOCLAVE MICRO	40 Kg/h	
UC 1.1	150 Kg/h	
UC 1.2	179 Kg/h	
UC 1.3	142 Kg/h	
UC 1.4	192 Kg/h	
UC 1.8	250 Kg/h	
UC 1.9	62 Kg/h	
TROCADOR OSMOSE	750 Kg/h	
MEDICAL	CONSUMO NOMINAL	
CÂMARA ETO	500 Kg/h	500 Kg/h
GERAL		11405 Kg/h

Na Figura 10 pode-se ver um gráfico com os percentuais de consumo por tipo de equipamento. Na Figura 11 pode-se ver um gráfico com os percentuais por processo (linha de produto).

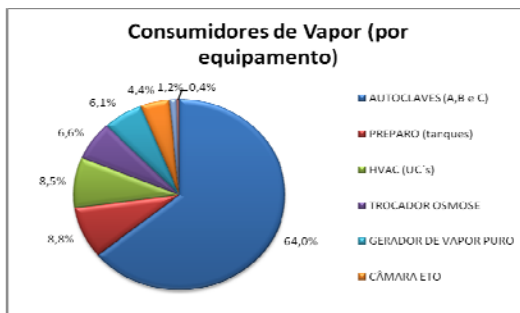


Figura 10 - Percentuais de consumo por tipo de equipamento.

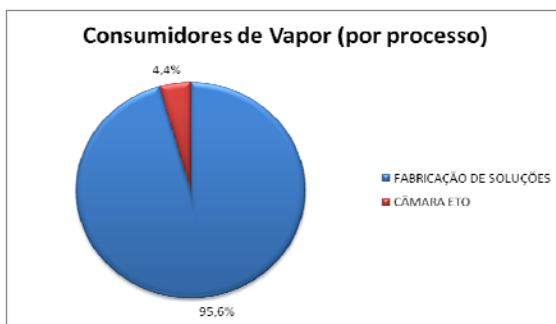


Figura 11 - Percentuais de consumo por processo (linha de produto).

4.1 Cálculos com Dados Medidos

Na Tabela 3 pode-se ver a evolução no volume de solução produzida o consumo de gás natural ao longo do primeiro semestre de 2011 e o indicador desenvolvido (m^3 de gás consumido / L de solução). O mês de janeiro pode ser desconsiderado devido às férias coletivas. Na Figura 12 pode-se ver o gráfico da evolução do indicador desenvolvido ao longo do primeiro semestre de 2011 (M^3/L). Na Figura 13 pode-se ver o gráfico com a relação da parcela de custo do produto por litro gasto com vapor (R\$/L), no entanto neste indicador deve-se notar que pode existir variação do custo do gás no período.

Tabela 3 - Tabela de M&V de Vapor

Produção de Solução x Consumo de Gás	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto
Produção Mensal (L)	420.3455	1.466.341	1.647.535	1.459.941	1.411.655	1.388.445	1.534.600	1.590.447
Consumo Mensal (m^3)	51.101	101.474	111.354	100.549	106.618	104.303	104.159	121.181
Indicador (m^3/L)	0,12	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,07	0,08
Custo Mensal (R\$)	78.211	149.961	162.349	148.801	156.471	153.570	153.390	174.742
Indicador (R\$/L)	0,19	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11

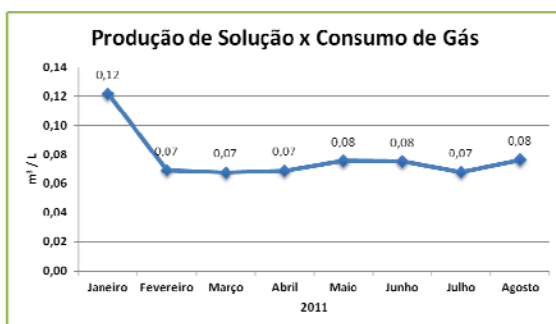


Figura 12 - Gráfico de M&V (m^3/L)

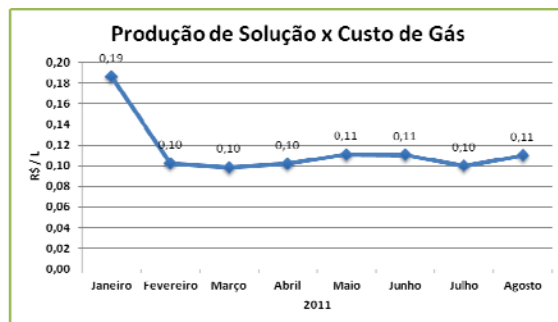


Figura 13 - Gráfico de M&V (R\$/L).

No gráfico da Figura 14 pode-se analisar a variação mensal do custo do gás natural ao longo do período. Nesta análise pode-se notar uma grande variação do preço do gás, a explicação para esta variação é a variação da tarifa devido à variação de consumo.⁽⁹⁾ Na Figura 15 pode-se ver a consolidação desta característica tarifária do gás ao correlacionarmos a variação da tarifa em relação ao consumo.

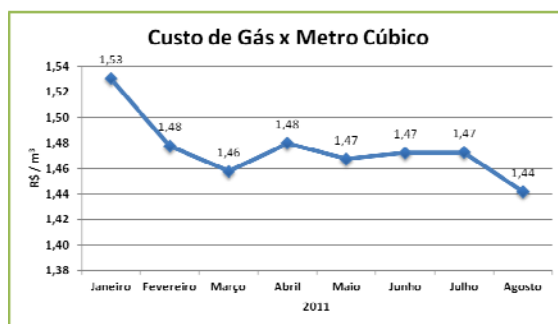


Figura 14 - Gráfico de M&V (R\$/m³).

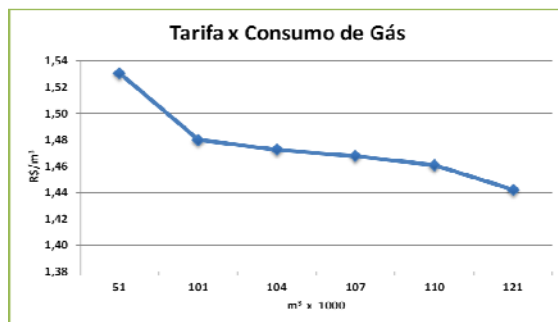


Figura 15 - Gráfico de M&V (R\$/m³/m³).

5 CONCLUSÃO

O objetivo deste trabalho foi plenamente alcançado com a definição do projeto que permite a redução do custo operacional provocado pelo consumo de vapor em uma indústria farmacêutica, tendo como resultado colateral a redução no custo de produção e seus indicadores de M&V.

A utilização de métodos para diagnóstico energético para a geração, distribuição e uso de vapor e o projeto de “retrofit” nas instalações como o foco no aumento da eficiência no uso do calor através vapor industrial, facilita a prospecção de oportunidades de ganhos com eficiência energética.⁽¹⁰⁾

A preocupação em criar um mecanismo de gestão que garanta a manutenção do nível de eficiência atingido após a implantação do projeto de melhoria deve ser uma preocupação em todo projeto de melhoria.



Os equipamentos responsáveis pelo funcionamento dos processos industriais, de modo geral, tendem a perder eficiência ao longo do seu ciclo de vida (vida útil). Este fato deve-se a problemas relacionados à manutenção, calibração de instrumentos, supervisão e desajuste dos parâmetros originais. As condições ambientais, insumos, peças de reposição e fontes energéticas sofrem alterações ao longo do tempo e os equipamentos devem ser sintonizados novamente com certa periodicidade.

Neste cenário, a aplicação das técnicas de M&V oferece excelentes oportunidades para criação dos indicadores de desempenho para equipamentos e instalações industriais. A M&V pode ser usada na elaboração do projeto de melhoria, na comprovação do ganho esperado e na gestão da manutenção do nível de eficiência, suportando os projetos de melhoria contínua.⁽¹¹⁾

Estes argumentos propõem o uso da M&V, em modo contínuo, independente do trabalho das ESCOs e ou contratos de performance, independente até mesmo da existência de um projeto de eficiência energética. A própria criação e acompanhamento de um indicador com técnicas de M&V, podem ser visto como um projeto para manutenção da eficiência de um processo. Neste cenário o indicador mais representativo foi o que correlaciona o consumo de gás natural por volume de solução parenteral produzida (Nm^3/L).

Um trabalho futuro promissor seria uma caracterização do perfil de vazão dos grandes consumidores, como as autoclaves.⁽¹²⁾ Este trabalho provavelmente irá apontar a utilização de acumulador de vapor, a partir da acumulação poderá haver um redimensionamento da caldeira permitindo a geração de vapor em um regime mais contínuo e estável. A falta de um acumulador de vapor gera a necessidade do dimensionamento da caldeira para o pico de vazão do sistema, o que gera perda de eficiência e desgastes prematuros de alguns componentes devido ao funcionamento intermitente com muitas partidas diárias na caldeira.⁽¹³⁾

REFERÊNCIAS

- 1 SOUZA, V. H. S.; MOZACHI, N. **O hospital: manual do ambiente hospitalar**. 2.^a ed. Curitiba: Manual Real, 2005.
- 2 PERA, Hildo. **Geradores de vapor de água (Caldeiras)**. São Paulo, Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996.
- 3 SPIRAX SARCO LIMITED. **The Steam and Condensate Loop**. England, UK, 2007.
- 4 PROCEL, Centrais Elétricas Brasileiras, Fupai/Efficientia. **Eficiência Energética no Uso de Vapor**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.
- 5 SPIRAX SARCO BRASIL. **Curso de Projetos de Sistemas de Vapor - CPV**. São Paulo, Brasil, 2005.
- 6 OLIVEIRA, M. A. A. VERAS, V.. **Relatório Técnico - Análise do Sistema de Vapor - RT-024/10**. Laboratórios B.Braun S.A. Rio de Janeiro, 2010.
- 7 SPIRAX SARCO BRASIL. **Oportunidades de Ganhos Energéticos - Sistema de Vapor**. Rio de Janeiro, Brasil, 2011.
- 8 EVO, Efficiency Valuation Organization. **Conceitos e Opções para a Determinação de Economias de Energia e de Água - Volume 1**. Brasil, 2007.
- 9 CEG. Ceg, da Gás Natural Fenosa - **Estrutura Tarifária**. Disponível em: <http://portal.gasnatural.com/servlet/ContentServer?gnpage=4-60-2¢ralassetname=4-60-1-1-7-0>. Acesso em: 09 nov. 2011.
- 10 APS. **Estudo de Pré-Viabilidade em Eficiência Energética - B.Braun Brasil**. Porto Alegre - RS, 2010.
- 11 Haberl, J., Reddy, A., Claridge, D., Turner, D., O'Neal, D. and Heffington. **Measuring Energy-Savings: Experiences from the Texas LoanSTAR Program**. Oak Ridge National Laboratory Report No. ORNL/Sub/93-SP090/1, February, 1996.



- 12 VM Brasil Eng. e com. Ltda.. **Guia prático para utilização de vapor sanitário em Autoclaves Hospitalares.** Disponível em: www.vmbrasil.com/Apostila_vapor_sanitário.pdf. Acesso em: 15 out. 2011.
- 13 STEAMMASTER. **A Eficiência de uma Caldeira Fogotubular.** Disponível em: <http://www.steammaster.com.br/arquivos/downloads/Eficiencia.pdf>. Acesso em: 28 out. 2011.