



**SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM  
INDUSTRIAL SENAI DR/BA**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA SENAI CIMATEC**

**MBA EM GESTÃO DA MANUTENÇÃO**

**VINICIUS BISMARCK SILVA VIANA**

**MAXIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

**PETROQUÍMICA ATRAVÉS DO GERENCIAMENTO DO**

**SISTEMA DE PURGA**

SALVADOR

2014

**VINICIUS BISMARCK SILVA VIANA**

**MAXIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**  
**PETROQUÍMICA ATRAVÉS DO GERENCIAMENTO DO**  
**SISTEMA DE PURGA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenadoria do Curso de MBA em Gestão da Manutenção da Faculdade SENAI CIMATEC, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Gestão da Manutenção.

Orientador: Prof. Me. Ubatan Miranda.

SALVADOR

2014

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC

V614m Viana, Vinicius Bismarck Silva

Maximização da eficiência energética petroquímica através do gerenciamento do sistema purga / Vinicius Bismarck Silva Viana. – Salvador, 2015.

48 f. : il. color.

Orientador: Prof. MSc. Ubatan Miranda.  
Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> MSc. Marinilda Souza.

Monografia (MBA em Gestão da Manutenção) – Programa de Pós-Graduação, Faculdade de Tecnologia SENAI - CIMATEC, Salvador, 2015.  
Inclui referências.

1. Sistema de condensado. 2. Eficiência energética. 3. Purgador de vapor. 4. Indústria petroquímica. I. Faculdade de Tecnologia SENAI – CIMATEC. II. Miranda, Ubatan. III. Souza, Marinilda Lima. IV. Título.

CDD: 621.042

VINICIUS BISMARCK SILVA VIANA

**MAXIMIZAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**  
**PETROQUÍMICA ATRAVÉS DO GERENCIAMENTO DO**  
**SISTEMA DE PURGA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenadoria do Curso de Especialização em Gestão da Manutenção da Faculdade SENAI CIMATEC, como requisito parcial para obtenção do grau de Especialista em Gestão da Manutenção.

Salvador, 28 de Janeiro de 2014.

Aprovado por:

---

Professor M. Sc Ubatan Miranda (Orientador).

Faculdade SENAI CIMATEC

---

Professor M. Sc. Marinilda Lima Souza- (1º interno).

Faculdade SENAI CIMATEC

---

Professor Osvaldo Barbosa S. Filho - (2º interno)

Faculdade SENAI CIMATEC

SALVADOR

2014

A todos que acreditaram, apoiaram e executaram este projeto, permanecendo fiel na busca de resultados cada vez mais desafiadores.

# ***“Querer é Poder”***

*Autor Desconhecido*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter mantido esta chama acesa, por desenhar suas pegadas quando o barulho do silêncio me jazia só...

Agradeço aos meus amigos irmãos, que me esperam pacientemente e acatam a minha ausência com a certeza que as abdições valeram a pena.

E por fim aos companheiros de trabalho que me apoiaram e assumiram minhas responsabilidades quando a minha presença era faltosa, em especial a Luis Antônio que me conduziu a esta experiência que tanto me agregou.

A equipe de purgadores que busca insaciavelmente a melhoria contínua de nossos sistemas de purga.

A todos vocês os meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

Em 2012 no Brasil, cerca de 498,4 TWh de energia elétrica foram consumidas e, em 2013 este valor chegou a 516,3 TWh, ou seja, um aumento de 3,6% em 1 ano.

A utilização da eficiência energética como metodologia para combater o desperdício de energia, se faz cada vez mais necessária. Além de contribuir para tonar as indústrias mais competitivas, com a redução dos custos operacionais, ainda adiam a necessidade de construções de novas usinas geradoras, disponibilizando recursos para outras áreas e contribuindo para a preservação ambiental. Este trabalho apresenta uma metodologia de gestão em ativos industriais específicos, que além da conservação de energia (vapor) visa à preservação do meio ambiente e a segurança de processo em uma planta petroquímica. A importância da adequação e do gerenciamento das estações de purga de vapor para os sistemas de condensado é uma das ferramentas utilizadas para maximizar o aproveitamento de energia e conseqüentemente minimizar os riscos de processos provenientes de purgadores em falha. Neste trabalho será apresentado um caso real de sistemas de purga em final de vida útil e defasagem tecnológica, o que acelera os impactos em perdas energéticas, ambientais e de segurança de processo. As informações aqui apresentadas baseiam-se em uma aplicação prática que pretende obter uma abordagem satisfatória tanto no sistema operacional, como num resultado financeiro positivista.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema de condensado, eficiência energética, purgador de vapor.



## **ABSTRACT**

In 2012 at Brazil, about 498.4 TWh of electricity were consumed and in 2013 reached 516.3 TWh, ie an increase of 3.6% in one year. The use of energy efficiency as a method to combat energy waste is necessary. In addition to contribute to the most competitive industries, with a reduction in operating costs, even postpone the need for new power plants buildings, providing resources to other areas and contributing to environmental preservation. This paper presents a management methodology in specific industrial assets, which in addition to energy conservation (steam) aims at preserving the environment and the process reliability at a petrochemical plant. The importance of adaptation and management of vapor purge stations for condensate systems is one of the tools used to maximize energy use and thus minimize the risks of processes from traps in failure. This work presents a real case of purge systems at the end of lifecycle and technological gap, which accelerates the impact on energy losses, environmental and process safety. The information presented here are based on a practical application showing satisfactory financial and plant operational results.

**KEYWORDS:** condensate system, energy efficiency and steam trap.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração do princípio do martelo hidráulico. ....	17
Figura 2 - Estação de vapor apresentado falha: Vazamento para Atmosfera. ....	23
Figura 3 - Estação de vapor apresentado falha: Passagem direta.....	23
Figura 4 – Ilustração dos diversos tipos de escoamentos bifásicos em uma tubulação de condensado.....	25
Figura 5 – Ilustração do princípio do martelo hidráulico.....	25
Figura 6 – Modelo mecanicista para escoamentos bifásicos em tubulações. ....	28
Figura 7 – Simulação da rede de condensado – representação da modificação do tipo de escoamento de “frooth” para “smooth” após modificação dos métodos operacionais.....	29
Figura 8 – Esquema representativo de uma caldeira e o resultado de uma transformação de vapor para condensado.....	31
Figura 9 – Arranjo construtivo da instalação de purgadores de vapor em uma tubulação para sistema aberto e para retorno de condensado.. ....	32
Figura 10 – Ilustração do princípio de funcionamento de um purgador termodinâmico.....	33
Figura 11 – Ilustração do princípio de corrosão erosão na descarga de um purgador .....	34
Figura 12 – Ilustração do princípio de funcionamento do purgador de boia livre. ....	36
Figura 13 – Sugestão de tagueamento para estações de purga – purgador. ....	38
Figura 14 – Equipamento de ultrassom para aferição do desempenho e software de gerenciamento de estações de vapor.. ....	39
Figura 15 – Demonstração para análise de detecção de falhas ocultas .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Interpretação do diagnóstico .....	21
Tabela 2: Diagnóstico de falha .....	21

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Representação gráfica da perda monetária por tipo de purgador.....	22
Gráfico 2: Representação comparativa da vida útil de purgadores do tipo disco e boia livre.....	37
Gráfico 3: Quantidade de purgadores mapeados e cadastrados no per – Previsto x Realizado. ....	43
Gráfico 4: Quantidade de purgadores adequados e substituídos no período .....	44
Gráfico 5: Valores investidos entre anos de 2013 e 2014. ....	44

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

END - Ensaio Não-Destrutivo.

OM Padrão - Ordem de Manutenção Padrão.

TDF - Teste para Detecção de Falhas Ocultas

## Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>PROBLEMA</b>	<b>17</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>18</b>
4.1	<i>Objetivo Geral</i>	18
4.2	<i>Objetivos Específicos</i>	18
<b>5</b>	<b>GERENCIAMENTO E ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE PURGA</b>	<b>19</b>
<b>6</b>	<b>DIAGNÓSTICO INICIAL</b>	<b>20</b>
6.1	<i>Metodologia utilizada para o diagnóstico</i>	20
6.2	<i>Diagnóstico de falha</i>	20
6.3	<i>Perda monetária</i>	22
<b>7</b>	<b>ESTUDO DA REDE DE CONDENSADO</b>	<b>24</b>
7.1	<i>Inspeção da rede de condensado</i>	24
7.2	<i>Simulação da rede de condensado</i>	26
<b>8</b>	<b>GERENCIAMENTO E ADEQUAÇÃO DOS SISTEMAS DE PURGA.</b>	<b>30</b>
8.1	<i>Entendendo o que é o purgador</i>	30
8.1.1	<i>Tipos de purgadores</i>	32
8.1.2	<i>Purgador termodinâmico</i>	32
8.1.3	<i>Purgadores de boia livre</i>	35
8.2	<i>Gestão de purgadores de vapor: sistemática de identificação, cadastro, inspeção, manutenção e substituição de purgadores.</i>	37
<b>9</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>42</b>
<b>10</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>46</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>48</b>

# 1 INTRODUÇÃO

O vapor d'água decorrente da mudança de estado líquido da água para o estado gasoso em nível molecular é uma matéria prima bastante utilizada nas mais diversas indústrias, sejam elas petroquímicas, químicas, navais, termoelétricas, siderúrgicas, entre outras.

A utilização do vapor para aquecimento e geração de energia é fundamental na cadeia produtiva como um todo e, podemos perceber sua aplicação desde o processamento de alimentos até o acionamento mecânico de máquinas a vapor.

A abordagem deste trabalho se deu em uma petroquímica que produz sua própria energia térmica e elétrica. Esta energia é gerada através de termogeradores que fornecem vapores comerciais denominados vapor de baixa (3,5 Kgf/cm<sup>2</sup>), vapor de média (15,0 Kgf/cm<sup>2</sup>) e vapor de alta (42,0 Kgf/cm<sup>2</sup>). Este conjunto de termogeradores é alimentado por uma bateria de caldeiras de grande porte, que por sua vez produzem vapores de super alta (120 kgf/cm<sup>2</sup>). Toda esta energia gerada possui diversas funções, que vão da utilização para o craqueamento de nafta ao aquecimento de produtos por transferência de calor, além de alimentar as empresas circunvizinhas que também possuem em seu processo produtivo o uso do vapor. Desta forma, é evidente o quão importante produzir, reter e extrair o máximo desta energia.

Ao longo do processo produtivo, o vapor se submete a diversos fenômenos associados à transferência térmica e as perdas de carga impostas ao escoamento do fluido. Este, por sua vez, reduz sua capacidade térmica no instante em que o vapor se condensa e o seu calor latente é liberado. Nesta ocasião, a formação de fluido bifásico leva não só a uma perda financeira (pois o calor que seria usado para geração de energia em prol de uma transformação desejada é perdida), como também os diversos problemas associados ao fluxo. Como exemplo, pode-se citar a erosão causada pelo impacto das bolhas em alguns regimes de escoamento bifásicos, vibrações, martelo hidráulico nas tubulações e o aquecimento do condensado que aumenta a fração vaporizada;

Por todos estes motivos, a presença de condensado nos sistemas de vapor é inegavelmente indesejada. Impedir a formação de fluidos bifásicos nos equipamentos e nas tubulações torna-se extremamente importante para uma boa operacionalidade e a significativa redução de perda de vapor. Para isso, faz-se necessária a instalação de purgadores de vapor, que têm como principal função separar o condensado do sistema de vapor. Entretanto, as ações concebidas no projeto inicial das instalações não são suficientes, o que leva a necessidade da implantação de uma nova política de manutenção, com planos de manutenção preditivos e preventivos solidificadas em um gerenciamento eficaz e condizente com a realidade operacional.

O objeto deste trabalho é conceber capturas financeiras associadas à aplicação de uma política de manutenção eficiente, de qual fazem parte monitoramentos, cadastramentos e mapeamentos de todos os purgadores da planta. Sinalizando o investimento necessário para restabelecer as condições básicas de processo, identificadas por simulações do comportamento da planta industrial, e ainda, aferir os ganhos financeiros impactados pela redução da perda de vapor decorrente das estações de purga que se encontrava em final de vida útil e defasagem tecnológica.



## 2 JUSTIFICATIVA

Ao longo dos anos muitas empresas enxergavam os purgadores como acessórios de tubulação, direcionando sua funcionalidade a purga de gases indesejados. Em geral esta filosofia não é completamente errada, na verdade ela é verdadeiramente específica, no entanto, incompleta. Diante de inúmeras falhas de tubulações e a exagerada perda de vapor, entende-se que as estações de purga, seu gerenciamento e a correção de suas falhas, são fundamentais para minimizar estes efeitos, que têm influência direta na segurança de processo, paradas não programadas e perda financeira.

Em um parque industrial, sobre o qual foi fundamentado este trabalho, 3.083 purgadores faziam parte de toda purga de condensado, seja para atmosfera ou para retorno ao processo. O grande problema destas estações de purga é que elas não possuíam um plano próprio de inspeção ou manutenção por isso, encontravam-se desatualizada tecnologicamente e, em alguns casos, em estado de falha.

Após estudos sobre a rede de condensado da empresa, tornou-se evidente a necessidade de se manter algumas práticas de processo e inspeção para o monitoramento de todo o seu sistema de vapor e condensado.

Estas informações foram necessárias para a identificação da causa raiz para um aumento do consumo de vapor, para elevada frequência de falha e a perda financeira identificada. O conjunto de todos estes fatores, levou a necessidade de verificar a eficiência e eficácia das estações de purga, de transformar o que até então era considerado como um acessório de tubulação em um equipamento, com política de manutenção associada e definida, com critérios estabelecidos de inspeção e finalmente e não menos importante, sua adequação tecnológica.

Estes instrumentos tão importantes e por anos esquecidos, entendidos apenas como um ponto de saída de condensado revelaram-se equipamentos ricos em engenharia e fundamentais para a melhor operacionalidade de uma rede de vapor de uma indústria.

### 3 PROBLEMA

Identificar e gerenciar todas as estações de purga de uma planta petroquímica é necessário para um bom desempenho do processo produtivo. Evitar falhas provenientes de uma purga inadequada é uma maneira eficiente de dar retorno financeiro, e principalmente atuar na confiabilidade e na segurança de processo.

A planta a qual este trabalho foi baseado apresentava diversos mecanismos de falhas provenientes de um mau funcionamento dos sistemas de purga. A deficiência na drenagem de condensado a partir de uma tubulação de vapor incitava a ocorrência de martelos hidráulicos, por exemplo, tanto nas tubulações de distribuição de vapor, como nos equipamentos aquecidos a vapor, ou até mesmo em “*steam trace*” (*traço de vapor*) normalmente utilizados para aquecer fluidos viscosos, como podemos representar na ilustração abaixo.

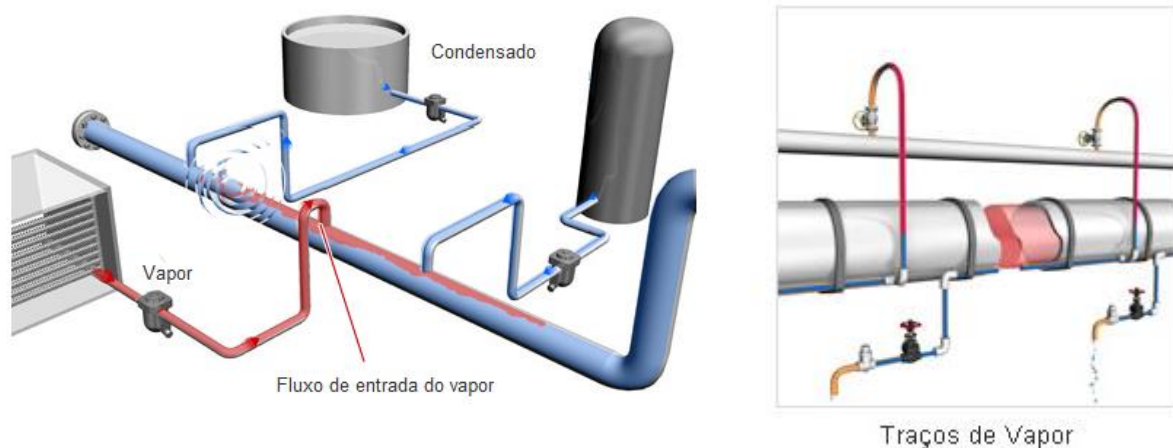


Figura 1 – Ilustração do princípio do martelo hidráulico.  
Fonte: In: <http://www.tlv.com/global/BR/steam-theory>.

## 4 OBJETIVOS

### 4.1 *Objetivo Geral*

Abordar práticas confiáveis e eficazes para atender a conjuntura econômica industrial é o objetivo geral deste trabalho. E ainda, apresentar uma metodologia de manutenção baseada no tempo (Manutenção preventiva) para o gerenciamento das estações de purga e para os sistemas de condensado das unidades em função do final de vida útil e defasagem tecnológica dos mesmos, mitigando o impacto em perdas energéticas, ambientais e de segurança de processo.

### 4.2 *Objetivos Específicos*

- Identificar e mapear todos os purgadores da planta;
- Cadastrar todas as estações de purga;
- Realizar adequação tecnológica compatível com a realidade produtiva;
- Gerenciar os custos de manutenção e os seus ganhos com base na adoção de novas metodologias;
- Contribuir para aumentar a confiabilidade da planta industrial garantindo a rápida execução de pequenos serviços que futuramente terá maior complexidade de execução.

## **5 GERENCIAMENTO E ADEQUAÇÃO DO SISTEMA DE PURGA**

Para uma melhor efetividade do sistema de purga de uma empresa, não é suficiente apenas substituir os purgadores. É necessário, por exemplo, compreender o controle químico da água, mapear os pontos que apresentam danos acelerados e ativos nos equipamentos, entender o consumo de vapor, entre outros. A partir de então, é possível vislumbrar uma real possibilidade na redução dos problemas decorrentes de velocidade erosional (velocidades acima dos valores recomendados), a determinação de um regime de escoamento aceitável, simular o sistema de condensado, evitar a entrada de líquido sub-resfriado em linhas de “vapor vivo” evitando-se o martelo hidráulico, entre outros problemas.

No entanto, os purgadores de vapor são o início deste conjunto de sugestões, pois são eles os responsáveis pela retenção de vapor, o eficiente retorno de condensado para o sistema e/ou a liberação de condensado indesejado para atmosfera. O mau funcionamento dos purgadores de vapor é um dos principais agentes causadores dos problemas que serão abordados neste trabalho.

## 6 DIAGNÓSTICO INICIAL

No ano de 2010 uma empresa parceira especializada no gerenciamento de sistema de purga foi contratada para realizar um mapeamento do parque de purgadores com a finalidade apenas de identificar os pontos de vazamentos, ou seja, perda de vapor, que os purgadores apresentavam dentro do “*site*” (unidade) da Companhia estudada.

Até então, pensava-se apenas em redução de perda energética e financeira, mas o estudo realizado pela parceira já sinalizava problemas.

Com base nos valores de produção de vapor, que giravam em torno de 800 à 1300 Toneladas\hora foi possível determinar:

- Os valores médios consumidos e perdidos (US\$\ano);
- Perdas totais de vapor (ton\ano);

Com base nestas informações, foi possível calcular um valor aproximado de perda financeira, e um ponto de atenção foi identificado para uma posterior correção. As relações monetárias serão tratadas no item 6.3 deste trabalho.

### *6.1 Metodologia utilizada para o diagnóstico*

A empresa contratada fez uso de um software próprio para gerenciar e monitorar os purgadores de vapor, através de um equipamento fundamentado no princípio ultrassônico. Assim foi possível avaliar a efetividade dos purgadores instalados na planta, conforme será mostrado na tabela 2.

### *6.2 Diagnóstico de falha*

Depois de realizada leitura de campo de todos os purgadores instalados nas respectivas áreas industriais, foi possível determinar uma taxa total de falha para o parque de purgadores.

O relatório gerado determinou:

- Taxa de falha;
- Perda energética;
- Representação gráfica das perdas;
- Descrição de todos os purgadores com diagnóstico de falha.

O parque possuía 3.083 purgadores em seu total, distribuídos não uniformemente em 6 (seis) unidades industriais. De acordo com o estudo realizado na época, 2.551 purgadores possuía algum problema, ou seja, 82,72% dos purgadores do parque estavam em falha ou inoperante.

Os tipos de falha estão descritos na tabela 1 e seu percentual na tabela 2:

Tabela 1: Interpretação do diagnóstico

Leitura	Diagnóstico	Base
Blowing	Passagem Direta	Níveis de escapamento de vapor acima de 15 Kgf/cm <sup>2</sup>
Leak/l	Vazamento Grande	Níveis de escapamento de vapor acima de 10 a 15 Kgf/cm <sup>2</sup>
Leak/m	Vazamento Médio	Níveis de escapamento de vapor acima de 0,5 a 10 Kgf/cm <sup>2</sup>
Leak/s	Vazamento Pequeno	Níveis de escapamento de vapor acima de 0,1 a 0,5 Kgf/cm <sup>2</sup>
Low temp	Baixa Temperatura	Temperatura da superfície abaixo de 60% da Temperatura de saturação
Blocked	Bloqueado	Temperatura da superfície abaixo de 40° C
Fail adj	Falha de Ajuste	Temperatura da superfície mais que 20% acima ou 30% abaixo da definida (no caso de purgadores com
Good	Bom	Operando normalmente

Tabela 2: Diagnóstico de falha

Tipo de Falha	%
Passagem direta	8,54
Vazamento	13,91
Bloqueado	35,78
Baixa Temperatura	27,32
Fora de Operação	14,42

Algumas representações gráficas foram criadas para facilitar o entendimento do estudo. No gráfico 1, por exemplo, é possível visualizar a perda monetária por tipo de purgador. Um detalhe importante deste gráfico é a grande perda financeira por purgadores termodinâmicos, o que sinaliza que este purgador talvez não seja o mais indicado para esta aplicação, no entanto, este assunto será discutido no item 9 deste trabalho.

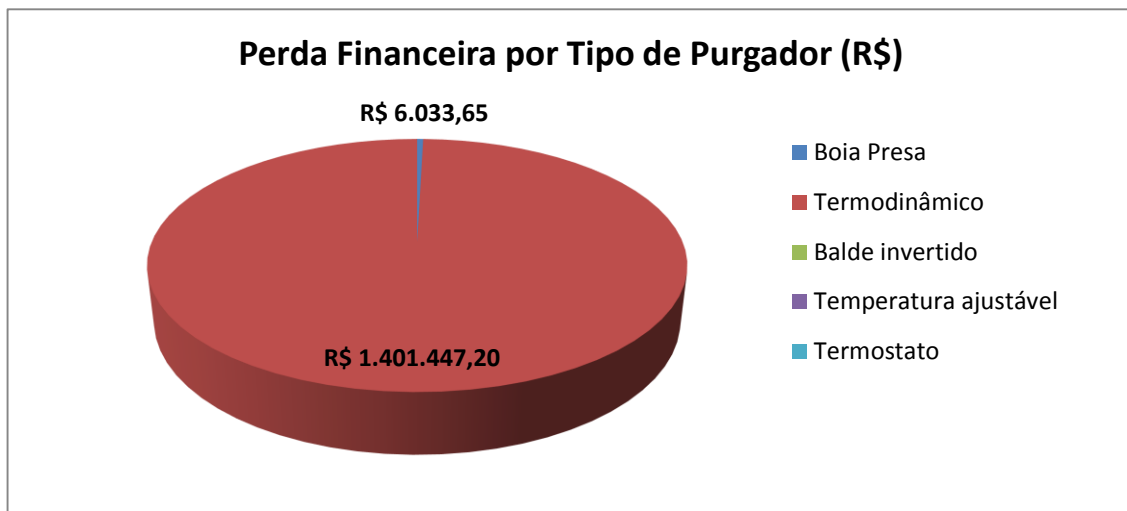


Gráfico 1: Representação gráfica da perda monetária por tipo de purgador.

### 6.3 Perda monetária

De acordo com os valores de comercialização de vapor da época, foi possível se estimar uma perda monetária aproximada, com base nas perdas energéticas oriundas das falhas em purgadores identificados em campo.

Como visto anteriormente, 82,72% dos purgadores instalados na planta apresentava algum tipo de falha. Fazendo uma estratificação deste percentual, percebe-se que os purgadores que se apresentavam com vazamento ou passagem direta, de acordo com o diagnóstico, eram responsáveis por 22,45% do vapor perdido, ou seja, um somatório de 573 purgadores desperdiçando vapor. Com um custo médio calculado em ton/hora, e uma produção ativa de vapor de baixa, média e altas pressões, chegou-se a calcular uma perda anual de 57.295,17 ton/ano de vapor. Neste momento a Companhia perdia R\$ 1.407.480,86 por ano.

A perda financeira já se apresentava significativa e sabia-se que algo deveria ser feito para reduzir tamanha perda energética que impactava diretamente nos custos de produção, pois parte da energia produzida era perdida antes mesmo de chegar ao seu destino, esta perda pode ser visualizada nas figuras 1 e 2 onde os purgadores apresentam-se em estado de falha, purgando continuamente vapor para atmosfera.



Figura 2 - Estação de vapor apresentado falha: Vazamento para Atmosfera.  
Fonte: Elaborado pelo autor



Figura 3 - Estação de vapor apresentado falha: Passagem direta.  
Fonte: Elaborado pelo autor.



## 7 ESTUDO DA REDE DE CONDENSADO

No final de 2011 o principal “header” (coletor) de alimentação de vapor das unidades apresentou uma falha inesperada, forçando a uma parada não programada de produção para o reparo. Um furo na tubulação motivou a investigações mais detalhada, o que após a sua conclusão permitiu o mapeamento de diversos pontos do coletor com baixa espessura, ou seja, pontos submetidos ao fenômeno conhecido como velocidade erosional, ou o que algumas literaturas chamam de corrosão associada ao fluxo, que por sua vez provocou a falha.

A presença de fluido bifásico dentro da tubulação favoreceu a presença do mecanismo de falha que provocou o furo, e por seguinte, a paralisação de todas as unidades operacionais.

A partir deste momento, vários estudos correram em paralelo na tentativa de compreender estes mecanismos.

### *7.1 Inspeção da rede de condensado*

Preocupado com a vulnerabilidade da planta, várias técnicas de inspeção foram realizadas para prever e antecipar-se a novas falhas. Toda a energia do vapor transferida em forma de calor latente, seja para um produto, uma linha ou um equipamento, resulta em uma passagem do estado gasoso para o estado líquido da água. É comum em indústrias o reaproveitamento deste condensado, ou líquido sub-resfriado, a fim de, se economizar com tratamentos químicos, reduzir custos com combustível, melhor aproveitamento da água, menor impacto com meio ambiente, entre outros. No entanto, quando a separação do vapor e do condensado é ineficiente, bolsões de vapor/gás em alta velocidade proporcionam o mecanismo da corrosão associada ao fluxo.

Percebe-se nas figuras 4 e 5, os diversos tipos de escoamentos bifásicos associados à presença de gás num header de condensado e suas consequências.

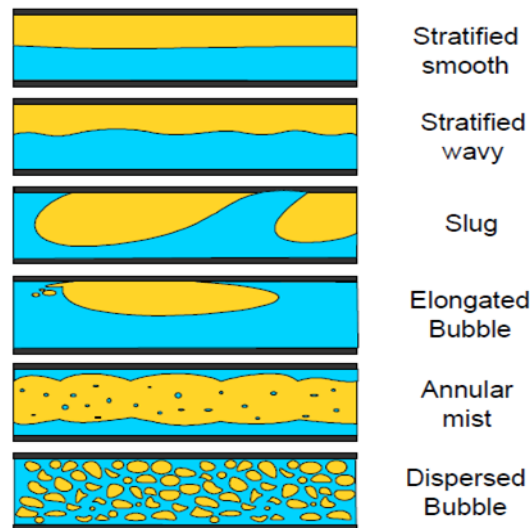


Figura 4 – Ilustração dos diversos tipos de escoamentos bifásicos em uma tubulação de condensado. Fonte: Petroleum Engineering Stanford University – August, 1997.

O aparecimento destes bolsões de gás nas tubulações de condensado, a uma alta velocidade, ocasiona um desgaste prematuro das paredes internas das tubulações, gerando perdas de espessuras até o rompimento súbito. Já o aparecimento de condensado nas tubulações de vapor, pode ocasionar o martelo hidráulico que ocorre quando há mistura de dois fluidos em temperaturas diferentes. O martelo hidráulico também pode ocasionar furos nas tubulações.

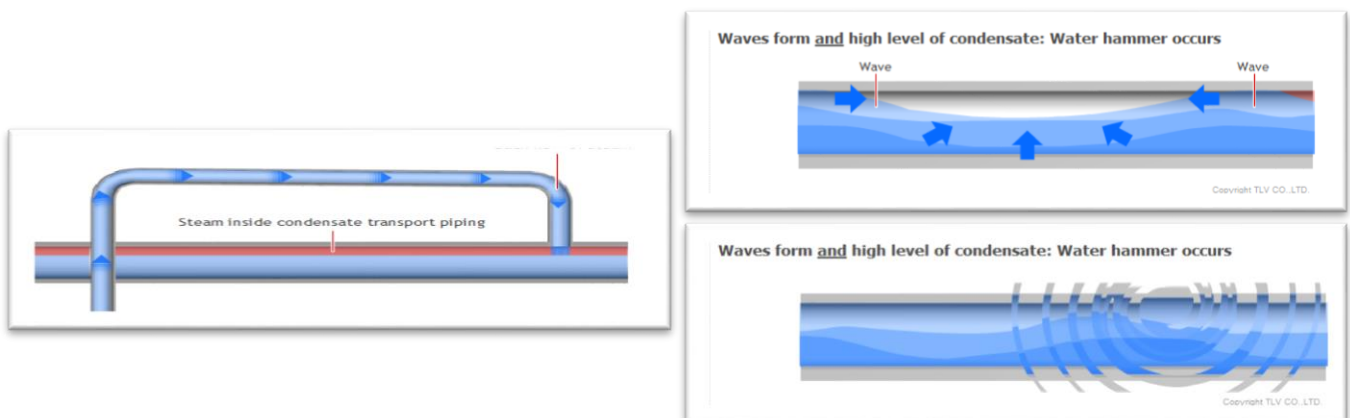


Figura 5 – Ilustração do princípio do martelo hidráulico. Fonte: <http://www.tlv.com/global/BR/steam-theory>.

Graças às novas tecnologias, é possível se determinar de forma assertiva estas perdas de espessura nas paredes das tubulações, através do mapeando dos pontos vulneráveis a corrosão associada ao fluxo e também os pontos que já carecem de

intervenções. Desta forma foi possível perceber algo além da perda energética e, conseqüentemente, as perdas monetárias instauradas por toda rede de condensado das plantas.

Uma vez identificados os pontos onde os mecanismos de falhas já haviam se instalado e os pontos mais susceptíveis à falha, era preciso mapeá-los e tomar as decisões cabíveis. Ações imediatistas foram tomadas através da substituição dos trechos com alto nível de corrosão, especificando novos materiais que suportassem estas condições com maior durabilidade. Entretanto, estas decisões apenas minimizam o risco de falha, e não atacam a causa raiz do problema.

A seguir será descrito todo o mapeamento identificado pela engenharia de processo na busca de encontrar os pontos mais susceptíveis à formação de escoamento bifásico.

## *7.2 Simulação da rede de condensado*

Até este ponto apenas foram identificados os problemas. Os dados levantados ajudaram a compreender os diversos fatores que levava aos mecanismos encontrados, auxiliaram também, nos mapeamentos e os pontos mais susceptíveis a falha, porém, a causa raiz ainda não havia sido definida.

No entanto, depois da falha relatada e o desastroso prejuízo financeiro, a direção da Companhia entendeu que era preciso dominar os diversos fatores que levavam àqueles problemas. Neste momento, surgiu-se a necessidade de mapear toda a rede de condensado, simulando os pontos com maior susceptibilidade de escoamento bifásico, e ninguém melhor que a engenharia de processo para identificar estes pontos.

A modelagem gráfica foi realizada com o intuito de simular, através de um software de projeto, as condições reais da planta, a fim de entender seu comportamento e verificar quais decisões deveriam ser tomadas para melhorar as

condições do sistema de condensado da Companhia. Para validação do modelo algumas informações deveriam ser conhecidas, são eles:

- Dados de processo;
- Definição das condições mais críticas;
- Quantificação da fuga de vapor da rede pelos purgadores

De acordo com Petalas (1997) que descreve através de uma matriz o comportamento dos diversos tipos de escoamentos bifásicos, caracterizando-os por seu grau de severidade. A engenharia de processo direcionou sua atenção para os regimes de escoamentos, chamados por Petalas, (1997) de escoamento tipo “Froth”, termo em inglês que traduzido significa “batedeira”. Esta expressão representa bem este tipo de comportamento. Pode-se imaginar uma bateadeira doméstica sendo utilizada para misturar os ingredientes de um bolo. A trepidação de suas pás e o espalhamento da massa por onde elas passam assemelham-se ao comportamento de uma tubulação com escoamento bifásico de condensado e vapor por exemplo.

Na figura 6 é possível identificar, através da matriz de Petalas, as velocidades erosivas da água em estado líquido e a água em estado vapor. O estado “froth” aparece na cor vermelha, sinalizando os maiores valores de velocidades erosivas, ou seja, a pior condição de escoamento.

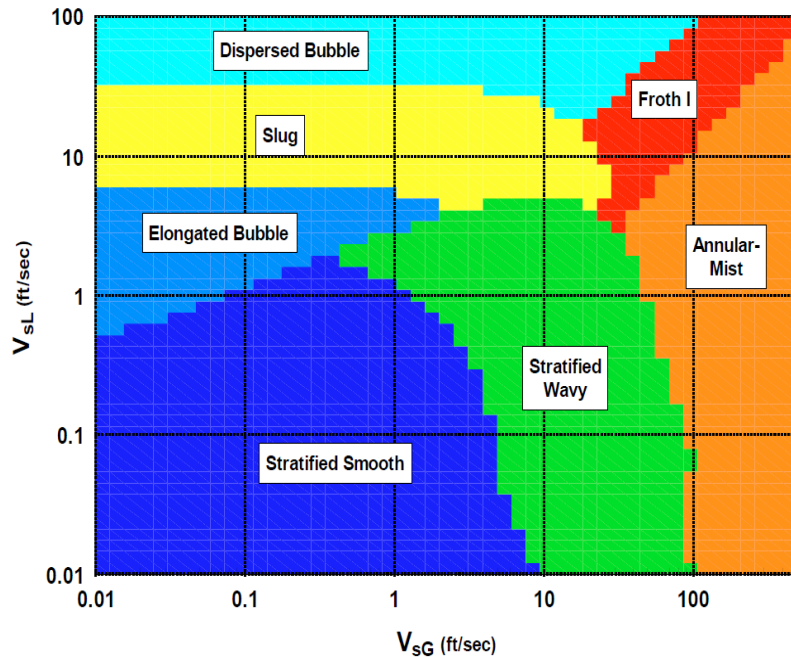


Figura 6 – Modelo mecanicista para escoamentos bifásicos em tubulações.  
 Fonte: Petroleum Engineering Stanford University – August, 1997.

Com a obtenção dos dados necessários e o entendimento do comportamento da rede de condensado, a engenharia de processo pôde tomar algumas decisões dentro de suas atribuições, são elas:

- Resfriar os vasos alimentados pelos “header’s” de condensado para transformar o escoamento de parcialmente vaporizado em líquido reduzindo a velocidade e, portanto reduzindo o risco de erosão;
- Resfriar a saída de alguns trocadores de calor que geravam formação de fluido bifásico nas tubulações de condensado;
- Controlar o nível de condensado nos vasos acumuladores e considerar esta variável no acompanhamento de processo;
- Projetar novos encaminhamentos de tubulações que em projetos anteriores permitiam o direcionamento de fluido sub-resfriados em linhas com temperaturas mais elevadas, causando o martelo hidráulico.

Estas medidas tiveram um papel fundamental para a redução do consumo de vapor, maior redução de custo e a redução da frequência de fenômenos associados a escoamentos bifásicos. A figura 7 mostra que através das simulações, foi possível perceber que estas medidas mudavam o comportamento “froth” das tubulações

apresentadas em vermelho, para um escoamento “smooth” representadas pela cor azul, ou seja, um escoamento mais suave.

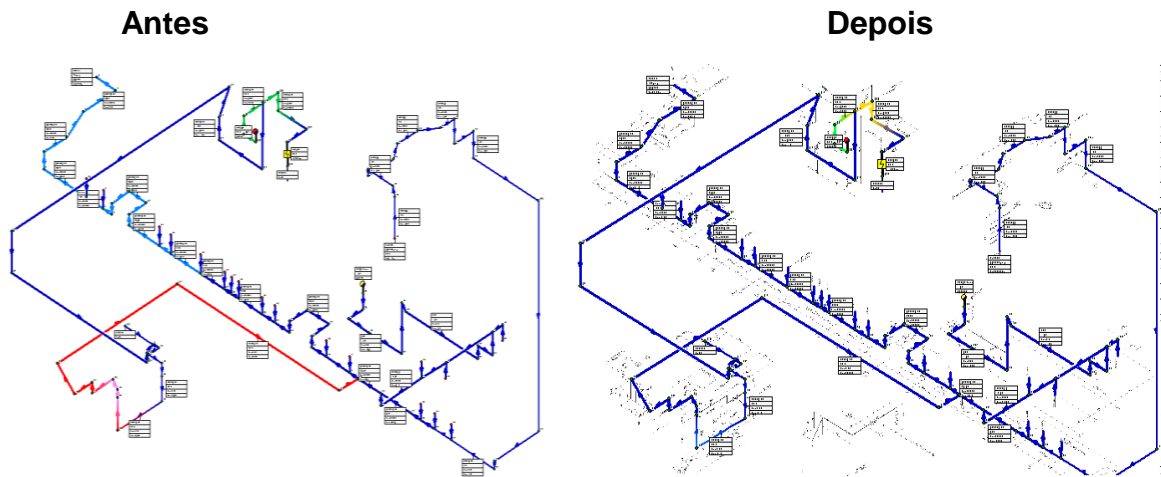


Figura 7 – Simulação da rede de condensado – representação da modificação do tipo de escoamento de “frothy” para “smooth” após modificação dos métodos operacionais. Fonte: Elaborado pelo autor.

Porém, todas as intervenções acima eram oportunidades que a planta já concebia em seu projeto, eram parâmetros processuais que necessitavam de um melhor entendimento da rede, que dependiam de acertos e erros simulados até encontrar melhores soluções.

No entanto, nenhuma destas intervenções poderiam perdurar se ao final de cada tubulação de retorno de condensado houvessem purgadores ineficientes, se a cada sistema de vapor não fosse expurgado o condensado indesejado. E para isso, era preciso mais que ajustes de parâmetros, era preciso selecionar novas tecnologias que atendessem as novas condições operacionais, selecionar purgadores com respostas mais imediatas, padronizar e atacar os pontos mais críticos, investir na melhoria das estações de purga em busca de uma melhor sintonia entre controle de processo e a manutenção aplicada, e é este assunto que será tratado no próximo tópico.

## **8 GERENCIAMENTO E ADEQUAÇÃO DOS SISTEMAS DE PURGA.**

Como já citado anteriormente, os estudos sobre a rede de condensado, relatórios gerenciais de empresas especializadas, estudo de confiabilidade e abrangências dos pontos susceptíveis a corrosão associada ao fluxo, ficou evidente a necessidade de se manter algumas práticas de processo e inspeção para o monitoramento de todo o sistema de vapor e condensado da empresa.

Todo esse contexto se tornou útil para identificar a causa raiz para um aumento do consumo de vapor, para elevada frequência de falha e a perda financeira identificada. O conjunto de todos estes fatores levou a necessidade de verificar a eficiência e eficácia das estações de purga, de transformar o que até então era considerado como um acessório de tubulação em um equipamento, com política de manutenção associada e definida, com critérios estabelecidos de inspeção e finalmente e não menos importante, sua adequação tecnológica.

Estes instrumentos tão importantes e por anos esquecidos, entendidos apenas como um ponto de saída de condensado revelaram-se equipamentos ricos em engenharia e fundamentais para a melhor operacionalidade de uma rede de vapor de uma indústria.

### *8.1 Entendendo o que é o purgador*

Nas linhas de vapor sempre haverá água líquida (condensado) resultante da condensação parcial do vapor ou arrastada pelo vapor que sai da caldeira.

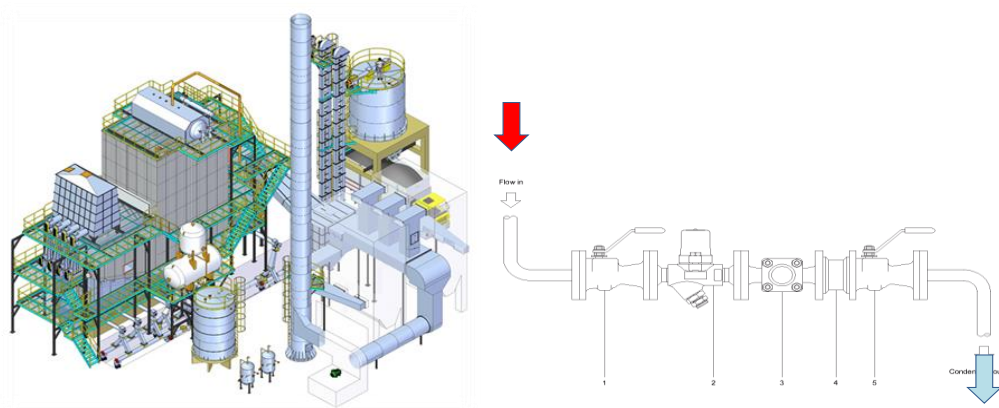


Figura 8 – Esquema representativo de uma caldeira e o resultado de uma transformação de vapor para condensado. Fonte: Senai.

As tubulações de vapor, além do condensado, também contêm ar e outros gases incondensáveis ( $\text{CO}_2$ , por exemplo) que também precisam ser eliminados. Neste caso, a utilização de purgadores é recomendada, pois são eles os responsáveis por essa eliminação.

Segundo Ribeiro (2000, pag. 4), “*purgadores são dispositivos automáticos que separam e elimina o condensado das linhas de vapor e dos aparelhos de aquecimento, estes equipamentos visam a*”

- “*Eliminação de condensado das tubulações de vapor (drenagem de tubulações de vapor)*”.
- “*Reter vapor nos aparelhos de aquecimento a vapor (aquecedores, refervedores, serpentinas de aquecimento, autoclaves, estufas etc.)*”.

Cada purgador difere para cada tipo de emprego. Apesar das instalações serem diferentes, em qualquer um dos dois casos a descarga dos purgadores pode ser feita diretamente para a atmosfera (**descarga livre**) ou para uma linha de condensado (**descarga fechada**) e/ou “**Steam Trace**” – traço de vapor.

De acordo com Ribeiro (2000, pag 4) , as instalações de purgadores para drenagem de tubulações de vapor devem obedecer aos seguintes arranjos construtivos:



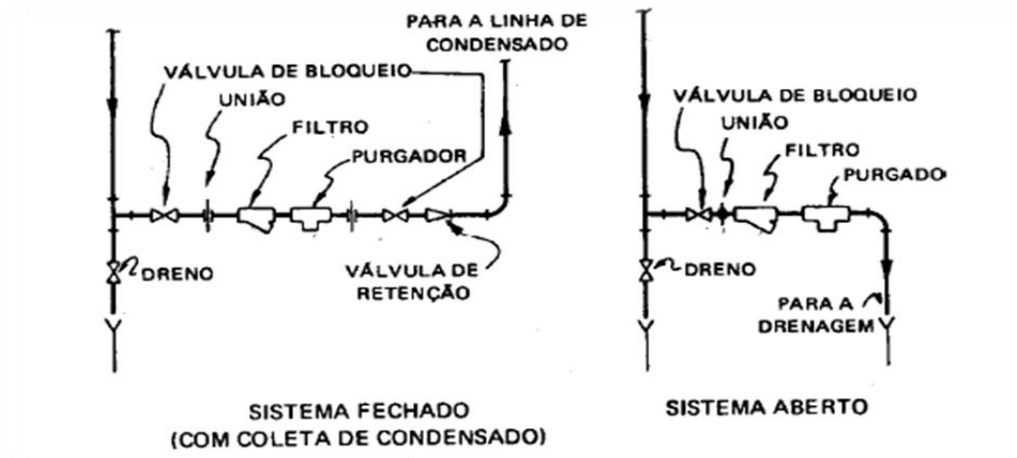


Figura 9 – Arranjo construtivo da instalação de purgadores de vapor em uma tubulação para sistema aberto e para retorno de condensado. Fonte: Ribeiro (2009).

### 8.1.1 Tipos de purgadores

Para poder determinar qual purgador é o mais adequado para a planta, primeiramente foi preciso saber quais os tipos e como se comportam. Um estudo mais abrangente sobre purgadores foi necessário. Esta abrangência terá como base o relatório gerencial realizado em 2010. Aqui será enfatizado apenas a os purgadores termodinâmicos e os de boia livre, o primeiro por ter sido predominante utilizado ao longo dos anos, e o segundo por ter sido a melhor opção tecnológica identificada para a nossa nova realidade.

### 8.1.2 Purgador termodinâmico

“O elemento de regulação que controla a saída de condensado depende da variação da pressão e temperatura, abrindo-se na presença de um ligeiro subarrefecimento do condensado e fechando imediatamente antes da temperatura do vapor saturado.” (GESTRA, 2011). Com isso pode-se determinar que os purgadores termodinâmicos são acionados na presença de uma diferença de temperatura -  $\Delta t$  - que seja capaz de dilatar o elemento de regulação (elemento que normalmente é projetado com um material sensível à temperatura e um coeficiente

de dilatação térmica coerente para tal aplicação, ou seja, um termostato) liberando ou restringindo condensado.

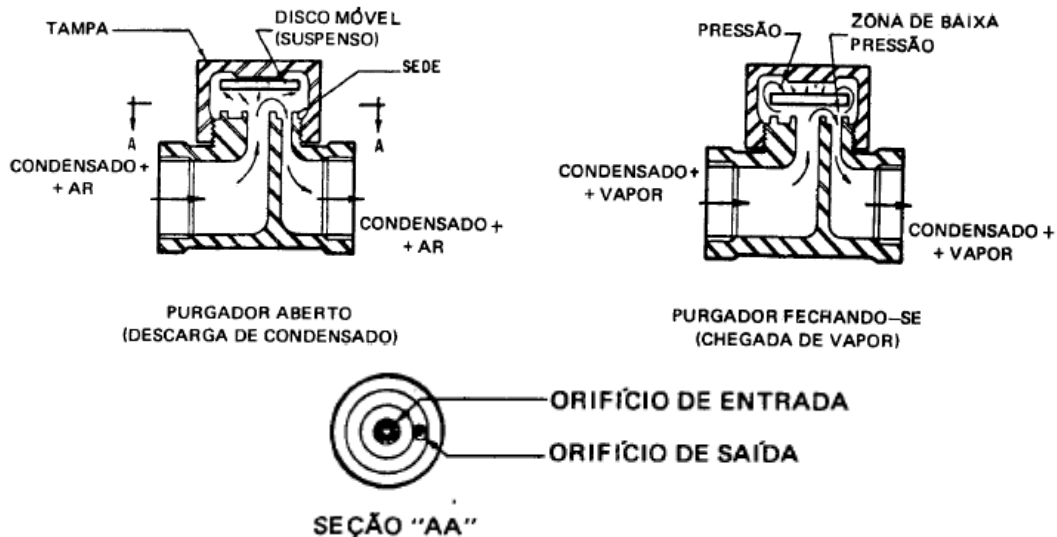


Figura 10 – Ilustração do princípio de funcionamento de um purgador termodinâmico.  
Fonte: Ribeiro (2009).

Após alguns estudos em campo, percebeu-se que na maioria dos casos os purgadores termodinâmicos possuem um atraso de resposta em função da necessidade da dilatação do termostato (devido ao  $\Delta t$  e  $\Delta p$ ). Vale ressaltar que esta é uma análise interna e específica deste trabalho, e na maioria das vezes o purgador termodinâmico tem uma excelente aplicação nos campos industriais.

Contudo, especificamente em nossa planta, a variação de pressão e temperatura não proporcionava uma diferença térmica significativa a ponto de realizar um rápido acionamento do termostato, em vez disso, uma leve retenção de líquido era necessária para gerar um gradiente térmico capaz de dilatar o controlador de saída de condensado.

A geração deste pequeno nível de líquido a montante do purgador era suficiente para causar diversos problemas. Uma vez que os pontos de condensado eram ramificações dos header's de vapor que perdiam energia através da liberação do calor latente, uma tubulação levava o condensado para a estação de purga, conforme detalhe construtivo demonstrado no item 9.1. A formação de líquido podia

retornar para header de vapor por diferencial pressão em forma de gotículas, estas gotículas viajavam em altíssima velocidade gerando a corrosão erosão.

Outro problema comum nestes purgadores que trabalham de maneira intermitente é a liberação de condensado em alta velocidade ou uma taxa de fluxo maior que o recomendado.

Tubulação de recuperação do condensado é normalmente projetado utilizando a taxa média de fluxo do condensado. No entanto, se utilizar os purgadores de vapores que operam de maneira intermitente, tais como purgadores do tipo balde invertido, disco, pistão e termostático, então a taxa de descarga momentânea pode ser muito maior em relação à média calculada. Isto pode resultar em uma velocidade de fluxo do condensado muito mais alta em relação ao anterior, que pode levar a uma erosão maior da tubulação. (In: [www.tlv.com](http://www.tlv.com)).

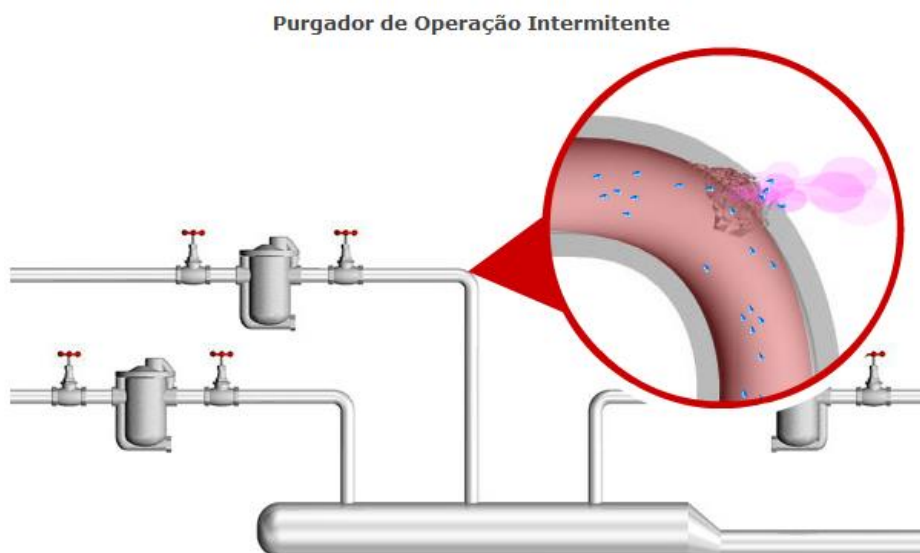


Figura 11 – Ilustração do princípio de corrosão erosão na descarga de um purgador.  
Fonte: In:[www.tlv.com](http://www.tlv.com).

Neste caso pôde-se concluir que a aplicação do purgador termodinâmico não era recomendada para nosso contexto operacional, diante do levantamento dos mecanismos de falha já comentados anteriormente.

Cerca de 90% (noventa por cento) dos purgadores instalados até então eram do modelo termodinâmico, ou seja, toda perda energética calculada e prejuízos financeiros estimados existiam devido a uma desatualização tecnológica predominante. Não que o projeto tenha sido concebido de maneira errônea, mas

porque a realidade operacional se apresenta diferente desde a construção das unidades. Fatores como: consumo de vapor reduzido; isolamentos térmicos degradados e condições climáticas que mudaram ao longo dos tempos também merecem ser considerados.

Foi preciso identificar uma nova tecnologia que atendesse a esta recente realidade operacional e ações rápidas deveriam ser tomadas para adequação da rede como um todo. Neste caso, identificaram-se os purgadores de boia livre, equipamentos que será discutido no item 8.1.3.

### 8.1.3 Purgadores de boia livre

Em busca de uma resposta mais precisa da expulsão do condensado indesejável no sistema e a retenção do “vapor seco” na rede, o purgador de boia livre se mostrou o mais recomendável para aplicação em tubulações de condensado, tanto para retorno, aberto para atmosfera, ou mesmo em circuito de “*steam trace*”.

O purgador de boia livre é acionado seguindo o seguinte mecanismo:

O mecanismo que faz com que o purgador de boia livre opere é à força de flutuação. A flutuabilidade faz com que a boia – que é própria válvula - suba e depois da elevação da boia fora da sede do purgador, esta estará na posição aberta. Em outras palavras, a força da flutuabilidade é a força que age para abrir a válvula. Se assumirmos que o peso específico do condensado é constante, então a flutuabilidade da boia é determinada pelo volume da parte submersa da boia. A força da flutuabilidade é, portanto o valor mais alto quando a boia está completamente submersa, e contanto que a mesma boia seja usada, não é possível conseguir uma força maior que esta que atue para abrir a válvula.

Por outro lado, a força que atua para fechar a válvula é uma força que é criada pelo diâmetro do orifício e a diferença entre as pressões na frente e atrás do orifício. (In:www.tlv.com).

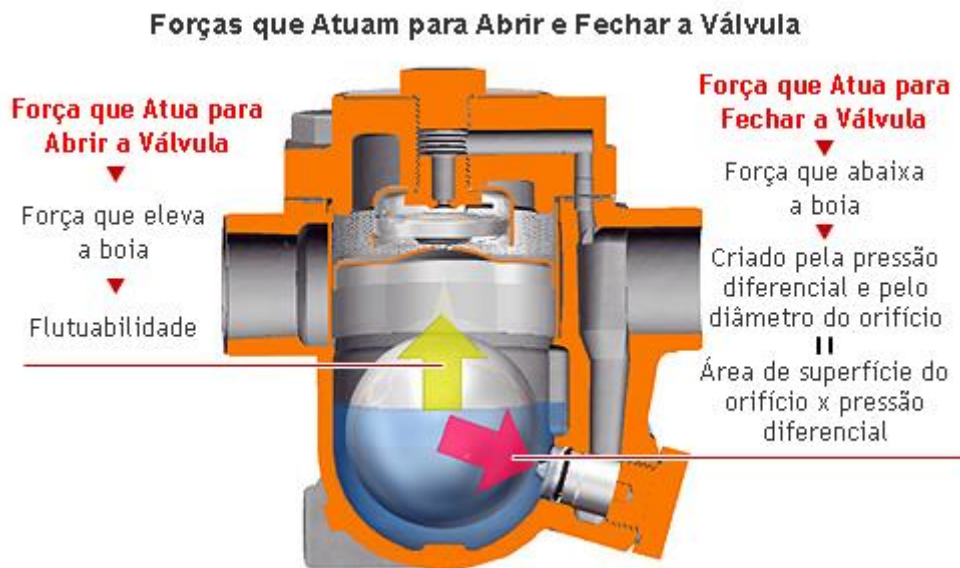


Figura 12 – Ilustração do princípio de funcionamento do purgador de boia livre.

Fonte: In: [www.tlv.com/](http://www.tlv.com/).

Por se tratar de uma vedação hermética, os purgadores de boia livre apresentam maior confiabilidade e maior vida útil. Maior confiabilidade porque há descarga completa e rápida de condensado, já que qualquer nível formado abre a válvula de descarga (resposta imediata), isso minimiza os impactos que poderiam ser causados pelo retorno de condensado para a linha de vapor, e por outro lado, como qualquer condensado é descartado de forma imediata, não existe descarga com velocidades acima do recomendado, pois o tempo de acúmulo é praticamente nulo. A durabilidade é outra grande vantagem deste tipo de purgador, pois a ausência de articulados internos e a presença apenas de uma válvula esférica e calibrada, evita um falha causada por fadiga mecânica ou desgaste por contato.

A aplicação prática de purgadores do tipo boia livre em nas unidades prolongou um melhor desempenho das redes de condensado, trazendo um resultado bastante satisfatório. Um comparativo realizado ao longo de três anos nos permitiu avaliar a maior durabilidade do purgador de boia livre em relação aos termodinâmicos. Lembrando que esta aplicação é uma particularidade singular das instalações a qual este trabalho foi baseado, resultante de análises fundamentado em estudos específicos destes processos. Em nenhuma hipótese este trabalho recomenda o purgador de boia livre ou quaisquer fabricantes para outras unidades sem o aprofundamento necessário de cada processo produtivo.

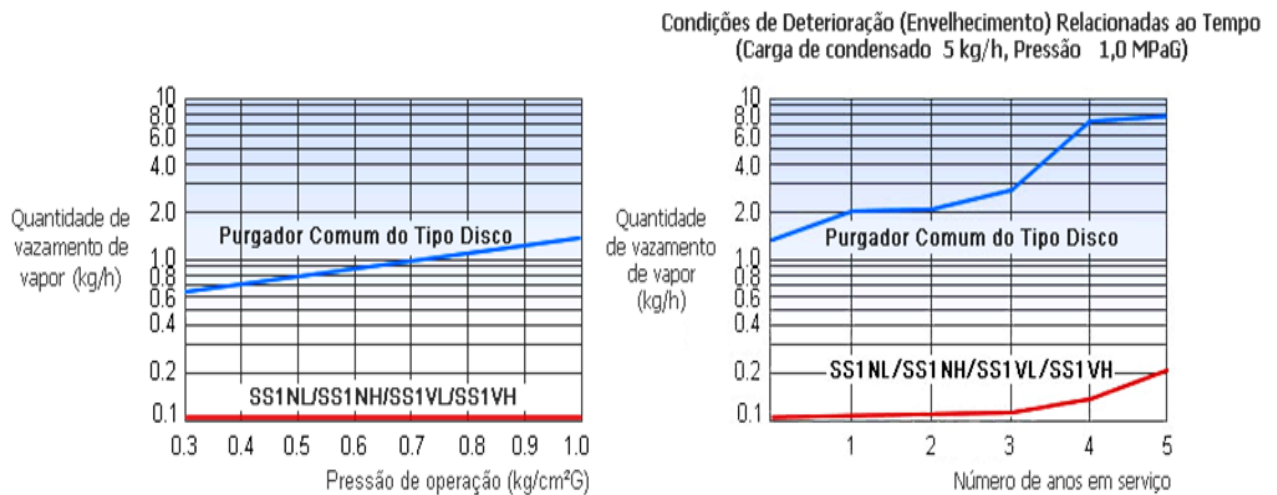


Gráfico 2: Representação comparativa da vida útil de purgadores do tipo disco e boia livre.

### *8.2 Gestão de purgadores de vapor: sistemática de identificação, cadastro, inspeção, manutenção e substituição de purgadores.*

Estudar a rede de vapor e condensado, simular os parâmetros e ajustá-los, identificar as estações de purga e quantificá-las, definir a atualização tecnológica mais aplicável, entre outras, são ações necessárias para auxílio a tomadas de decisões. No entanto, reestruturar o sistema de condensado necessita-se de uma disciplina vitalícia de controle e manutenção das estações de purga. Ao longo deste trabalho pode-se perceber que as estações de purga são os maiores responsáveis pelos efeitos de perda de vapor, corrosão acelerada pelo fluxo, corrosão erosão entre outros, restabelecer apenas não é o suficiente, precisa-se dominar o parque de purgadores, estabelecer as políticas necessárias de manutenção e realizar um acompanhamento sistemático do funcionamento e desempenho dos novos purgadores instalados.

Instaurar uma nova filosofia para conceituar purgador como equipamento é um desafio pragmático, que necessita ser encarado como regra, e para o início deste processo, faz-se necessário:

➤ Uma sistemática de identificação – Padrão normativo regido pela Companhia que identifique, classifique quanto à especificação, mapeie, controle e sistematize todos os parâmetros relacionados ao equipamento (purgador) – Este padrão deve trazer: Dados técnicos (pressão, vazão, diâmetro de orifício, material etc); Sequencia

lógica de instalação; Localização geográfica de instalação na área; Equipamentos auxiliares (header, trocadores, vasos) que apoie na identificação e; Classificação de trabalho – se é um purgador aberto para atmosfera, para retorno de condensado ou circuito de steam trace;

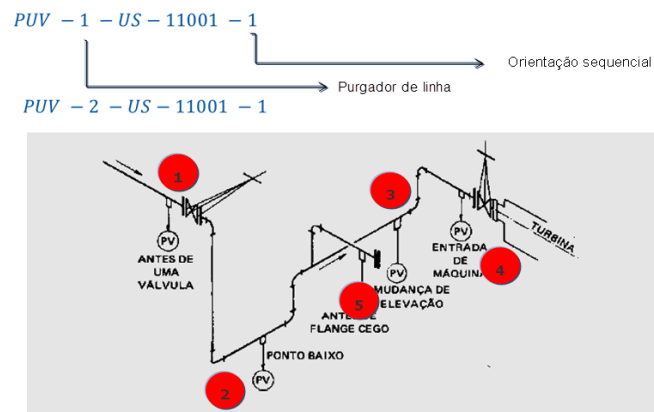


Figura 13 – Sugestão de tagueamento para estações de purga – purgador.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

- Cadastro – Todo purgador deve possuir uma numeração cadastrada em seu sistema de gerenciamento da manutenção como qualquer outro equipamento adquirido. O cadastro é uma identificação fiscal e comprobatória de aquisição do equipamento e permite a rastreabilidade para futuras transações. Além de trazer informações sobre: Dados do fornecedor; Valor estimado do equipamento e etc;
  
- Inspeção – Este item é uma dos mais importantes, já que o monitoramento do desempenho dos purgadores deve ter acompanhamento sistemático e periódico definido pela política de manutenção implantada. Algumas empresas como a Shell Global Solution, recomendam: *“Quanto à inspeção e manutenção de purgadores em header de vapor, recomendamos pelo menos uma avaliação anual de todos os purgadores quanto à sua funcionalidade.”* E ainda, *“Essa inspeção pode ser realizada utilizando comercialmente equipamentos de monitoramento de purgadores”* como o que utilizamos nos nossos estudos de 2010.

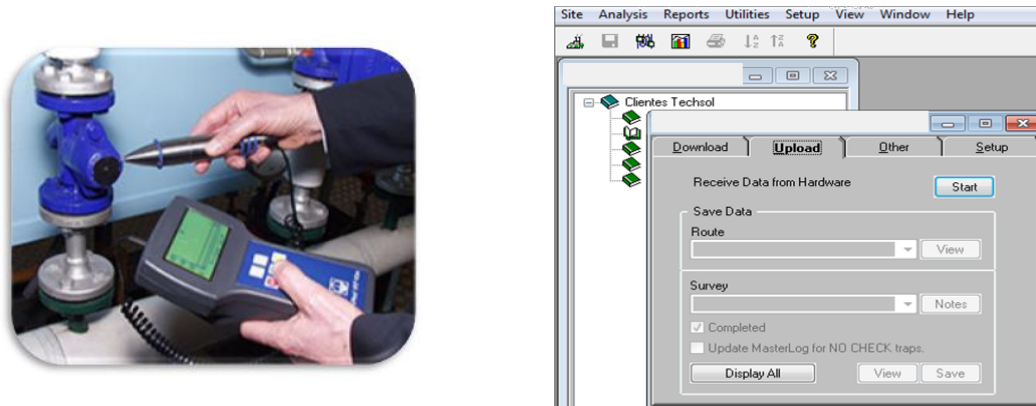


Figura 14 – Equipamento de ultrassom para aferição do desempenho (à esq.) e software de gerenciamento de estações de vapor (à dir.). Fonte: Elaborado pelo autor.

Alternativamente, o desempenho do purgador pode ser verificado fechando-se a válvula na saída do coletor de vapor para o cabeçalho de condensado, e abrindo-se a drenagem na saída do coletor de vapor, procura-se observar o que sai deste, se:

- ✓ Flashing e/ou Ciclo de condensado - o sistema de purga está funcionando corretamente;
- ✓ Condensado sub-resfriado - bloqueio a jusante operando fechado;
- ✓ Saída de Vapor - purgador dando passagem;
- ✓ Nada - armadilha de vapor bloqueado ou bloqueio a montante.

➤ Manutenção – Alguns tipos de manutenção devem ser adotados para o gerenciamento dos sistemas de purga, são elas:

- ✓ Inspeção / Monitoramento da Condição / Preditiva:
  - Manutenção planejada baseada no acompanhamento da condição ou desempenho, utilizada quando se dispõe de um parâmetro quantitativo e qualitativo que permite o monitoramento da deterioração ou do desempenho.
  - Monitoramentos periódicos, cujas frequências de realização são pré-determinadas, são considerados atividades de manutenção baseada na condição (ex.: acompanhamento com ultrassom que converte energia sonora em vazão ton/hora).



✓ Teste para Detecção de Falhas Ocultas (TDF)

- Realização de tarefas periódicas (testes) para verificar se o equipamento já se encontra em estado de falha.

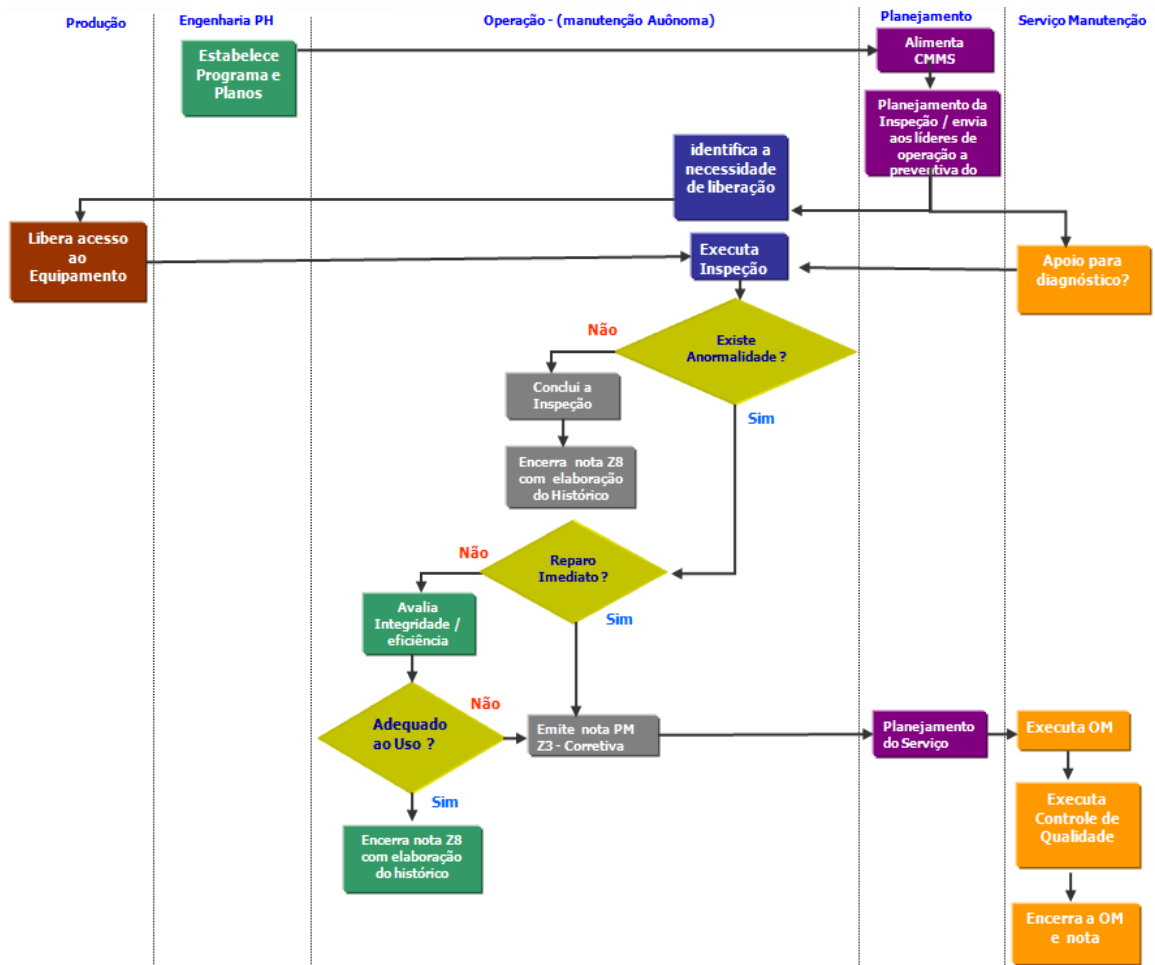


Figura 15 – Demonstração para análise de detecção de falhas ocultas. Fonte: <http://www.tlv.com/global/BR/>

➤ Substituição de purgadores – esta etapa deve ser precedida de todos os itens anteriores, em que todo pessoal deve ser treinado na inspeção e manutenção das estações de purga. A sistemática de substituição dos purgadores deve atender ao fluxo normal de manutenção, através de ordens de manutenção e recomendações baseadas no diagnóstico de falha identificada no campo pelo técnico de manutenção ou pelo operador de produção. A Shell Global Solution, empresa de assessoria técnica, também recomenda que uma equipe específica seja designada para tratar assuntos referentes à manutenção e adequação das estações de purga, e que esta equipe não concorra com as prioridades da área, como normalmente acontecem nas plantas industriais, onde equipamentos categorizados ou emergências operacionais se sobrepõem aos demais serviços.

É interessante que haja uma construção sólida e estabelecida das diretrizes visando à condução dos trabalhos relacionados ao planejamento, programação e controle dos serviços de manutenção na rotina das unidades operacionais, que sejam abrangentes e intransponíveis. Com isso um fluxo bem definido de atividades pode ser elaborado, como mostra o fluxograma 1 abaixo:

Fluxograma 1



Fluxograma 1 – Sugestão de fluxograma para manutenção e adequação das estações de purga. Fonte: Elaborado pelo autor.

## 9 RESULTADOS

A implantação da sistemática de todos os assuntos abordados neste trabalho iniciou-se efetivamente no final do ano de 2012 e ao longo de 2013, cerca de R\$ 2.408.922,00 foram investidos para adequação e mapeamento das estações de purga.

No final de 2014 foi possível mapear, cadastrar e rastrear de forma precisa 2.667 purgadores, ou seja, 77,3% dos 3.083 levantados pelo estudo de 2010, reclassificando seus mecanismos de falha e retroalimentando os dados com maior fidedignidade dos critérios. Foram 899 purgadores adequados, entre substituição e atualização tecnológica, gerando uma redução aproximada de perda de vapor de 89.236,99 ton/ano, sendo este valor convertido em uma economia de R\$ 2.254.462,82 somente em retenção de vapor nas estações de purga, ou seja, eliminando os pontos de vazamentos e passagem direta. Estes números representam 100% de todos os purgadores com vazamento e passagem direta identificados nos estudos de 2010, e ainda, acrescem os purgadores com defasagem tecnológica. Isso significa um retorno de 93,6% do valor investido em apenas 2 anos. Como descrito anteriormente, a vida útil de um purgador chega a 5 anos, no entanto, conclui-se que as capturas são recorrentes com o passar dos anos, o que pode ser postergado para mais, se as manutenções preventivas, aqui citadas, continuarem a serem atendidas. Com isso, nos anos subsequentes temos o valor capturado R\$ 11.272.314,08 ao longo de 5 anos, reembolsando o valor investido e redirecionando os novos investimentos em outros projetos de melhorias.

Além das capturas diretas provenientes das adequações das estações de purga, temos os custos indiretos de produção, são eles:

- Uma vez que estamos, teoricamente, consumindo menos óleo combustível nas caldeiras para geração de vapor, já que com as adequações têm-se um consumo mais confiável de vapor;

- Redução dos danos mecânicos nas tubulações provenientes de fluidos bifásicos nas linhas, minimizando os riscos perdas de produção por paradas não planejadas, além de acidentes pessoais;
- Redução do consumo de vapor nas áreas industriais;
- Menor taxa de energia associada as caldeiras.

Nos gráficos 3 e 4 pode-se visualizar o acompanhamento sistemático dos mapeamentos, cadastramentos e adequações das estações de purga.

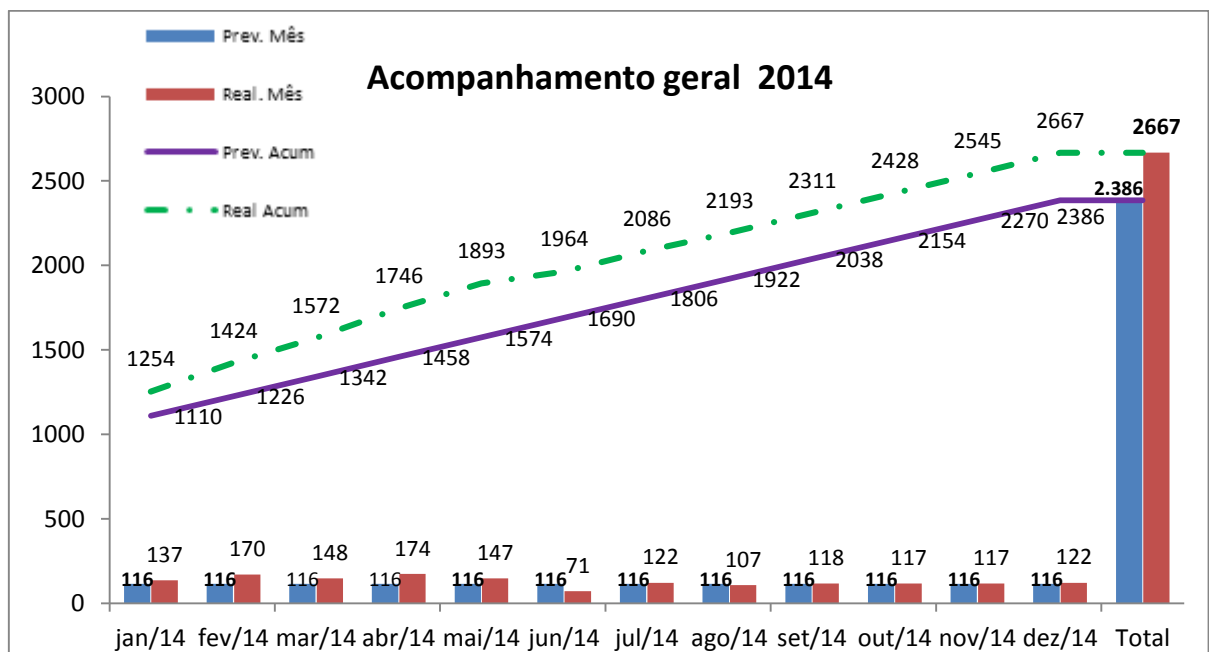


Gráfico 3: Quantidade de purgadores mapeados e cadastrados no per – Previsto x Realizado.

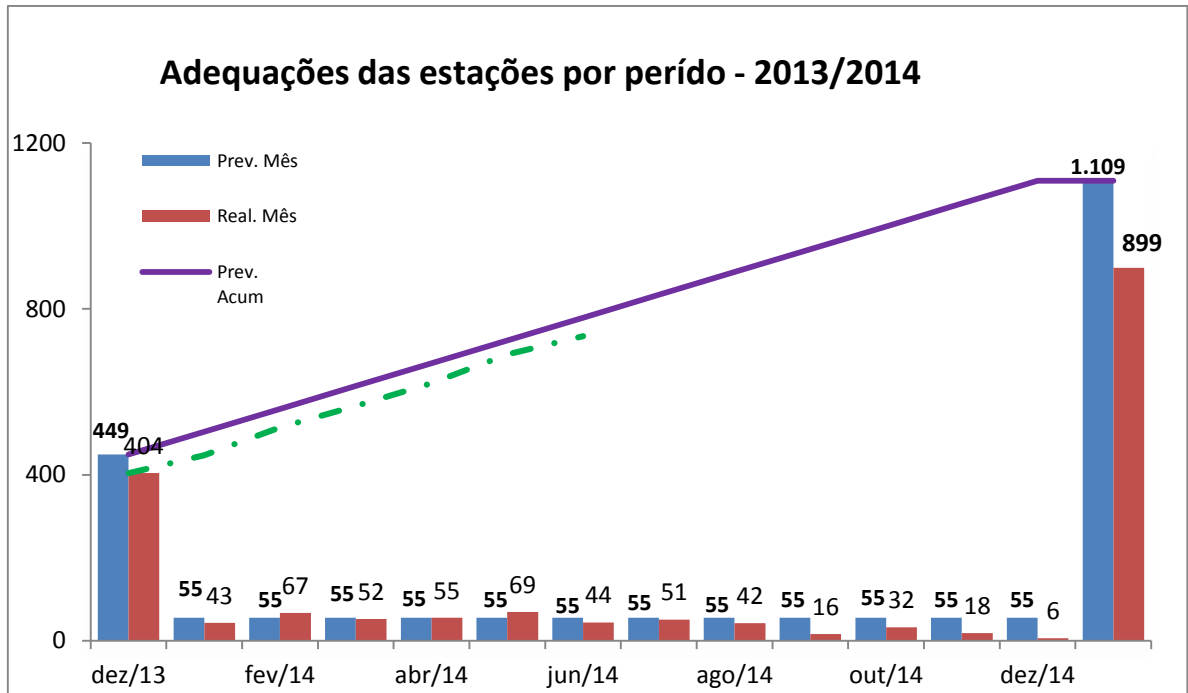


Gráfico 4: Quantidade de purgadores adequados e substituídos no período

O gráfico 5 mostra o avanço orçamentário criado para acompanhar o cronograma de desembolso para as adequações, aquisições de materiais e pagamento da mão-de-obra no período de 2013 e 2014.

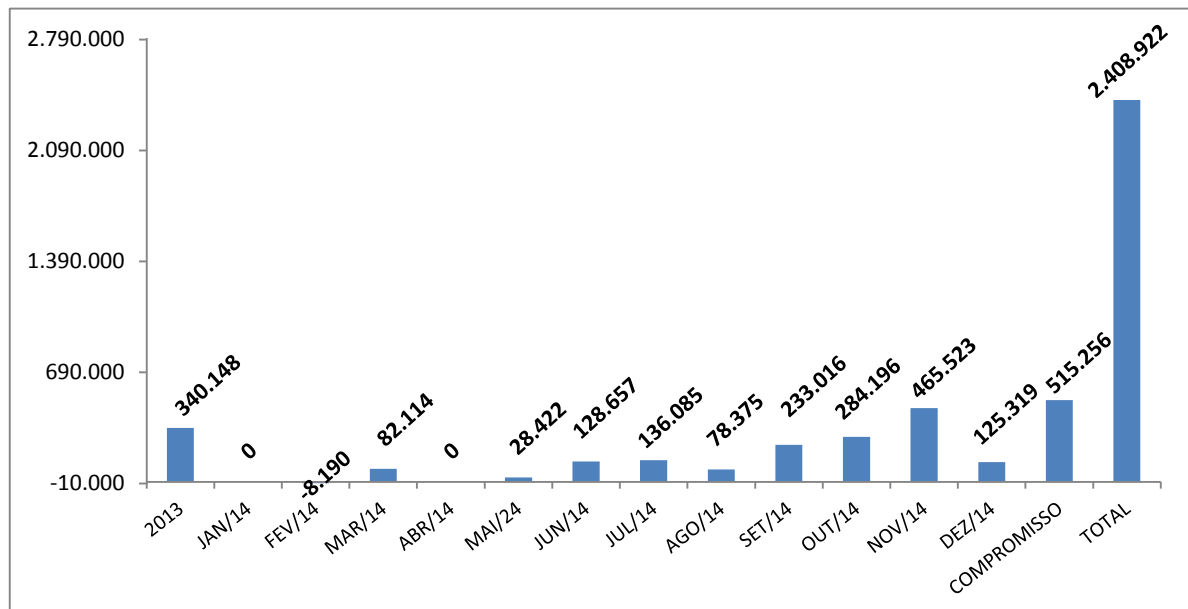


Gráfico 5: Valores investidos entre anos de 2013 e 2014.

Um plano de gerenciamento deste porte traz inúmeros benefícios no cumprimento de redução de custos fixos, gerando um maior valor agregado e retorno aos acionistas. Com base numa vida útil de três a cinco anos por purgador, é possível perceber que o investimento terá um retorno rápido e justificado.

## 10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de um cenário cada vez mais competitivo, atividades inovadoras que apresentem resultados satisfatórios sempre serão bem vindas. Capitanear melhorias com foco em sustentabilidade, eficiência energética, retorno financeiro e segurança de processo são diretrizes essenciais para a perpetuidade do negócio.

Neste trabalho, pôde-se agregar valor ao negócio, sistematizando novas metodologias e mudanças de paradigmas quanto ao conceito de purgadores. A grande redução de perda de vapor, resultante da melhoria das estações de purga, refletiu na base financeira da empresa e também expressou uma maior confiabilidade voltada para a segurança de processo e eficiência energética. De acordo com as novas simulações realizadas nos sistemas de condensado, resultados satisfatórios estão sendo observados, tais como regimes de escoamento mais “comportados”, redução de falhas em linhas por furo e a minimização de ocorrências de martelos hidráulicos. Isso incentiva a continuidade do trabalho e a seriedade deste assunto.

Um retorno de 93,5% no valor investido em 2 anos, com ganho econômico de 4 vezes este valor no fim do ciclo de vida do equipamento, com margem para aumento de campanha (considerando a continuidade das manutenções sugeridas), justifica o investimento realizado, agrega valor ao negócio e aumenta a confiabilidade dos ativos. A gestão consciente e sistematizada das estações de purga de uma rede de condensado de uma petroquímica, por exemplo, conduz o negócio a uma viabilidade econômica e auxilia a companhia a manter-se competitiva, pois a redução de consumo de energia e as taxas de falhas não planejadas proporcionam um melhor planejamento para novos investimentos.

Evidentemente, que novos estudos precisam ser iniciados, novas tecnologias testadas, novos fornecedores encontrados, e estes são pontos a qual deve se dar grande importância. Disseminar assuntos como este é rastrear novos fenômenos associados a falhas em purgadores e a grande possibilidade de impedir eventos inesperados.

Contudo, alguns pontos ainda precisam ser consolidados, por exemplo, o tempo de vida útil para purgadores de boia livre, que com base nos dados levantados, só pode ter sua certificação após os cinco anos previstos de pleno funcionamento. Por isso o quão importante qualificar os fornecedores e abranger para o universo industrial este assunto, a fim de, garantir melhor disponibilidade de insumos para manutenção e a maior confiabilidade para os equipamentos.

Neste trabalho pode-se concluir, que apesar do universo de fatores que necessitam ser controlados e o tempo necessário para implementar e construir um projeto de gerenciamento de condensado de uma petroquímica, uma vez estabelecidos, trazem não só um retorno financeiro satisfatório, como também autonomia operacional e competitividade de mercado. Isto é resultado de desenvolvimento técnico sempre ascendente e a busca contínua das soluções de engenharia.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ELETROBRÁS/PROCEL, **Conservação de energia** - 2.<sup>a</sup> edição, 2001.

GESTRA, **Manual sobre condensados** - 14.<sup>a</sup> edição, 2011.

PETALAS, Nicolas; **Petroleum Engineering Stanford University** – August, 1997.

RIBEIRO, Clélio; **Tubulações Industriais**. 1. ed. Lorena: EEL-USP, 2009. V1. 730 p.

TELLES, Pedro C.S; **Tubulações Industriais** – Rio de Janeiro: LTC S.A, 1997.

TLV, **Fundamentos do Vapor**, [2015]. Disponível em:<  
<http://www.tlv.com/global/BR/steam-theory/what-is-steam.html>>. Acesso em: 05 jan. 2015

SARCO, Spirax; **Purgadores de Vapor**, [2015?]. Disponível em:<  
<http://vmbrasil.com/portfolio/spirax-sarco/?gclid=COfwnJmbicYCFY0YHwodfaUAtA>>. Acesso em: 12 abr. 2015

EPE, Empresa de Balanço Energético, **Balanço Energético Nacional**, Rio de Janeiro – RJ, Maio de 2014. Disponível em:  
<[https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese%20do%20Relatório%20Final\\_2014\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese%20do%20Relatório%20Final_2014_Web.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2015