

# REDUÇÃO DA PERDA DE CARGA NA SUÇÃO DE COMPRESSORES DE PRODUTO E ELEVAÇÃO DA CAPACIDADE DE COMPRESSÃO\*

Ignacio Ferreira França Monjardim Barradas<sup>1</sup>

## Resumo

A elevação da capacidade de um compressor pode se feita de diversas maneiras: incrementando a abertura da guide vane (válvula de admissão – incremento da rotação), diminuindo a temperatura de sucção, abrindo a válvula de recirculação, etc. Neste trabalho exploraremos essa elevação para compressores de Nitrogênio gasoso através do aumento da pressão de sucção destes equipamentos. Este incremento da pressão de sucção foi obtido através da redução da perda de carga na sucção do compressor. Temos dois possíveis benefícios neste caso: o aumento da vazão volumétrica mantendo a mesma pressão de descarga, ou a redução do consumo de energia do equipamento através da redução da abertura da válvula de admissão (guide vane) para disponibilizar uma mesma vazão volumétrica. Essa otimização do sistema foi obtida através da substituição do filtro de sucção do equipamento por um de maior diâmetro e, conseqüentemente, menor perda de carga. Originalmente o filtro encontrava-se numa tubulação com menor diâmetro: um novo filtro foi especificado e instalado num trecho de tubulação com maior diâmetro.

**Palavras-chave:** Pressão de sucção; Perda de carga no filtro; Elevação da capacidade de um compressor.

## SUCTION PRESSURE DROP REDUCTION IN PRODUCT COMPRESSORS AND THE CAPACITY INCREASING

### Abstract

There are many ways to increase the capacity of a centrifugal compressor: increasing the opening of the guide vane (it affects the speed), reducing the suction temperature (higher density), opening the recirculation valve, etc. This project will focus on the reduction of the suction pressure drop (to provide higher suction pressure) in order to achieve higher compressor flow rate. There are two possible benefits: increasing the volumetric flow rate for the same discharge pressure, or keeping the same flow rate with lower power consumption through the reduction of the compressor speed (guide vane opening). This optimization has been obtained by replacing the compressor suction filter by a larger diameter one, which provides a lower pressure drop.

**Keywords:** Suction pressure; Filter pressure drop; Compressor capacity increasing.

<sup>1</sup> Engenheiro Químico, Engenheiro de Produtividade, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

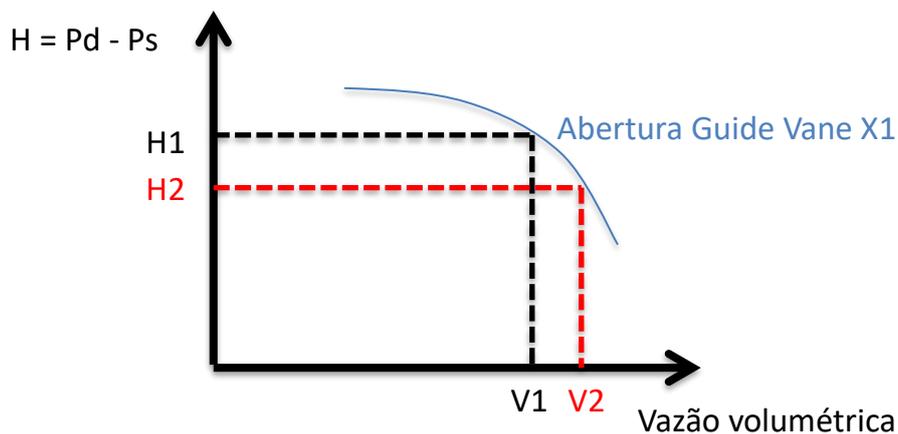
## 1 INTRODUÇÃO

A Usina de Camaçari faz uso de 3 compressores de Nitrogênio para atendimento ao polo. A diferença de pressão entre o nitrogênio gasoso que sai da planta de separação de gases atmosféricos e o nitrogênio que é admitido na sucção destes compressores é bem elevada. Um dos fatores que contribuem para esta perda de carga acentuada são os filtros instalados na sucção destes equipamentos, que impactam diretamente a eficiência operacional dos compressores.

Uma alternativa muito utilizada pela Operação era incrementar a pressão de operação das colunas de destilação para elevar a pressão do nitrogênio produzido, desta forma os compressores admitiam mais vazão. Esta ação, no entanto, afeta diretamente a eficiência da destilação.

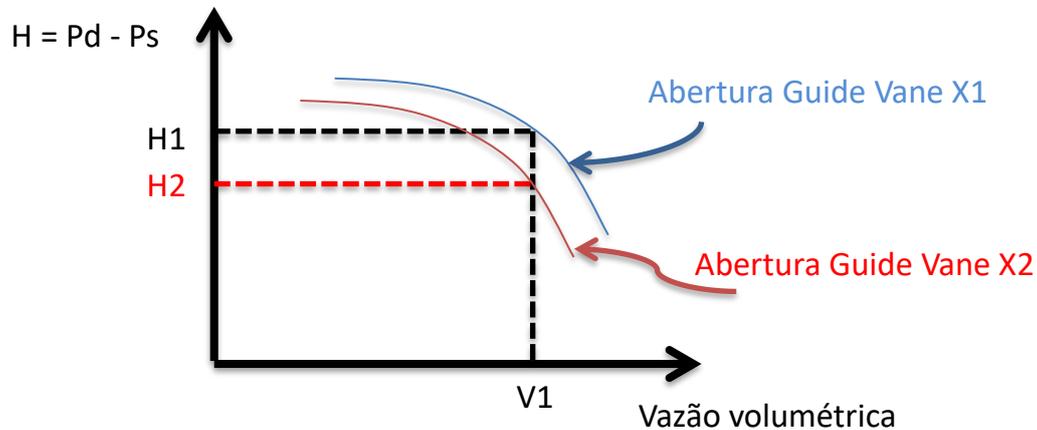
É sabido que a perda de carga gerada pelo filtro aumenta à medida que seu diâmetro diminui, considerando uma mesma vazão de operação. Portanto uma forma para incrementar a pressão de sucção dos compressores, e conseqüentemente, suas capacidades de compressão, seria a substituição destes filtros por outros de maior diâmetro. O aumento da pressão de sucção diminui o *Head* (diferença entre pressão de descarga e a pressão de sucção) requerido pelo equipamento, uma vez que a pressão de descarga é fixa (em função da demanda do cliente).

Ao diminuirmos o *Head* temos um cenário interessante, conforme ilustra o gráfico 1 abaixo: originalmente estávamos numa condição  $H_1$  e  $V_1$ , de *head* e vazão, para uma determinada abertura da guide vane ou rotação  $X_1$ . Ao incrementarmos a pressão de sucção migramos para a condição  $H_2$  e  $V_2$  numa mesma abertura de Guide Vane  $X_1$ . Isto significa que conseguimos uma maior vazão para uma mesma rotação e pressão de descarga do equipamento.



**Gráfico 1:** Curva head x vazão volumétrica de compressores centrífugos (redução do head e incremento da vazão)

Outro cenário possível, caso não tenhamos interesse no incremento de vazão gerado pela redução da perda de carga na sucção dos compressores, seria reduzir a abertura da Guide Vane (rotação) do compressor, conforme ilustra o gráfico 2 abaixo. Ou seja, operaríamos numa mesma condição de vazão ( $V_1$ ), porém com a guide vane mais restringida ( $X_2$ ), possibilitando uma redução no consumo de energia do equipamento.



**Gráfico 2:** Curva head x vazão volumétrica de compressores centrífugos (redução do head e manutenção da vazão – redução da rotação)

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

As imagens abaixo retratam as alterações feitas visando a redução da perda de carga no trecho de sucção dos compressores de Nitrogênio. O filtro instalado possui um diâmetro maior do que o anterior. A tubulação foi ampliada imediatamente antes do filtro para possibilitar a instalação.





Figura 1: Configuração antes da aplicação do projeto.



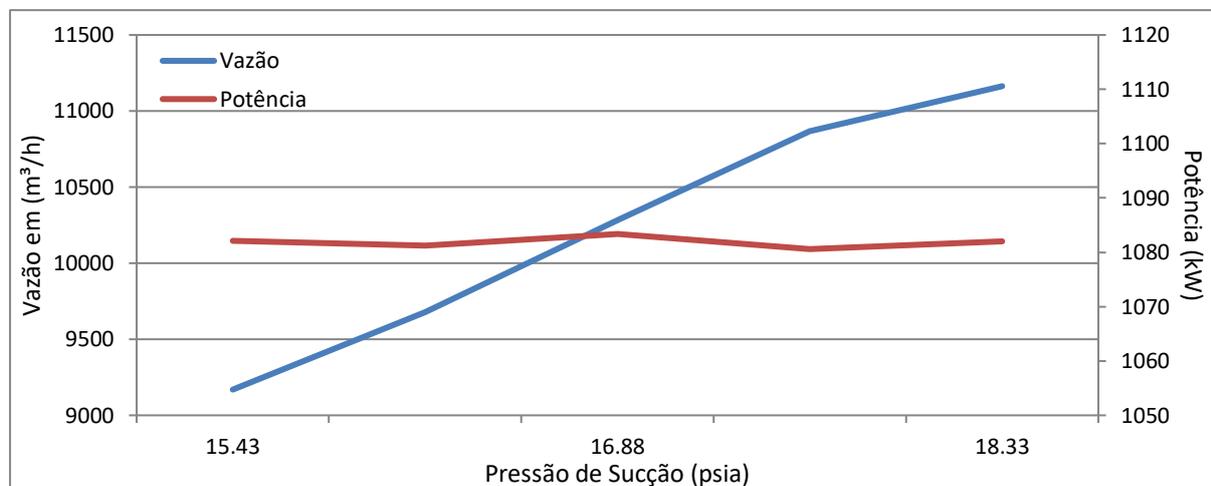
Figura 2: Configuração após as modificações.

O projeto visa reduzir a perda de carga na linha de sucção, elevando assim a pressão de sucção dos compressores. Este incremento permite que o compressor opere conforme projeto original em termos de pressão de entrada e eficiência adiabática. O benefício resultante desta iniciativa será a elevação da capacidade de compressão para o mesmo consumo de energia.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a substituição dos filtros e alteração da configuração da tubulação de sucção dos compressores de nitrogênio foram obtidos resultados interessantes: a curva abaixo representa o benefício em vazão obtido a partir do aumento na pressão de

sucção de um dos compressores de nitrogênio. Fica evidente também que o consumo de energia se manteve praticamente constante apesar do incremento de vazão, uma vez que nos aproximamos das condições de projeto originais do equipamento em termos de pressão de entrada e eficiência adiabática.



**Gráfico 3:** Comparativo vazão de nitrogênio vs consumo de energia

Nestes dados experimentais observou-se que um incremento de até 19% na pressão de sucção possibilitou, na prática, um aumento de até 22% em termos de vazão para uma mesma potência do compressor.

Este benefício do projeto também poderia ser traduzido em redução no consumo de energia, caso não houvesse demanda para esta vazão adicional de nitrogênio disponibilizada pelos compressores.

#### 4 CONCLUSÃO

Com a realização deste projeto foi possível levar a condição operacional do compressor para seu ponto de projeto. Trouxe um benefício interessante através de uma iniciativa relativamente simples. A substituição do equipamento foi feita com o aproveitamento das linhas existentes, adequando somente os pontos onde os filtros foram instalados. Trata-se de um projeto de fácil reprodução e com retorno de mais de 2 vezes o investimento inicial, ou seja, payback simples de 0,5 ano.

Este benefício do prático do projeto está associado à equação 1 que estima o consumo de energia do eixo de compressores centrífugos assumindo uma compressão adiabática:

$$BHP = \frac{m \times C_p \times T_s \left[ \left( P_d / P_s \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]}{42.42 \times \eta_{ad}} \quad (1)$$

Onde:

BHP - "Brake Horse Power" adiabático (hp)

Cp = calor específico a pressão constante (BTU/lb°F)

k = Cp / Cv

$m$  = vazão mássica (lb/min)

$T_s$  = Temperatura de Sucção, ( $^{\circ}$ R)

$P_d$  = Pressão de descarga (psia)

$P_s$  = Pressão de sucção (psia)

O incremento da pressão de sucção e da eficiência adiabática possibilitou o incremento de vazão sem afetar a potência no eixo do equipamento (BHP).

## Agradecimentos

Agradecemos em especial aos Srs. Leandro Rosa (Supervisor de Produção) e Gerson Coutinho (Gerente de Unidade) que muito contribuíram na implementação do primeiro projeto.

## REFERÊNCIAS

- 1 - UNISIM Process Modeling Software
- 2 - Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics, 7th Edition [J. M. Smith, H. C. Van Ness, M. M. Abbott