

REDUÇÃO DO CONSUMO DE NITROGÊNIO LÍQUIDO UTILIZADO PARA LIQUEFAÇÃO DO ARGÔNIO ¹

André Luiz Bonelar dos Santos ²
Luiz Enrique Sturião ³

Resumo

O sistema de distribuição de argônio da ArcelorMittal Tubarão é composto por três tanques de baixa pressão e um tanque de alta pressão interligado a um vaporizador. A continuidade operacional do processo de distribuição é condicionada a transferência, através de bombas, do argônio contido nos tanques de baixa pressão para o tanque de alta pressão. Durante o processo de transferência ocorre o aumento da pressão interna do tanque de alta pressão ocasionando a abertura da válvula de alívio do topo, direcionando o gás para a recondensadora de argônio onde será liquefeito através da troca térmica com o nitrogênio líquido. A abordagem proposta para condução deste trabalho tem por objetivo a redução do consumo de nitrogênio líquido extraído da unidade 03 de fracionamento do ar e utilizado para a liquefação dos gases de argônio proveniente do processo de distribuição, proporcionando assim benefícios econômicos, que são consequências da redução de custos operacionais.

Palavras-chave: Argônio; Nitrogênio; Liquefação.

REDUCTION OF LIQUID NITROGEN CONSUMPTION FOR ARGON LIQUEFYING

Abstract

The Argon Distribution System of ArcelorMittal Tubarão includes three low pressure tanks and one high pressure tank connected to a vaporizer. The availability of Argon to the processes is dependent on pumping of liquid Argon from low pressure to high pressure tank. During this procedure there is an increase in the internal pressure of the high pressure tank. In this situation, a control valve on the top of high pressure tank opens and the Argon in the gas phase flows to a cooler that uses liquid Nitrogen in order to return back the Argon to the liquid phase. The proposal of this article concerns about reducing the liquid Nitrogen extracted from Air Separation Unit 3, as long as the operational losses of Argon distribution system remain low, leading to economic gains due to operational costs reduction.

Key words: Argon; Nitrogen; Liquefaction.

¹ Contribuição técnica ao XXII Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 15 a 17 de agosto de 2007, Vitória – ES, Brasil.

² Supervisor de Produção de Energia – ArcelorMittal Tubarão

³ Especialista em Energia e Utilidades - ArcelorMittal Tubarão

1 INTRODUÇÃO

O sistema de distribuição de argônio na ArcelorMittal Tubarão é composto por três tanques de baixa pressão tipo HTL-20000 para estocagem do argônio líquido produzido e carregamento de carretas, duas bombas criogênicas de transferência, um tanque de alta pressão tipo TM-3000 que suprirá o gasoduto e dois vaporizadores de produto tipo imersão modelo VS-100. Em virtude de sua larga utilização, o processo de distribuição de argônio apresenta um custo operacional adicional devido ao consumo de nitrogênio líquido necessário para recuperação dos vapores de argônio oriundos do processo. O setor de Energia da ArcelorMittal Tubarão tem instalado em seu parque industrial 2 unidades de destilação fracionada do ar, responsáveis pela produção de argônio utilizados ao longo da cadeia produtiva do processo siderúrgico.

O tanque de alta pressão tipo TM-3000 do sistema de distribuição de argônio tem autonomia de 1 hora e 10 minutos, considerando-se o pico de vazão do gasoduto de 4.500 Nm³/h. Isto proporciona ao sistema uma folga suficiente para a escorva e partida das bombas criogênicas responsáveis pela alimentação do tanque. Durante o processo de alimentação do tanque via bomba ocorre a formação de vapor de argônio que é condensado no recondensador de argônio, contra a vaporização de nitrogênio líquido, e após retorna para o tanque de argônio "Batch Tank". O nitrogênio líquido utilizado no processo de recondensação de argônio é extraído da corrente de Shelf que alimenta o topo da coluna superior da unidade 03 de fracionamento.

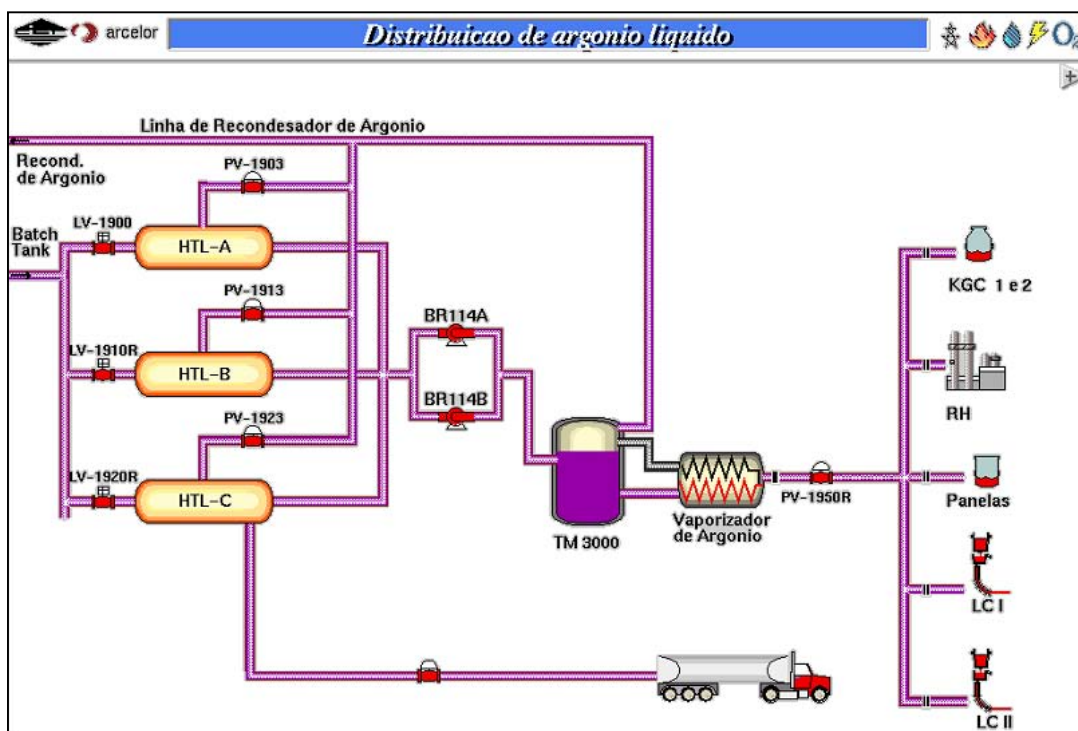
A abordagem proposta para condução deste projeto tem por objetivo a redução do consumo de nitrogênio líquido utilizado para a liquefação do argônio, através do redirecionamento dos vapores de argônio proveniente do tanque direto para o gasoduto.

O presente trabalho justifica-se porque a redução do volume de nitrogênio líquido extraído da corrente de Shelf para manutenção do processo de recuperação de argônio, produzirá um competitivo ganho em termos de produtividade na unidade 03 além dos benefícios econômicos, que são conseqüências da redução de custos operacionais.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de condensação do argônio na recondensadora experimenta fluxos desbalanceados, tanto mássicos como energético, nos trocadores de calor. Estes desbalanceamentos são continuamente recompostos pela transferência de calor dos vapores de argônio que entram na recondensadora para o nitrogênio líquido armazenado no separador.

Com o objetivo de reduzir o volume de nitrogênio líquido extraído da corrente de Shelf e responsável pela alimentação da recondensadora de argônio, primeiramente foi realizado o mapeamento de todo o sistema de armazenamento/distribuição de argônio visando analisar as principais fontes geradoras de vapor de argônio Figura 1. Após análise do sistema foi diagnosticado que o tanque TM-3000 era a fonte que mais contribuía para o consumo de nitrogênio líquido na recondensadora de argônio.



Fonte: PROCOM CST

Figura 1 – Fluxograma simplificado do processo de distribuição de argônio

Assim para implementar um modelo otimizado de operação para o sistema de distribuição de argônio, primeiramente foi necessário identificar no processo, qual a metodologia a ser adotada para redução do desbalanceamento energético e assim identificar a região ótima de operação. Identificado a região ótima de operação o próximo passo é quantificar o ganho obtido com a redução do desbalanceamento energético causado no sistema de recondensação, que chamaremos de capacidade energética (CE), obtidos nesta região. Validado o modelo, os parâmetros determinados via simulação serão aplicados e comparados com os dados reais de operação.

2.1 Modelo Estacionário

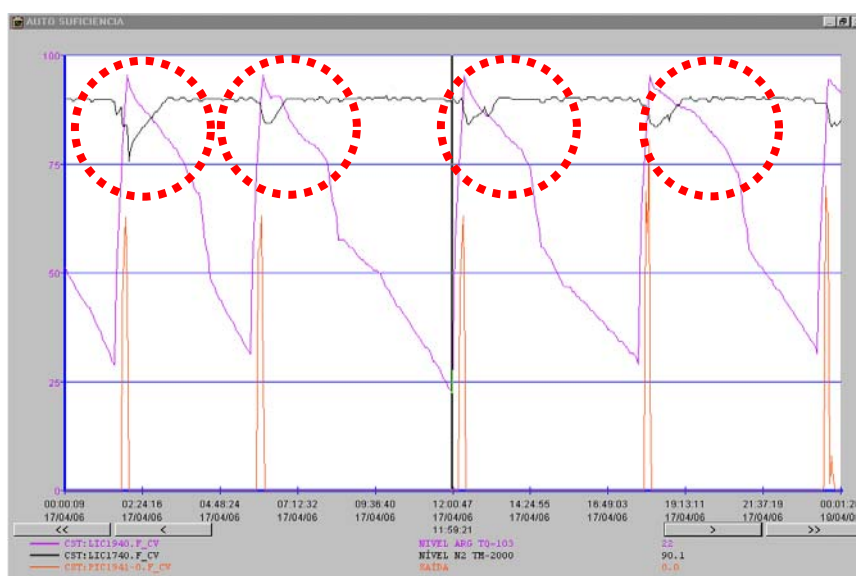
Com o intuito de definir o impacto causado pelos vapores de argônio proveniente do tanque TM-3000 na extração de nitrogênio líquido da corrente de refluxo da coluna superior, foi desenvolvido um modelo de simulação considerando o processo em estado estacionário. Este modelo prevê com boa precisão quando comparado aos dados reais do processo.

O simulador utilizado neste trabalho é o HYSYSTM, da Hypertech, na sua versão 3.2. Este programa de simulação é utilizado para a atividade de análise quanto para de projeto, sendo que para simulação do sistema de distribuição, o método utilizado é do tipo “inside-out”. Este algoritmo é largamente utilizado devido a sua robustez e aplicação para vários tipos de casos. Foi desenvolvido por Boston e Sullivan apud Kister⁽¹⁾ e consiste em utilizar equações simples para o cálculo da constante de equilíbrio e da entalpia, para resolver as equações de balanço de massa, de energia e de equilíbrio na iteração interna, e após atualizar o cálculo da constante de equilíbrio e da entalpia em uma iteração externa.

2.2 Capacidade Energética

A quantificação do desbalanceamento energético causado pela recondensação dos vapores de argônio constitui em uma importante ferramenta para análise dos ganhos de refrigeração que poderão ser alcançados no processo de fracionamento, ampliando assim a capacidade energética do sistema através da redução da extração de nitrogênio líquido da rede de Shelf.

Para quantificar o ganho a ser obtido com a redução do desbalanceamento energético, primeiramente foram realizados testes operacionais no sistema de distribuição de argônio com o objetivo de identificar o comportamento do processo. Durante os testes foram coletados os dados de pressão de entrada (P_e), pressão de saída (P_s) e variação do nível do tanque (%). Nesta etapa conforme mostra a Figura 2 foi possível identificar o impacto no nível do tanque de nitrogênio líquido (TM-2000) causado pelos vapores de argônio formado no TQ-103 durante o seu processo de enchimento.



Fonte: Sistema de supervisão CST

Figura 2 – Consumo de nitrogênio líquido durante enchimento do TQ-103

Alem disso, foi realizado também a comparação do volume de nitrogênio extraído com a extração de produtos e com a zona de transição da coluna superior Tabela 1, garantindo assim uma análise mais eficaz do desbalanceamento energético do processo.

Tabela 1 – Coleta de dados

VARIÁVEL	UNIDADE	COLETA DE DADOS					
		1	2	3	4	5	6
LIN	Ton/dia	19,36	18,84	19,35	18,76	19,53	19,44
Zona	%	84,27	83,93	83,67	83,73	83,78	83,48
LO ₂ Prod.	Ton/dia	85,82	88,22	84,10	88,20	85,55	86,65

Concluída a coleta dos dados, foi utilizado o simulador HYSYS para avaliar o volume de nitrogênio líquido que é consumido durante o período de enchimento do tanque.

2.3 Simulação do Processo

A simulação do processo de distribuição de argônio tem como objetivo a análise da energia necessária no sistema de recondensation de argônio, durante o processo de enchimento do tanque TM-3000, para a liquefação dos vapores de argônio. Esta análise baseia-se nos resultados experimentais encontrados nos estudos do comportamento do tanque TM-3000.

Inicialmente de acordo com a sistemática do HYSYS, foi implementada a construção de um modelo de modo a descrever de forma detalhada e objetiva o funcionamento do processo de distribuição de argônio. Da base de dados do HYSYS foram introduzidos todos os componentes químicos envolvidas no processo. Após esta etapa foi selecionado como modelo de coeficientes de actividade o NRTL, que utiliza a mecânica estatística e a teoria da célula líquida para representar a estrutura da fase líquida. Este modelo é apresentado na Figura 3.

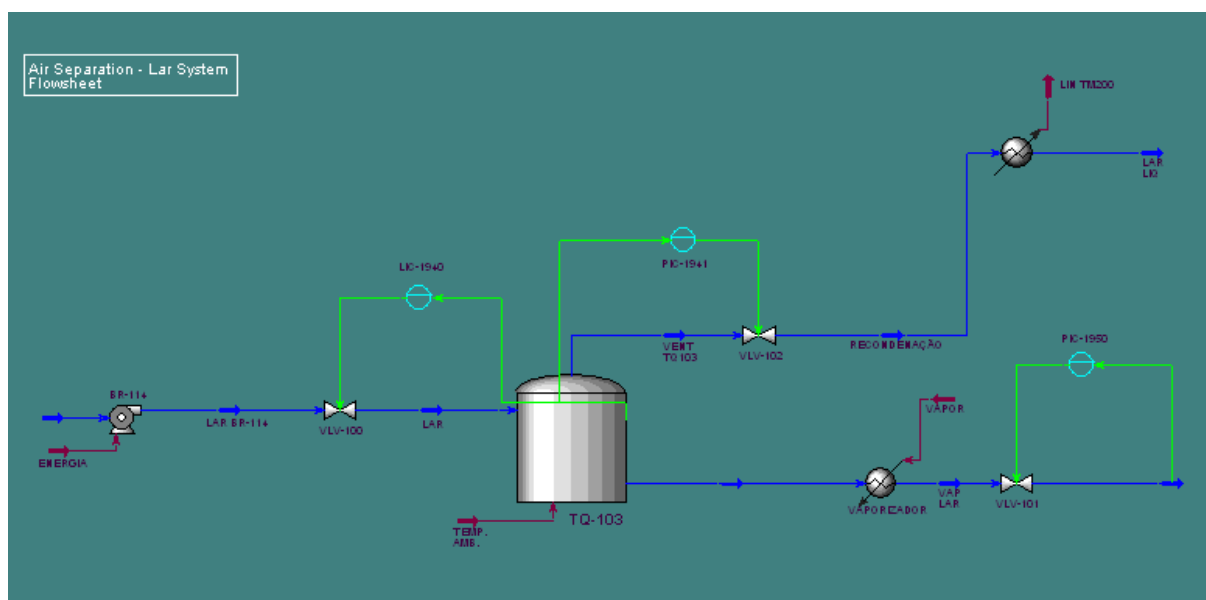


Figura 3 – Fluxograma simplificado do processo de distribuição de argônio

Após a simulação, foi possível quantificar a perda de capacidade energética do processo de fracionamento do ar em relação ao volume de nitrogênio utilizado. Nesta mesma etapa os valores de nitrogênio líquido, extraído da corrente de Shelf, encontrados após simulação foram comparados com os dados de processo conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados da simulação do TM-3000

VARIABLE	UNIDADE	SIMULAÇÃO	REAL
Consumo de N2 líquido	Ton/dia	12,52	13,86
Pressão Max. TM-3000	Kg/cm ²	39,83	39,00
Distribuição de Argônio	Nm ³ /h	800	782

Como os dados obtidos através da simulação do processo apresentaram um desvio inferior a 5% quando comparados aos dados reais, podemos concluir que a simulação apresentou valores próximos ao real, constituindo-se assim em uma ótima ferramenta para análise e otimização do processo em estudo.

Nesta etapa do estudo foi possível quantificar que o volume de nitrogênio líquido, utilizado na recondensadora de argônio para liquefação dos gases provenientes do TM-3000, representava em média 47% do consumo diário. A redução deste consumo passou então a ser um item relevante para otimização do processo.

2.4 Alterações do Processo

Com base no diagnóstico apresentado após a simulação, onde foi determinado que os vapores de argônio provenientes do tanque TM-3000 durante o seu processo de enchimento era a maior fonte de consumo de nitrogênio líquido, foi iniciado duas linhas de estudo para a redução deste consumo. A primeira proposta baseou-se na redução do volume de vapor de argônio formado durante o enchimento do tanque e a segunda proposta no redirecionamento dos vapores de argônio proveniente do tanque.

2.4.1 Redução do volume de vapor de argônio

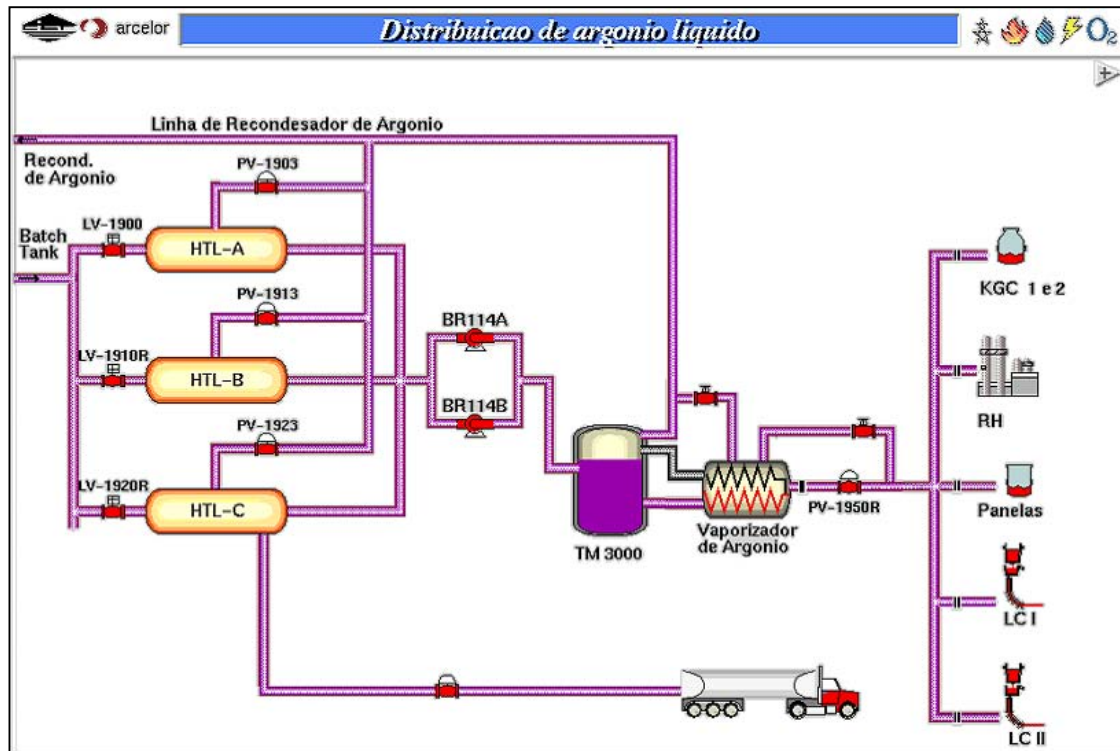
Com o objetivo de reduzir o volume de vapor de argônio formado durante o processo de enchimento do tanque, foi alterado o procedimento para o controle da pressão de descarga das bombas BR-114 A/B, evitando assim a abertura da válvula de controle de pressão. A alteração baseou-se no controle da pressão do tanque TM-3000 em no máximo 39 Kg/cm² durante o processo de enchimento, através da recirculação das bombas BR-114 A/B para os tanques HTL-20000.

Durante os testes foi possível manter a pressão do tanque TM-3000 estável em 38 Kg/cm², não permitindo assim que a pressão chegasse aos 40 Kg/cm² que é o valor de atuação da válvula de controle de pressão do tanque. Entretanto o volume de líquido recirculado pela bomba afetou o controle de pressão dos tanques HTL-20000. Este fato tornou a proposta inviável visto que o problema estava apenas sendo transferido de um tanque para o outro.

2.4.2 Redirecionamento dos vapores de argônio

A restrição apresentada durante o estudo de redução do volume de vapor de argônio fez com que o estudo de redirecionamento dos vapores de argônio fosse melhor avaliado. Iniciou-se então o estudo da segunda proposta, onde o objetivo principal era a utilização dos vapores de argônio dentro do próprio processo de distribuição, evitando assim, que o mesmo fosse direcionado a recondensadora de argônio.

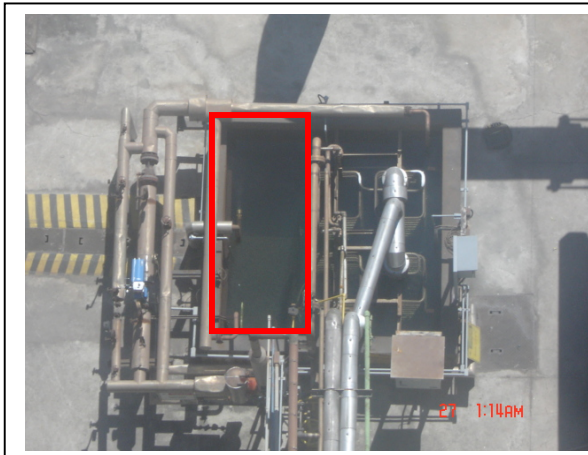
A proposta apresentada após análise do processo foi a de injetar os vapores de argônio do TM-3000 direto na rede de distribuição, reduzindo assim etapas do processo. Durante o desenvolvimento desta proposta foi diagnosticado que a rede de distribuição que é de aço carbono não poderia receber este vapor, devido o mesmo encontra-se a uma temperatura de -152 °C. Assim, para eliminar o risco associado à injeção dos vapores na rede de distribuição, foi proposto a instalação de um vaporizador de argônio entre a rede de alívio do topo do tanque e a rede de distribuição conforme Figura 4.



Fonte: PROCOM CST

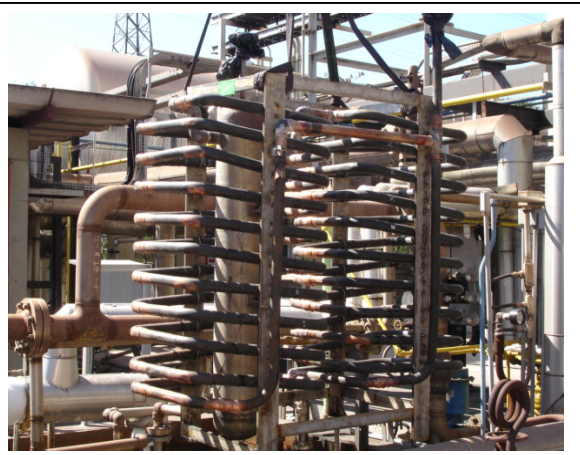
Figura 4 – Fluxograma simplificado após modificações.

A instalação do vaporizador foi dividida em duas etapas, sendo que a primeira compreendeu na abertura de espaço na bacia de vaporização através do reposicionamento do sistema atual de vaporização Figura 5. E a segunda etapa na recuperação, montagem e instalação de um módulo usado de vaporização de produto tipo imersão modelo VS-100, conforme Figura 6.



Fonte: FOX CST

Figura 5 – Primeira etapa



Fonte: FOX CST

Figura 6 – Segunda etapa

Concluído a montagem foi iniciada a fase de testes onde foi possível determinar os resultados alcançados. Conforme os dados obtidos com a simulação do processo, durante o enchimento do tanque TM-3000, a válvula de controle de pressão não atuou e os vapores de argônio foram todos direcionados para a rede de distribuição. Assim, foi possível reduzir o consumo de nitrogênio utilizado para liquefação de argônio no sistema de distribuição da AMT.

3 CONCLUSÕES

Este trabalho objetivou a redução do consumo de nitrogênio líquido extraído da unidade 03 de fracionamento do ar e utilizado para a liquefação dos gases de argônio proveniente do processo de distribuição. Entretanto para isso, foi necessária a implantação de novo módulo de vaporização, que eliminava o fluxo de vapores de argônio do TM-3000 destinado a recondensadora. Para tanto se utilizou o conceito de balanço de massa e energia desenvolvido por Foust et al.,⁽²⁾ tendo o HYSYSTM como simulador de processo. Por meio da análise dos resultados experimentais obtidos, chegaram-se as seguintes conclusões:

- A avaliação do comportamento do processo da unidade 03 de fracionamento do ar mostrou que o mesmo era fortemente impactado com as variações de extração de nitrogênio líquido.
- A extração de nitrogênio da corrente de refluxo ocasionava distúrbios termodinâmicos ou hidrodinâmicos na coluna superior, ultrapassando aos limites do balanço de massa total da coluna. Isso influenciava na eficiência de separação ou na transferência de massa e conseqüentemente na produção total de oxigênio líquido;

Portanto para o sistema estudado a eliminação do volume de vapores de argônio, enviado pelo TM-3000 para a recondensadora, ocasionou uma redução 47,3% no consumo de total de nitrogênio. Proporcionando assim, uma maior disponibilidade de produtos para venda e tornando expressivos os ganhos financeiros com a venda de co-produtos para empresas terceiras.

REFERÊNCIAS

- 1 KISTER, H. Z. *“Distillation Design”*. McGraw-Hill, EUA, 1992.
- 2 FOUST, A. S. WENZEL, L. A. CLUMP, C.W. MAUS ANDERSEN, L.B. *“Princípios das Operações Unitárias”*. 2ª Edição, Editora LTC, Rio de Janeiro, 1982.