



## 1) INTRODUÇÃO

A equipe de Engenharia de Processos de uma empresa química nacional, com forte atuação nas indústrias de cosméticos, detergentes e têxtil, elaborou um estudo preliminar de melhorias baseado no acompanhamento dos parâmetros de processo e inspeções de manutenção de suas unidades de processamento. A equipe decidiu propor ao corpo diretivo da empresa várias sugestões para modernização do parque industrial, com o objetivo de sustentar o crescimento que a empresa vem apresentando nos últimos anos.

A direção da empresa, consciente da importância da tecnologia para manter o bom nível de serviços prestados e o alto nível da qualidade de seus produtos, autorizou o início de vários projetos.

Para uma unidade específica, a de alquilação, será necessário preparar um estudo mais completo, com base no relatório inicial entregue à diretoria. Para essa unidade, que produz nonilfenol de forma contínua, a partir da reação entre noneno e fenol, foram propostas três ações estratégicas:

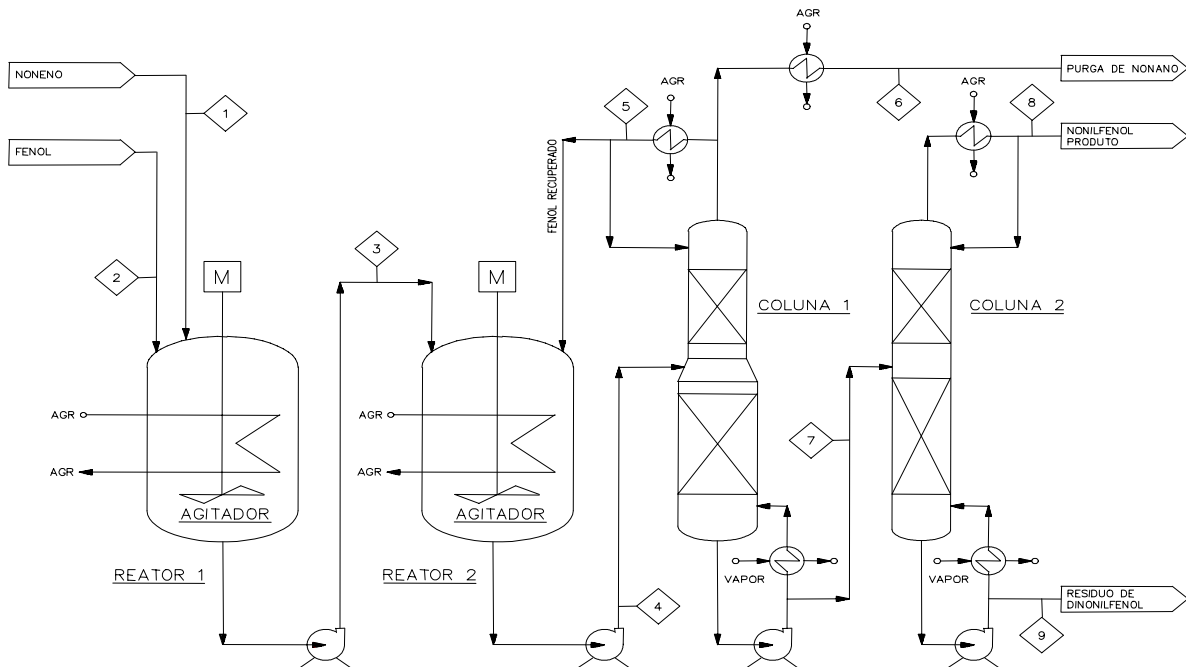
- I) Promover melhorias tecnológicas e substituir equipamentos em fim de vida, se for o caso;
- II) Avaliar oportunidades para aproveitamento dos resíduos gerados;
- III) Aumentar a lucratividade por meio das seguintes alternativas: maximizar a formação de produtos, minimizar a formação de resíduos ou buscar opções de mercado para viabilizar a sua venda para aplicações mais nobres.

Dado o grande número de projetos, a empresa decidiu contratar escritórios de engenharia para realizar estudos mais detalhados, com os quais serão tomadas as decisões de futuros investimentos. Como engenheiro de processo de um desses escritórios, você foi incumbido de apresentar as alternativas para a unidade de alquilação, e recebeu as informações que seriam necessárias para iniciar o trabalho, conforme segue.

## 2) DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O primeiro de dois reatores CSTR em série é alimentado com noneno e fenol. A corrente proveniente do 2º reator alimenta a primeira coluna de destilação que remove noneno e fenol no topo. A mistura de nonilfenol e dinonilfenol (subproduto da reação), fundo da primeira coluna, alimenta a segunda coluna, onde se obtém nonilfenol produto no topo e uma mistura de dinonilfenol e nonilfenol no fundo.

O processo de produção de nonilfenol está ilustrado no fluxograma que segue.





### 3) DADOS

- Detalhes de algumas correntes atuais

Corrente	3	4	6	8	9
Descrição	Saída do 1° reator	Saída do 2° reator	Purga de nonano	Nonilfenol produto	Resíduo de dinonilfenol
Vazão ( kg/h )					
FENOL	1.828,6	1.617,1	2,0	3,8	< 0,1
NONILFENOL	1.652,3	2.133,2		2.122,6	6,5
DINONILFENOL	76,5	98,8		38,1	60,7
NONENO/NONANO	501,9	210,2	13,6	< 0,1	< 0,1
TOTAL ( kg/h )	4.059,3	4.059,3	15,6	2.165	328
Pressão ( mmHg A )	atm	atm	atm	50 ( * )	56 ( * )
Temperatura ( °C )	80 a 125	80 a 125	40	215 ( * )	277 ( * )

( \* ) As correntes **6**, **8** e **9** são resfriadas e armazenadas à temperatura ambiente após saírem do processo.

- Volume útil de cada um dos reatores: 8,0 m<sup>3</sup>;
- Os reatores estão em fim de vida útil;
- Há muitas tecnologias modernas licenciadas para reações de alquilação.
- Informação sobre a corrente **6** de topo da coluna 1:
  - ⇒ Atualmente, é destinada como resíduo;
  - ⇒ Não é possível analisar ou quantificar separadamente nonano e noneno no processo atual;
  - ⇒ Concentração máxima de fenol: 20% em peso;
  - ⇒ O nonano é uma impureza presente na matéria-prima noneno com especificação de 3% em volume máximo;
  - ⇒ Purificada e isenta de fenol, poderia ser aproveitada como combustível independente da proporção nonano/noneno. Se fosse possível a separação do par noneno/nonano, o único resíduo gerado na planta seria o nonano;



- ⇒ Há várias alternativas sugeridas para um melhor aproveitamento econômico desta corrente: destilação, separação por membranas ou oxidação e remoção do fenol.
  
- Informação sobre a corrente **9** de fundo da coluna 2:
  - ⇒ Atualmente, é destinada como resíduo para queima;
  - ⇒ Caso seja necessário, o teor de nonilfenol poderá ser incrementado até o máximo de 30% em peso, apenas com alteração do procedimento operacional, sem investimentos;
  - ⇒ A área de marketing supõe que exista uma aplicação para essa corrente tal qual ou com a proporção de nonilfenol incrementada.
  
- Custos das matérias-primas:
  - ⇒ Noneno: R\$ 314 / ton;
  - ⇒ Fenol: R\$ 598 / ton.
  
- Custo de destinação de resíduo para queima: R\$ 275 / ton.



#### **4) RELATÓRIO**

Após lhe entregar estes dados, seu chefe encomendou um relatório a ser entregue à empresa, e sugeriu que você incluísse os tópicos abaixo. Esse relatório deverá ser encaminhado ao cliente via ABEQ. Será permitida a consulta a livros, publicações periódicas e internet, devendo-se explicitar a referência bibliográfica utilizada em cada tópico.

- a) Introdução contendo a descrição do problema e os objetivos do projeto;
- b) Descrição e fluxograma de processo e balanço de massa e energia contendo a vazão, temperatura, pressão e composição de todas as correntes;
- c) Banco de propriedades físico-químicas das principais substâncias envolvidas, contendo todos os parâmetros que você julga necessários para avaliação de todo o processo;
- d) Banco de compatibilidade química, informando os principais materiais a serem recomendados para cada equipamento/substância;
- e) Lista de fornecedores de tecnologia para área de reação, acompanhada de um relatório sucinto comparativo das principais indicações, vantagens e desvantagens;
- f) Ainda que se apresentem alternativas tecnológicas, caso seja mantido o mesmo catalisador atual, os operadores da unidade entendem que seria melhor ter apenas um reator. Pede-se investigar se esta hipótese é vantajosa, avaliando as possíveis modificações de tamanhos e configuração de reator(es) que podem tornar o processo mais competitivo e simplificado;
- g) Apresentar uma alternativa de processo viável para a separação da corrente **6**, que contemple:



- Fluxograma de processo, balanços de massa e energia simplificados;
  - Pré-dimensionamento dos principais equipamentos envolvidos neste processo;
  - Relatório de estudo econômico contendo estimativa de investimento e o retorno esperado.
- h) Investigar possíveis aplicações de dinonilfenol (corrente **9**), informando especificações requeridas, potencial de volume e estimativa de preço de venda.
- i) Apresentar as possíveis questões ambientais resultantes e formas de evitá-las.