

Momento Técnico

DICAS DOS ESPECIALISTAS



A granulometria e seu papel na otimização de processos em uma unidade de FCC

Lucas Andrade

Engenheiro de Serviços Técnicos
FCCS.A.

A granulometria de material particulado é uma medida do tamanho das partículas ali presentes. Conhecer essa característica é essencial para prever o comportamento das partículas em um processo industrial, além de obter diagnósticos do modo operacional do processo. Especificamente para unidades de craqueamento catalítico fluido (UFCC), conhecer a granulometria do catalisador permite monitorar a eficiência dos ciclones nos estágios de separação, as propriedades de fluidização e possíveis perdas da unidade.

Os impactos decorrentes do aumento da perda de finos em uma UFCC podem abranger problemas de fluidização e circulação de catalisador, alteração do perfil de rendimentos, aumento do custo associado à reposição da perda, o impacto ambiental quando há maior emissão de particulado pela chaminé, dentre outros que serão abordados neste artigo.

SETEMBRO
2024



Para que uma unidade de FCC opere de forma otimizada, é crucial garantir uma fluidização e circulação adequadas do catalisador no conversor, ambas diretamente dependentes da granulometria. A correta fluidização possibilita o contato apropriado entre as partículas de catalisador e a fase gasosa, necessário para as reações de craqueamento e combustão, além de promover a boa circulação do catalisador. A circulação determina a relação catalisador/óleo em cada cenário operacional, e está associada aos balanços de pressão e energia da unidade. Adicionalmente, a eficiência de separação dos ciclones está relacionada às características das partículas, como o perfil granulométrico.

É natural que haja uma pequena perda de particulado durante operação normal dos ciclones, que pode ser temporariamente intensificada quando há dosagem de catalisador fresco. Porém, se os ciclones perderem eficiência e não conseguirem reter adequadamente a quantidade esperada de catalisador, o excesso de particulado que passa para sistemas a jusante pode causar problemas sérios de emissão, dificuldades operacionais, deposição e redução de vida útil em equipamentos, podendo provocar uma parada não programada na unidade.

O acompanhamento da granulometria permite identificar eventuais ineficiências dos ciclones e outros problemas operacionais. Com esses diagnósticos é possível realizar ajustes operacionais para minimizar perdas de catalisador ou melhorar a fluidização, bem como planejar de maneira assertiva eventuais manutenções no conversor.

O método mais comum para aferição da distribuição do tamanho de partículas (PSD – *particle size distribution*) de amostras de catalisador de uma UFCC é a difração com raio laser, que consiste na formação de um padrão de dispersão à medida que a luz interage com a amostra. Parâmetros como intensidade e ângulo do feixe são computados e relacionados com o tamanho da partícula.

Os objetivos principais em acompanhar o PSD consistem em monitorar a eficiência dos ciclones, as propriedades de fluidização do catalisador de equilíbrio (e-cat) e eventuais perdas na UFCC.

Causas e diagnóstico

Alguns dos indicativos de perda anormal de catalisador são:

- Aumento do volume de catalisador retido no 3°/4° estágio de ciclone;
- Maior concentração de depósitos de cinzas no *slurry*; dependendo da criticidade, pode haver incrustação/bloqueio nos permutadores;

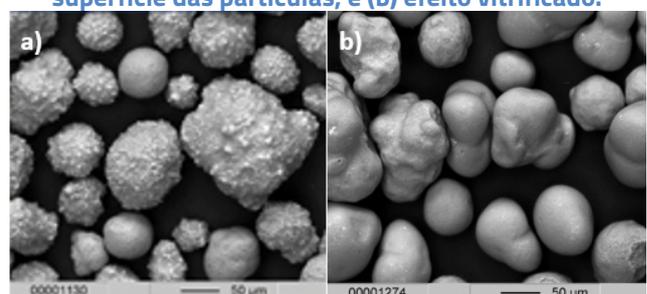
- Chaminé: perdas contínuas e elevação da opacidade;
- Queda do nível no regenerador: demandando maior reposição de catalisador;
- Fluidização e circulação erráticas de catalisador com reflexos, por exemplo, no controle de abertura das válvulas de catalisador gasto e regenerado.

A perda elevada de catalisador pode acontecer devido a diferentes circunstâncias: problemas de projeto, falhas nos ciclones, problemas mecânicos (erosão, trincas, etc), operação fora da faixa recomendada (como velocidade superficial no interior dos vasos e descontrole de nível), e ainda quebra de catalisador por baixa resistência mecânica ou velocidade excessiva nas saídas de vapor e ar. Há uma grande incidência de problemas associados aos ciclones como: furo, queda de refratário, travamento de válvulas, inundação das pernas (*dipleg*), formação de coque e arraste por condições operacionais inadequadas.

Algumas informações são essenciais para o diagnóstico deste tipo de problema. O balanço de perdas da unidade deve ser analisado a partir da quantificação das correntes de saída de catalisador pelos lados do regenerador e do reator. É fundamental conhecer a características da partícula como granulometria, índice de atrito e densidade aparente, além do projeto da unidade e variáveis operacionais como vazão, pressão, vapor, fluxo de ar, entre outras.

Além do perfil de tamanho, a morfologia externa do catalisador também é um fator importante que trará impactos para a circulação e fluidização da unidade. A presença de contaminantes na carga, como o ferro e cálcio, pode provocar nódulos nas partículas, aumentando sua resistência ao escoamento, além do risco de vitrificação, que reduz sua acessibilidade, como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1. Efeito do ferro sobre a morfologia externa do catalisador: (a) nódulos na superfície das partículas, e (b) efeito vitrificado.



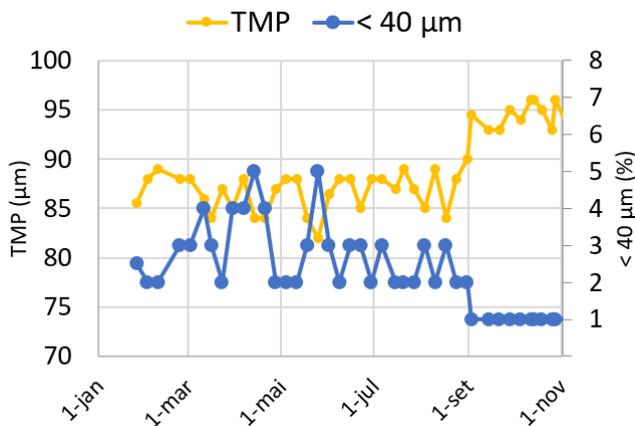
Fonte: Banco de Dados da FCC S.A.



Resultados de granulometria

O perfil granulométrico do e-cat é influenciado pelas características do catalisador fresco, pelos hardwares e pela condição operacional da unidade. É normal a ocorrência de perdas ao se dosar catalisador fresco, devido a entrada de finos que não são retidos pelos ciclones, e pelo polimento das irregularidades na superfície das partículas expostas à condição abrasiva (intrínseca do processo). Quando há um aumento da fração de partículas na faixa 0 μm – 40 μm , isso indica possível quebra de catalisador, e quando há diminuição na mesma faixa, pode indicar perda de eficiência nos ciclones. Essas alterações são observadas também no tamanho médio da partícula (TMP), que aumenta quando há redução de finos e diminui quando os finos aumentam, como mostra a Figura 2.

Figura 2. Evolução do TMP e da fração < 40 μm para o e-cat de uma unidade de FCC.

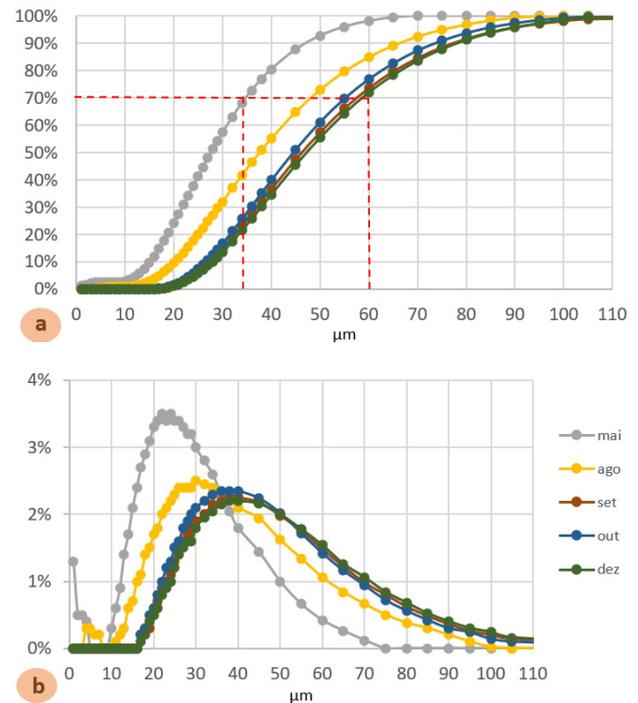


Fonte: Banco de Dados da FCC S.A.

Os resultados de análises de granulometrias de finos são comumente visualizados na forma de gráficos de distribuição normal, como os ilustrados na Figura 3. No gráfico de distribuição acumulada, considera-se que os ciclones apresentam boa eficiência quando o percentual de recuperação de partículas com tamanho < 35 μm é $\geq 70\%$. Já no gráfico de distribuição padrão, as seguintes associações costumam ser feitas a partir das regiões de máximo:

- 0 μm – 10 μm (*attrition peak*): ocorrência normal e esperada, decorrente da entrada de catalisador fresco na unidade. Porém, um aumento no acumulado dessa fração pode indicar quebra anormal;
- 15 μm – 25 μm (*cyclone peak*) ocorrência normal e esperada porque a eficiência dos ciclones cai à medida que as partículas ficam menores;
- > 30 μm (*ecat peak*): indica que pelo menos um dos ciclones do sistema está avariado ou com sua operação prejudicada.

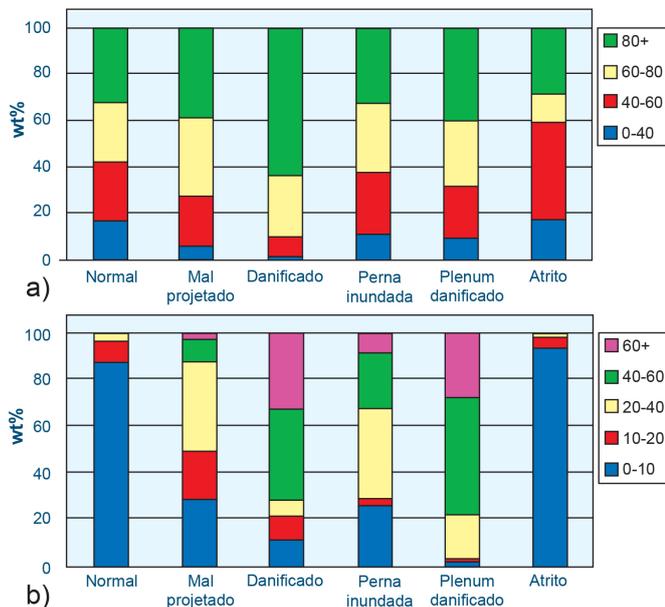
Figura 3. Curvas de distribuição normal (a) acumulada e (b) padrão, de finos do terceiro estágio de ciclones (TEC) com aumento de perdas a partir do 2º semestre.



Fonte: Banco de Dados da FCC S.A.

Além disso, o resultado de análise de granulometria pode ser avaliado no formato de gráfico de barras segmentadas por intervalo de tamanho das partículas. Esse formato facilita a identificação de alterações por diferentes faixas e permite a comparação com perfis de referência da literatura, que sugerem diagnósticos de perdas associados às mudanças de perfil. A Figura 4 traz os perfis de e-cat e finos para unidades com operação normal (que varia bastante de acordo com o projeto e *revamps*), ciclones danificados ou com perna inundada, câmara plena danificada e atrito elevado.

Figura 4. Distribuição granulométrica esperada em uma unidade de FCC para a) e-cat e b) finos.



Fonte: Diagnosing catalyst losses, Jack Wilcox (Albemarle).

Frequência de amostragem

A frequência de amostragem de e-cat e finos deve ser suficiente para que se tenha o acompanhamento eficaz da unidade. O ideal é que se faça uma vez por semana para e-cat, uma vez por mês para finos do TEC, precipitador eletrostático e WGS (*wet gas scrubber*), trimestralmente para finos do *slurry* (também chamado de cinzas do *slurry*), e quando puder para a chaminé. Em caso de problemas de perdas de catalisador, pode-se aumentar a frequência de amostragem.

Considerações finais:

O acompanhamento da granulometria é essencial para a detecção e resolução de problemas, bem como para a formação de um histórico para referência. Identificar suspeitas de perdas o mais cedo possível permite a implementação rápida de medidas de contenção, reforçando a importância da amostragem. Isso inclui não apenas o e-cat, mas também os finos, tanto pelo lado do reator/separador, quanto pelo regenerador.

A FCC S.A. disponibiliza a análise dessas amostras em seu laboratório e conta com uma equipe técnica multidisciplinar que está à disposição para auxiliar seus clientes na avaliação e otimização de suas unidades.



SUA OPINIÃO É MUITO IMPORTANTE

[CLIQUE AQUI](#)

Avalie e comente esta publicação acessando o nosso site.

Sobre a Empresa

A Fábrica Carioca de Catalisadores S.A. é uma empresa de tecnologia de ponta, com sede no Rio de Janeiro, formada pela associação das empresas Petrobras S.A. e Ketjen. Única fabricante de catalisadores de craqueamento catalítico e aditivos para o refino de petróleo no mercado sul-americano, tem como clientes consumidores as refinarias do Sistema Petrobras, bem como refinarias de petróleo de países da América do Sul.