

DESENVOLVIMENTO DE UM TESTE CATALÍTICO DE BANCADA PARA ENSAIOS DIDÁTICOS DE CRAQUEAMENTO DE HIDROCARBONETOS E COMPOSTOS ORGANOSSULFURADOS

Ronaldo Costa Santos – ronaldo.ead@gmail.com

Universidade Federal da Bahia; Universidade Salvador; Instituto Brasileiro de Tecnologia e Regulação-BA

Rua Prof. Aristides Novis, 02, Federação
40.210-630 – Salvador – Bahia

Daniel Freire Almeida – danielfreire88@hotmail.com

Universidade Federal da Bahia

Diego Santana da Silva – diego.ba.quimica@hotmail.com

Universidade Salvador

Avenida Cardeal da Silva, 132, Federação
40.231-250 – Salvador – Bahia

Fernanda Silva Costa Fonseca – fernanda.fonseeca96@gmail.com

Universidade Salvador

Jeysa Taynara Barbosa Cunha – jeysataynara@hotmail.com

Universidade Salvador

Luiz Antônio Magalhães Pontes – uolpontes@uol.com.br

Universidade Federal da Bahia; Instituto Brasileiro de Tecnologia e Regulação-BA

Resumo: O processo de craqueamento catalítico em leito fluidizado (FCC) constitui uma importante unidade do refino do petróleo, devido à conversão de hidrocarbonetos pesados em compostos leves, tais como olefinas, conferindo um maior valor agregado aos produtos. Visando melhorar ao aprendizado dos alunos dos cursos de engenharia química e petróleo e gás da Universidade Salvador (UNIFACS), e os alunos do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química (PPEQ) da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (UFBA), o presente trabalho explana o desenvolvimento de uma planta de bancada para a realização de testes de craqueamento catalítico, integrando a teoria com a prática. A unidade possui um sistema reacional, constituído por reator de borossilicato com leito fixo, forno de resistência precedido por um vaporizador e linhas aquecidas e sistemas auxiliares, tais como sistema de purga com gás hélio, sistema de bombeamento composto por bomba do tipo alternativa e sistema analítico com cromatógrafo equipado com detectores FID/SCD. Os aquecimentos por resistências são feitos com controladores do tipo PID, que promovem uma melhor estabilidade ao processo.

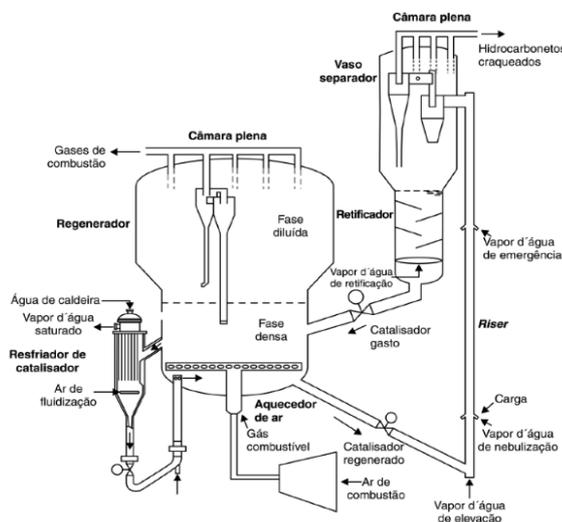
Palavras-chave: Catálise. Craqueamento. Dessulfurização. Hidrocarbonetos. FCC.

1 INTRODUÇÃO

A descoberta do petróleo foi um marco na história da humanidade devido à disponibilidade energética que esse propiciou. Composto em maior parte por uma gama de hidrocarbonetos, o seu refino é altamente lucrativo, uma vez que se obtém de combustíveis a polímeros. A demanda energética mundial tem aumentado consideravelmente nas últimas décadas e os combustíveis protagonistas desse cenário são o diesel e a gasolina, o que torna a sua produção uma peça chave para o desenvolvimento econômico. Desta forma, o estudo do refino do petróleo se mostra interessante para os cursos de engenharia química e engenharia de petróleo e gás.

A maior parte da produção de gasolina advém das unidades de craqueamento catalítico de leito fluidizado (FCC) “Figura 1”. Simplificadamente, tal processo é constituído por uma unidade de reação (*riser*) e uma unidade de regeneração de catalisador (regenerador). A corrente à montante das unidades de FCC decorre dos produtos de fundo das colunas de destilação de outras partes da refinaria. Essa carga é composta por hidrocarbonetos de alta densidade, sendo necessário o emprego de craqueamento térmico ou catalítico para a obtenção de produtos leves com maior valor agregado. Usualmente, a temperatura de reação está entre 520°C e 545°C e, com o decorrer do processo, os catalisadores perdem atividade catalítica, principalmente pela deposição de coque em sua superfície ativa. Para reativar o catalisador, o regenerador fornece uma temperatura entre 680°C e 720°C, promovendo a combustão do coque. E por fim, o catalisador retorna à base do *riser*, fornecendo grande parte da temperatura do processo (BRASIL et al., 2014).

Figura 1 – Esquema típico de uma unidade de FCC.



Fonte: Brasil 2014.

Com o intuito de tornar o aprendizado mais interessante para os alunos de graduação e pós-graduação da Universidade Salvador (UNIFACS) / Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Campus Salvador, foi desenvolvido um teste catalítico de compostos sulfurados, único no Nordeste do Brasil, que apresenta de forma acadêmica, laboratorial e analítica, diversos processos de craqueamento industrial. Desta forma, é possível a aplicação das teorias abordadas nas disciplinas expostas no “Quadro 1”, com seus respectivos exemplos. Além de possibilitar a realização de iniciações científicas (IC) e trabalhos de conclusão de curso (TCC).

Quadro 1 – Exemplos de disciplinas e suas respectivas teorias abordadas.

Disciplina	Teorias
Química Orgânica	Reações de alquilação e isomerização.
Química Inorgânica	Estudo das estruturas cristalinas dos catalisadores e sua influência nas reações.
Química Analítica	Análise dos produtos das reações <i>on-line</i> através de equipamentos analíticos.
Processos Químicos	Estudo do balanço de massa com reação química e análise de composição das linhas.
Cinética de Reatores	Avaliação dos reatores, estudo da cinética das reações, conversão e seletividade.
Análise de Riscos na Indústria	Aplicação das técnicas de APP e HAZOP.
Simulação de Processos	Simulação/aplicação dos resultados, controladores PID

Fonte: Os autores

2 DESENVOLVIMENTO

A planta foi idealizada para a realização de testes catalíticos com hidrocarbonetos e com compostos organossulfurados. Ela foi alocada no laboratório de Catálise e Meio Ambiente (CATAM), que possui vínculo com o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPEQ) devido à parceria existente entre UFBA e UNIFACS. Ela busca representar de forma acadêmica, laboratorial e analítica diversos processos de dessulfurização utilizados na indústria do petróleo e petroquímica. Portanto, investigaram-se maneiras de *design* e equipamentos para ampliar a faixa de parâmetros de operação, versatilidade de inserção de novos recursos, equipamentos e reagentes no sistema principal de modo a realizar diferentes reações e processos modelo. Tal conceito busca aplicar no sistema a flexibilidade na qual as modificações realizadas, ao longo do tempo, não alterem o sistema principal, possibilitando a reprodutibilidade de processos realizados.

A planta possui um compartimento principal de reação que é composto por um reator de leito fixo com sistema de amostragem e análise *on-line*. Sistemas auxiliares estão presentes de modo a garantir especificações das correntes de alimentação do reator, pureza de reagentes, oscilações dos parâmetros de operação, salubridade do ambiente e operador.

2.1 Sistema Reacional

O sistema de reação principal é composto por um reator diferencial contido em um forno de aquecimento. A reação ocorre em um microrreator tubular, tipo I, de vidro borossilicato, possuindo uma placa sinterizada do mesmo material soldada nas paredes no tubo e posicionada na parte inferior do reator transversalmente ao fluxo axial. A temperatura máxima de operação segura do reator é de 500°C devido aos limites de escoamento do material que foi confeccionado. A finalidade da placa sinterizada é suportar o leito catalítico e evitar a lixiviação de partículas menores do catalisador que possam comprometer a reação e outras partes do sistema. O tamanho de partículas recomendado para o leito catalítico é de 48 a 80 mesh. Pode-se utilizar uma quantidade de pellets de vidro acima do leito catalítico para garantir condições de escoamento turbulento ideais para as reações. O formato do reator tipo I é bastante trivial, favorecendo a confecção com um menor custo, o que facilita a construção em materiais mais nobres, como quartzo, para alcançar temperaturas maiores de operação.

A porção de alimentação e descarga do reator é composta por tubos de vidro de 1/4" soldados na parte central com diâmetros internos de 4 mm e 2,5 mm, respectivamente. Acoplado de forma concêntrica a um forno de aquecimento por resistências (5500 W, $T_{\text{máx}} = 1000^{\circ}\text{C}$), que é operado a partir de um controlador do tipo PID. Esse promove uma maior estabilidade aos processos, uma vez que, alterando-se os parâmetros de proporcional (que produz um sinal de saída proporcional à amplitude do erro), integral (que produz um sinal de saída proporcional à magnitude e à duração do erro), e derivativo (que gera um sinal de saída proporcional a velocidade de variação do erro), é possível reduzir as variações de temperatura.

O compartimento central do forno é composto de material refratário e um tubo centralizador para manter o reator alinhado, o que posiciona suas paredes externas com mesma distância radial às paredes refratárias do forno ao longo de sua extensão. Na parte externa do forno-reator, linhas de aço inox direcionam os reagentes para a entrada do reator ou produtos provenientes da saída, e essas são aquecidas com fio de aquecimento isolado em torno de 120°C (temperatura adequada para fluxo de hidrocarbonetos C6-C7). Para melhor acoplamento, isentar vazamentos e alívio de tensões com os tubos de vidro do reator, utiliza-se *nipples* de conexão OD com anilhas e contra anilhas de PTFE. A parte do acoplamento é coberta com manta isolante cuja funcionalidade permite evitar condensação dos reagentes e produtos e a perda de calor nas extremidades do forno e do reator.

No montante da linha de inox aquecida está posicionado um pequeno vaso evaporador que possui objetivo principal de vaporizar os reagentes líquidos em uma atmosfera de gás inerte (N_2). O gás funciona como meio de transporte para levar os reagentes vaporizados para o reator de fase gasosa. Na entrada de gás do vaso evaporador, existe uma válvula de quatro vias para seleção do gás de operação N_2/Ar sintético. O ar sintético é utilizado, caso se necessite fazer uma calcinação *in situ* no reator. As pressões e vazões dos gases de alimentação são controladas com precisão por válvulas reguladoras com diafragma de gás e válvulas controladoras/medidoras de vazão (*flowmeter*, *Bronkhost*), respectivamente. O vaso possui um manômetro para acompanhamento da pressão interna que deve estar entre 0-1 kgf/cm^2 para evitar ruptura dos componentes de vidro. A alimentação dos reagentes líquidos no vaso de evaporação é mantida constante através de uma bomba dosadora infinita isocrática de alta performance modelo 1260 *Infinity Series*, *Agilent Technologies*. A conexão da linha (capilar de 1/32"), proveniente da bomba ao vaso, é feita através de uma conexão com septo BTO de modo que uma porção do capilar fique inserida dentro do vaso, promovendo-se, assim, uma evaporação contínua. O septo permite que outras linhas sejam conectadas ao vaso a depender da necessidade e/ou serem retiradas diante de alguma situação operacional ou de emergência. Um capilar de 200 μm está inserido na extensão da linha capilar de 1/32" da alimentação do vaso evaporador de modo a promover uma alta perda de carga na descarga da bomba para restringir oscilações de pressão do sistema. A relação de vazão de reagentes líquidos e gás são ajustadas de modo que a vazão total da saída do evaporador e as dimensões do reator/leito catalítico promovam velocidades espaciais (WSHV , s^{-1}) especificadas às necessidades de reação.

2.2 Sistemas Auxiliares

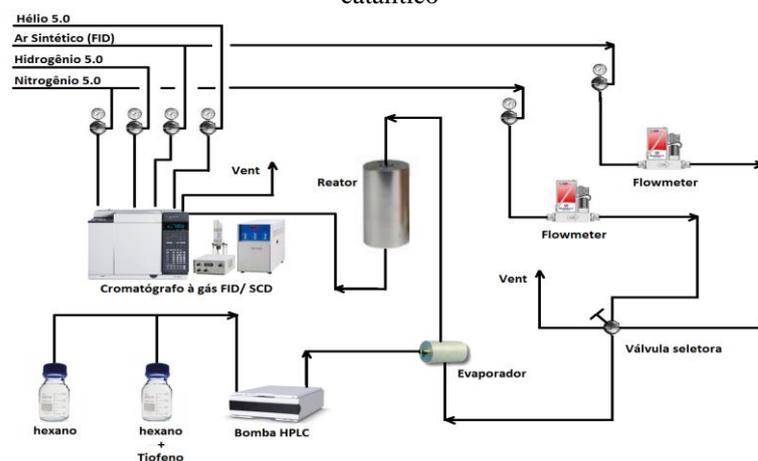
Os reagentes líquidos são estocados em vasos de armazenamento com sistema especial de vedação com tampa de PTFE, flange de fechamento e uma espera para reposição de reagente com vedação. Uma válvula de três vias na sucção seleciona qual vaso de reagente está em operação. O tubo de sucção da bomba dentro do vaso de armazenamento contém um filtro de vidro sinterizado que evita a sucção de possível material particulado (caso exista), que pode danificar a bomba (sede da válvula da bomba feita de material nobre). A vedação do vaso é bastante estanque para evitar a contaminação com os gases externos e manter a pureza dos

reagentes, além de evitar que os vapores dos reagentes contidos passem para o ambiente externo, garantindo-se a salubridade da operação. No entanto, a vedação ainda não garante a inexistência de gases dissolvidos nos reagentes que já podem estar contidos neles próprios, além da possibilidade de serem dissolvidos no processo de manuseio para introdução desses reagentes no vaso de armazenamento. Por isso, é feita uma purga constante com gás hélio no vaso, no qual este é inserido borbulhando no reagente através de uma saída com material sinterizado. A inserção de gás hélio mantém a pressão de sucção constante, retira os gases dissolvidos no reagente líquido como CO₂, O₂, entre outros, os quais podem ocasionar cavitação na bomba, gerar oscilação no sistema de bombeamento, além de contaminar o sistema reacional com intermediários oxigenados. O gás é purgado em baixa vazão e pressão na faixa de 60-65 mmHg e depois direcionado para linha de *vent* para parte externa do laboratório. O sistema ainda abrange um vaso pulmão para eliminar oscilação de pressão e um vaso de passagem no qual evaporam-se os efluentes nas operações de *priming* (início do processo de bombeamento) e drenagem da bomba, sem contaminar o ambiente externo.

A descarga do reator é composta por uma linha aquecida de 1/8” que direciona o fluxo para uma válvula de 4 vias, também aquecida para evitar a condensação dos produtos. A válvula seleciona se o fluxo principal proveniente do reator é dirigido à linha de transferência aquecida para o analisador (cromatógrafo), ou para o *header* de *vent*, caso não seja necessário que o fluxo passe pelo cromatógrafo, como nos processos de pré-tratamento do leito catalítico e calcinação *in situ*. Essa válvula de 4 vias é alimentada com nitrogênio e configurada de modo a sempre deixar fluxo de gás na linha não selecionada para evitar acúmulo de produtos e a condensação devido ao fluxo parado. A linha de retorno do cromatógrafo, antes de ser direcionada para o *header* de *vent*, passa por dois vasos *traps*, um contendo água destilada e outro vazio. Esses vasos servem para promover uma perda de carga do retorno da linha de transferência e assegurar condições de pressão adequadas na válvula de amostragem do cromatógrafo para garantir preenchimento do *loop* da válvula e injeção de quantidade adequada de amostra no processo de análise.

A "Figura 2" mostra o fluxograma simplificado do teste catalítico montado.

Figura 2 – Fluxograma esquemático do teste catalítico



Fonte: Os autores

O sistema cromatográfico é composto por um cromatógrafo modelo 7890B, *Agilent Technologies*, com detector de ionização por chama (FID), e sistema de detecção de enxofre por quimiluminescência com queimador de plasma duplo (SCD-DP). O sistema de análise *on-line* é composto por uma válvula de 6 vias automática com loop de injeção, linha de

transferência do teste catalítico e retorno para *vent*. A válvula abre o *loop* para linha de transferência por 1 minuto para o preenchimento com alíquota de amostra de maneira homogênea. Após esse tempo, a válvula retorna à posição original na qual o gás de arraste leva a amostra para as colunas capilares cromatográficas. O sistema de separação dos analitos é composto por duas colunas contidas em um mesmo forno de aquecimento, apesar de possuir injetores separados. Para determinação de hidrocarbonetos, utiliza-se coluna capilar Alumina Clorada 50m de comprimento, 0,32mm de diâmetro e 5 μm de filme, com uma razão de split de 400:1, temperatura do injetor e detector 200°C e 250°C, respectivamente. Para separação dos compostos sulfurados, utiliza-se coluna capilar DB-Sulfur SCD 40m de comprimento, 0,32 mm de diâmetro e 0,75 μm de filme, com uma razão de split de 100:1, temperatura do injetor e detector 200°C e 250°C, respectivamente. A temperatura do forno de aquecimento é 35°C e aumenta até 200°C ao longo do processo, que totaliza um tempo de 27 minutos de análise. O método analítico possui aquecimento do forno com taxas de aquecimento, patamares e tempos de permanência consecutivos que permitem a separação dos compostos nas duas colunas sem que haja a superposição de picos em cada um. A "Figura 3" mostra a fotografia do teste catalítico montado.

Figura 3 – Teste catalítico real.



Fonte: Os autores

2.3 Resultados e discussão

Após montagem do teste catalítico de bancada, foram realizados diversos testes para averiguar a sensibilidade e repetitividade do instrumento de análise conectado ao sistema de reação, inserindo-se padrões de calibração tanto nos injetores do cromatógrafo quanto na entrada do vaso evaporador (no montante do reator), e comparando-se os resultados de tempo de retenção obtidos. Para a inicialização dos processos de reação, foram realizadas repetidas corridas, usando-se apenas carga hidrocarbonetos, mistura de hidrocarbonetos e sulfurados com o reator vazio e com leito zeolítico e vice-versa para verificar a repetitividade das análises, presença de oscilações potenciais no sistema e sincronização do tempo inicial de reação com processo.

Nos testes iniciais, foi identificada a presença de compostos sulfurados no ambiente do teste catalítico através do odor característico. Com isso, foi interrompido o processo e feita uma varredura nas tubulações e conexões da planta, onde se verificou um vazamento na tampa do vaso de sulfurados "Figura 3". Foi constatado que a tampa não estava promovendo a vedação necessária e, para sanar esse problema, foram projetadas tampas de material PTFE e liga de alumínio, com vedação de parafusos hexagonais tipo flange.

Figura 4 – (a) vaso com tampa que apresentou vazamento, (b) vaso melhorado



Fonte: Os autores

Os primeiros testes acadêmicos realizados basearam-se na reação de craqueamento/dessulfurização de compostos na faixa da gasolina. A atividade catalítica dos catalisadores propostos para a reação de craqueamento pode ser avaliada através de compostos modelos, tais como os alcanos leves. Para esse sistema foi utilizado n-hexano como molécula modelo parafínica para representar os hidrocarbonetos, pois, em condições ambiente, apresenta-se na fase líquida, facilitando manuseio e operação do sistema de bombeamento. A menor cadeia carbônica do n-hexano em relação a outros componentes da faixa da gasolina no processo proposto evita maior complexidade do meio reacional de modo que a quantidade de produtos de reação seja menor. Uma grande variedade de compostos, mesmo nos grupos de hidrocarbonetos de interesse, pode comprometer a consistência dos resultados, uma vez que o objetivo é apenas identificar as reações predominantes e relacioná-las com o resultado. O tiofeno foi utilizado como molécula modelo representando os organossulfurados. Essa escolha é devida por esse composto ser foco de interesse de diversos trabalhos acadêmicos devido à sua estabilidade dentre os compostos sulfurados para dessulfurização (BRUNET et al., 2005; ZEELANI, 2016). Neste teste, os catalisadores propostos foram utilizados com intuito de representar aditivos para redução de enxofre (gasoline sulfur reduction - GSR), da matriz catalítica que compõe o catalisador de FCC. Como proposta de aditivo catalítico de redução de enxofre, foram utilizadas zeólitas Beta modificadas com cátions metálicos.

A reação foi realizada com carga composta de uma solução de 100 ppm tiofeno em n-hexano à pressão atmosférica, à 500 °C, com velocidades espaciais de 0,83 e 0,02 s⁻¹, as quais representam as condições de baixa e alta conversão, respectivamente. A condição de baixa conversão foi realizada para identificar as reações principais e, devido à baixa formação de coque, verificou-se comportamento de isoconversão a cada análise realizada "Tabela 1". A condição de alta conversão busca representar a condição real de FCC com alta formação de coque e desativação do catalisador.

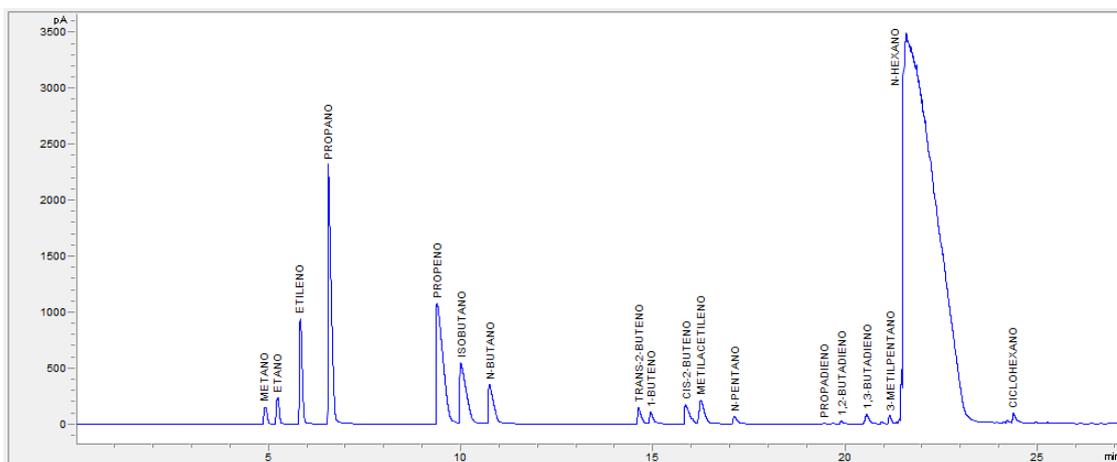
Tabela 1 - Resultados das reações à WHSV 0,83 s⁻¹.

Parâmetros	Teste 1	Teste 2	Teste 3	Média
Conversão Hexano	3,9	3,5	3,7	3,7
Seletividade H ₂ S	76,6	68,9	76,4	74,0
Craqueamento	64,3	61,2	59,2	61,6
Isomerização	32,0	35,3	36,6	34,7
Desidrogenação	0,7	0,8	0,8	0,8
Ciclização	1,4	1,6	1,5	1,5

Fonte: Os autores

Os resultados apresentados exemplificam a capacidade da unidade de teste catalítico de quantificar os tipos de reações e sensibilidade para condições de baixa conversão cujos componentes apresentam-se em concentrações pequenas. Tal capacidade torna relevante seu uso para testes de performance catalítica, comparação de catalisadores, confirmação e mecanismos de reação, tomada de dados cinéticos experimentais, etc. Pelos dados apresentados pode-se averiguar que a reação promoveu maior seletividade na formação de produtos craqueados em detrimento dos produtos isomerizados. A "Figura 5" mostra o cromatograma apresentado para a reação com velocidade espacial de $0,02 \text{ s}^{-1}$. É possível visualizar que, para essa condição, há maior conversão de hexano e seletividade na formação de produtos craqueados.

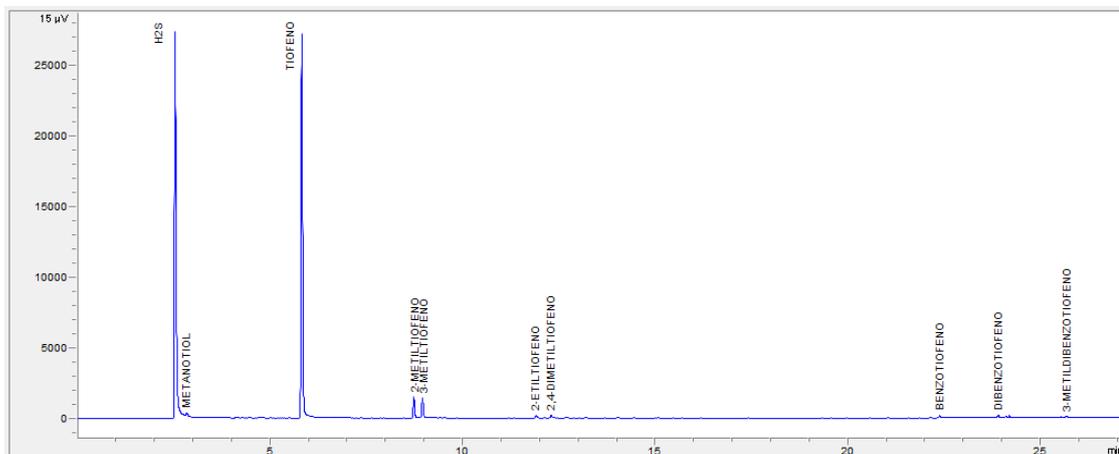
Figura 5 – Cromatograma da análise de hidrocarbonetos (FID).



Fonte: Os autores

O teste catalítico também demonstrou ser eficiente e sensível para análise e detecção de produtos de reações envolvendo compostos sulfurados "Figura 6", a qual mostra a detecção dos diversos produtos em um limite analítico na faixa de ppm como H_2S , mercaptanas, sulfetos, metil, etil e propril tiofeno, Benzotiofenos, dibenzotiofeno e metil dibenzotiofeno.

Figura 6 – Cromatograma da análise de hidrocarbonetos (SCD).



Fonte: Os autores

2.4 Outras perspectivas

O sistema composto de reator de leito fixo com forno e controle preciso de temperatura tem a potencialidade de desenvolver outros processos, além dos supracitados. Outras tecnologias dispõem de testes catalíticos ou de adsorção como: a hidrodessulfurização - HDS (BRUNET et al., 2005); a dessulfurização por adsorção - ADS (DEHGHAN e ANBIA, 2017); dessulfurização oxidativa - ODS (BHUTTO et al., 2016); entre outras. O sistema de inserção de reagentes com septo BTO no vaso evaporador permite a flexibilidade de adicionar de novos reagentes e possibilita a aplicação de outros processos. O sistema cromatográfico com detectores FID e sistema de detecção de enxofre SCD-DP amplia as possibilidades de análise desses novos processos, sendo necessárias apenas modificações dos parâmetros e rampas de temperaturas que compõem o método utilizado ou, no mais peculiar, modificação ou troca de colunas cromatográficas.

O sistema de detecção SCD-DP juntamente com aquecimento termo programado do forno pode desenvolver métodos analíticos para caracterização ácido-básica de sólidos e catalisadores como o TDP-H₂S (*H₂S Temperature-programmed desorption*), a partir da adsorção de uma carga contendo H₂S e determinando a temperatura dos eventos de dessorção no processo de aquecimento (FERINO et al., 1992).

Um processo analítico relacionado com craqueamento protolítico de hidrocarbonetos é a determinação indireta da atividade catalítica e força ácida dos sítios fortes de Bronsted – teste de atividade alfa (HOPKINS et al, 1988; OLSON, 1980). O sistema proposto é compatível aos parâmetros necessários para a realização desse teste que expressa taxa de reação em mol de n-hexano convertido por grama de catalisador por minuto. Outra importante análise que pode ser realizada, relacionada com o processo de craqueamento de hidrocarbonetos, é o teste de atividade beta. Este teste mede a atividade do catalisador para as reações de transferência de hidrogênio das espécies contendo íons carbênios formadas nos sítios de Bronsted (LUKYANOV, 1994).

3 CONCLUSÃO

Após a montagem da planta de bancada, realização dos testes catalíticos e tratamento dos dados aferidos, foi identificada a possibilidade do estudo de diversas reações, tais como, isomerização e alquilação como propostas. Os testes foram realizados em matriz simplificada, de tiofeno em n-hexano com a utilização de catalisadores, com o intuito de se obterem testes mais controlados, facilitando-se a abordagem acadêmica. Houve a necessidade da modificação de alguns componentes do projeto inicial, com a finalidade de alcançar um nível de segurança de qualidade. Dessa forma, os testes catalíticos realizados demonstraram o alto potencial da planta de bancada para o desenvolvimento de atividades acadêmicas e projetos de pós-graduação dos cursos de engenharia química e petróleo e gás, com segurança de processo e validação analítica.

Agradecimentos

Este trabalho foi apoiado pelo Instituto Brasileiro de Tecnologia e Regulação (IBTR) e Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal da Bahia (PPEQ – UFBA). Agradecimentos especiais ao Grupo de Catálise e Meio Ambiente (CATAM) e ao corpo docente da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e da Universidade Salvador (UNIFACS).

REFERÊNCIAS

BHUTTO, Abdul Waheed et al. Oxidative desulfurization of fuel oils using ionic liquids: A review. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 62, p. 84-97, 2016.

BRUNET, Sylvette et al. On the hydrodesulfurization of FCC gasoline: a review. **Applied Catalysis A: General**, v. 278, n. 2, p. 143-172, 2005.

DEGHAN, Roghaye; ANBIA, Mansoor. Zeolites for adsorptive desulfurization from fuels: A review. **Fuel Processing Technology**, v. 167, p. 99-116, 2017.

DO BRASIL, Nilo Indio; ARAÚJO, Maria Adelina Santos; DE SOUSA, Elisabeth Cristina Molina. **Processamento de petróleo e gás**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

FERINO, Italo et al. Temperature-programmed desorption of H₂S from alkali-metal zeolites. **Thermochimica acta**, v. 199, p. 45-55, 1992.

HOPKINS, P. Donald et al. Hexane Cracking on Clean Zeolite Surfaces. In: **Studies in Surface Science and Catalysis**. Elsevier, 1988. p. 281-293.

LUKYANOV, Dmitry. B. A test method for quantitative characterization of zeolite hydrogen transfer activity. **Journal of Catalysis**, v. 145, n. 1, p. 54-57, 1994.

OLSON, D. H.; HAAG, W. O.; LAGO, R. M. Chemical and physical properties of the ZSM-5 substitutional series. **Journal of Catalysis**, v. 61, n. 2, p. 390-396, 1980.

SADEGHBEIGI, Reza. **Fluid catalytic cracking handbook: An expert guide to the practical operation, design, and optimization of FCC units**. 3ª ed. Oxford: Elsevier, 2012.

ZEELANI, Gulam Gaush; PAL, Sundar Lal. A Review on Desulfurization Techniques of Liquid Fuels. **International Journal of Science and Research**, v. 5, n. 5, p. 2413-2419, 2016.

DEVELOPMENT OF CATALYTIC TESTING UNIT OF CRACKING REACTION OF HYDROCARBONS AND SULFUR COMPOUNDS FOR DIDACTIC PURPOSES

Abstract: Fluid Catalytic Cracking (FCC) process is an important unit of oil refining due to the conversion of heavy hydrocarbons into light compounds, such as olefins, giving greater value to the products. Aiming to improve the learning of the students of Chemical and Petroleum and Gas Engineering Undergraduate Program at Salvador University (UNIFACS) and Chemical Engineering Graduate Program in (PPEQ) at Polytechnic School of the Federal University of Bahia (UFBA), the present work explains the development of a catalytic testing unit, aligning academic theory into practice. The unit consists in a reactional system, using a borosilicate fixed bed reactor; a furnace of resistance preceded by a vaporizer and heated lines, and auxiliary systems, such as helium-gas purging system, pumping system using an alternative pump and a gas chromatograph analytical system equipped with FID / SCD detectors. Resistance heating is done with PID-type controllers, which promote better stability to the process.

Key-words: Catalysis, Cracking, Desulfurization, Hydrocarbons, FCC.