Encontro Nacional do Programa de Formação de Recursos Humanos da ANP - 2026

HIDROPROCESSAMENTO DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA SOBRE CATALISADORES Ni/HIDROXIAPATITA E MISTURAS COM ZEÓLITA HY PARA OBTENÇÃO DE SAF E DIESEL VERDE

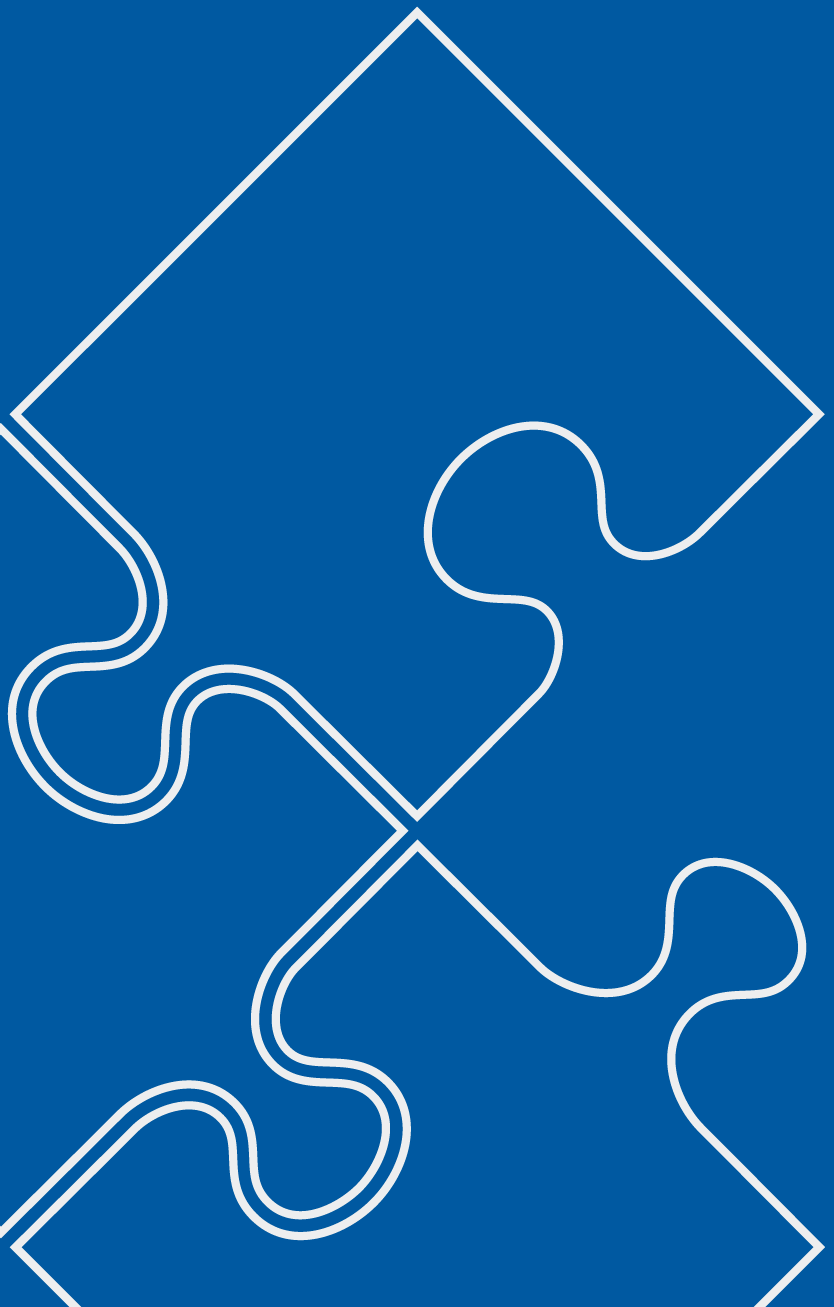
Magno K. A. Sena, Amanda D. Gondim (Orientadora), Aruzza M. de M. Araújo (Co-orientadora)

PRH 37/UFRN

Tipo de bolsa: Doutorado

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN

Gestão:



Introdução:

Emissões de carbono e setor aéreo;

O PROBLEMA: EMISSÕES DA AVIAÇÃO

+2,2%

demanda energética global em 2024

37,8 Gt

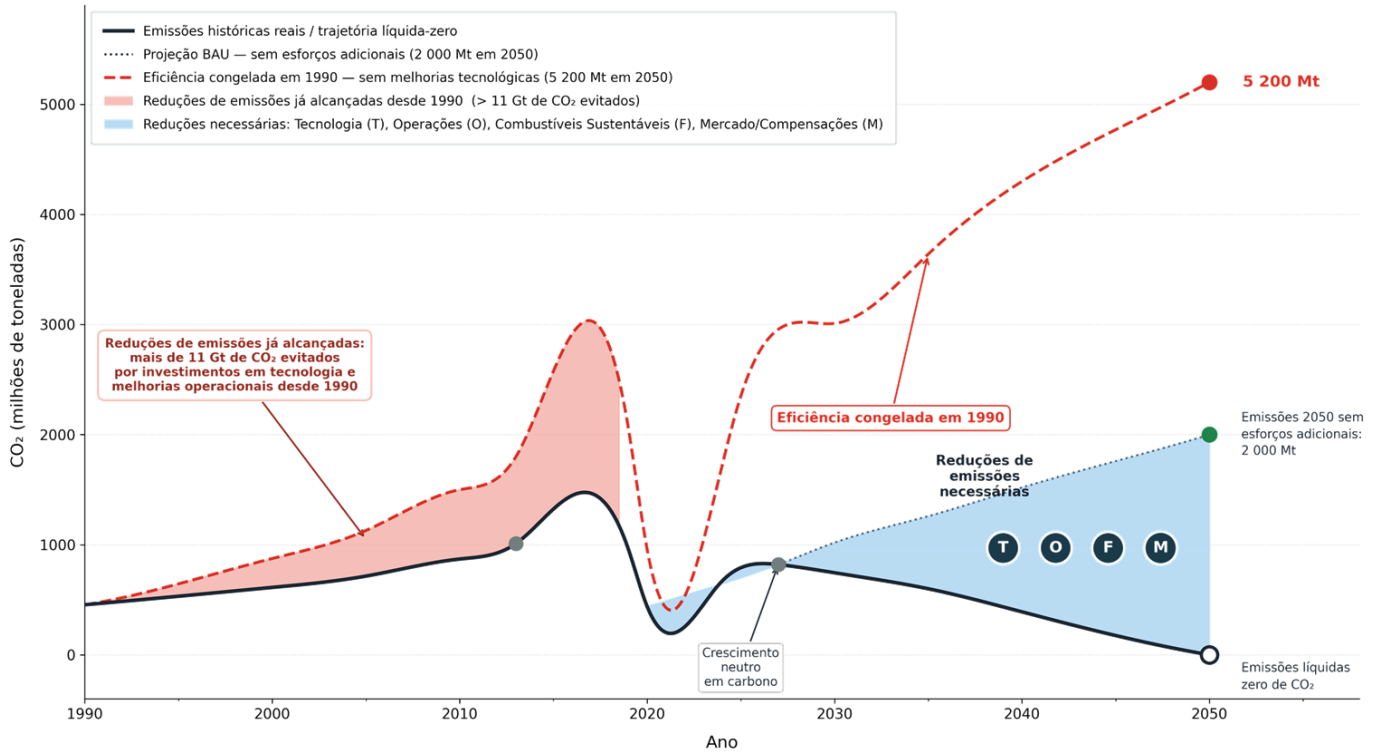
CO_2 emitido globalmente (IEA, 2025)

+5,5%

emissões da aviação civil em 2024

4,7 bi

passageiros transportados



Adaptado de: Cabrera & de Sousa, Energies 2022, 15, 2440 (fonte original: ATAG Waypoint 2050, 2021)

Projeção até 2050: **~1,78 Gt CO_2** sem ação corretiva · **~1,10 Gt CO_2** com eficiência e SAF

MARCO REGULATÓRIO E A MATÉRIA-PRIMA

- Compromissos internacionais: **IATA Net Zero 2050** e **CORSIA**
- Brasil: **Lei nº 14.993/2024** — Lei do Combustível do Futuro, institui o ProBioQAV e o PNDV com metas progressivas de mistura obrigatória
- Matéria-prima: óleo residual de fritura (**WCO**) — resíduo abundante, baixo custo, não compete com a cadeia alimentar

Emissões de ciclo de vida (LCA) do CORSIA para rotas de SAF no Brasil, dados oficiais de 2025.

Rota	Matéria-prima	Emissões Total (gCO_2eq/Mi)	Redução frente ao fóssil (%)
ATJ	Cana-de-açúcar	67,4	63,1
HEFA	Soja nacional	32,8	24,3
HEFA	WCO/UCO	17,2	**80,7**
HEFA	Sebo bovino	29,7	**66,6**

OBJETIVOS

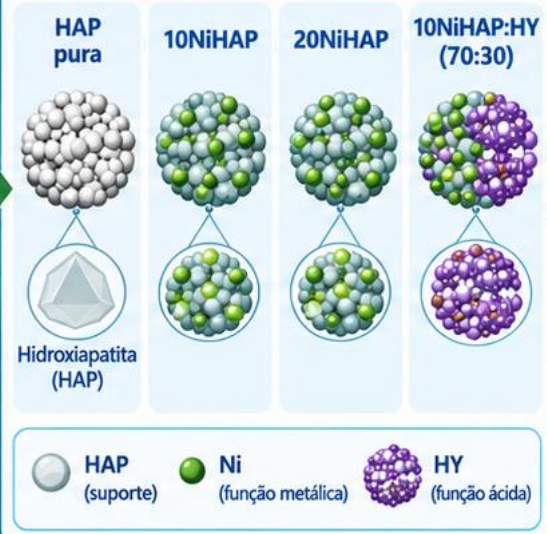
Hidroprocessamento catalítico do óleo residual de fritura (WCO) com NiHAP e NiHAP:HY para produção de SAF e diesel verde

1 Matéria-prima



Óleo residual de fritura (WCO): matéria-prima residual, abundante e de baixo custo

2 Catalisadores avaliados



3 Hidroprocessamento



360 °C

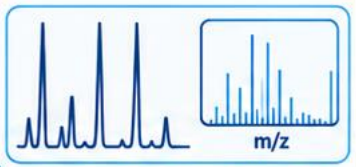
30 e 50 bar de H_2

4 h

Reator batelada

Amar Equipment Pvt. Ltd.
Modelo A1425

4 Análise dos produtos líquidos por CG/EM



Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG/EM)

Parâmetros avaliados:

- Grau de desoxigenação (DOD)
- Seletividade de rota
- Distribuição de hidrocarbonetos nas faixas C_8–C_{16} e C_{17}–C_{18}

5 Rotas e produtos

Descarbonilação/descarboxilação
Remoção de CO/CO_2
→ n-parafinas de número ímpar de carbonos

Hidrodesoxigenação
Remoção de H_2O

Zeólita HY
desloca a distribuição de C_{17}–C_{18} para C_8–C_{16}

Faixa de carbonos

C_8–C_{16}	C_{17}–C_{18}
SAF (fração de combustível sustentável de aviação)	Diesel verde

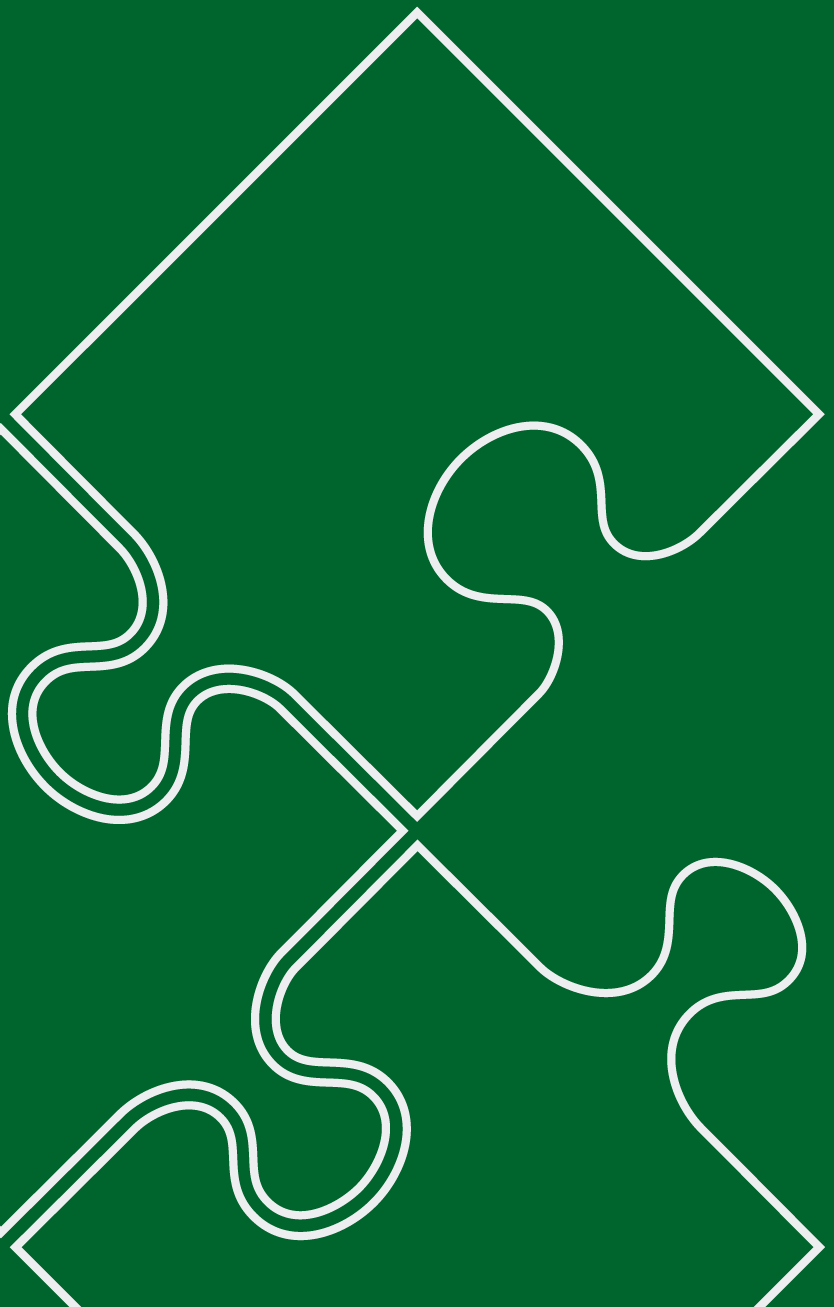
Objetivos

Objetivo geral:

Avaliar catalisadores de hidroxiapatita impregnada com níquel, isolados e em mistura física com zeólita HY, no hidroprocessamento do WCO para obtenção de hidrocarbonetos nas faixas de SAF e diesel verde.

Objetivos específicos:

1. Comparar a atividade de desoxigenação da HAP pura com a de 10NiHAP e 20NiHAP.
2. Avaliar o efeito da pressão de H_2 (30 e 50 bar) sobre o DOD e a distribuição de produtos.
3. Identificar a rota predominante de desoxigenação (descarbonilação/descarboxilação ou hidrodesoxigenação).
4. Avaliar o efeito da adição de zeólita HY na redistribuição dos hidrocarbonetos para a faixa C_8–C_{16}.



#2

Metodologia:

Reação de desoxigenação

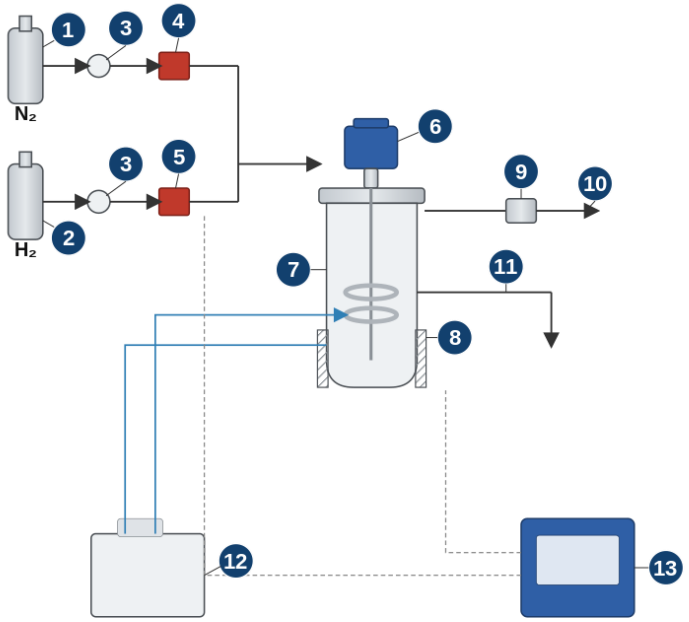
HIDROPROCESSAMENTO

Conversão direta do WCO por rota HEFA em reator batelada (Amar Equipment Pvt. Ltd., modelo A1425) a **360 °C**, sob **30 e 50 bar de H_2**

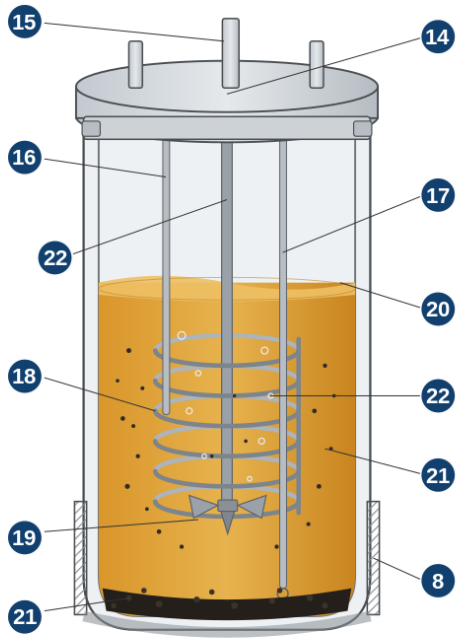
Catalisadores HAP, 10NiHAP, 20NiHAP e misturas 10NiHAP:HY

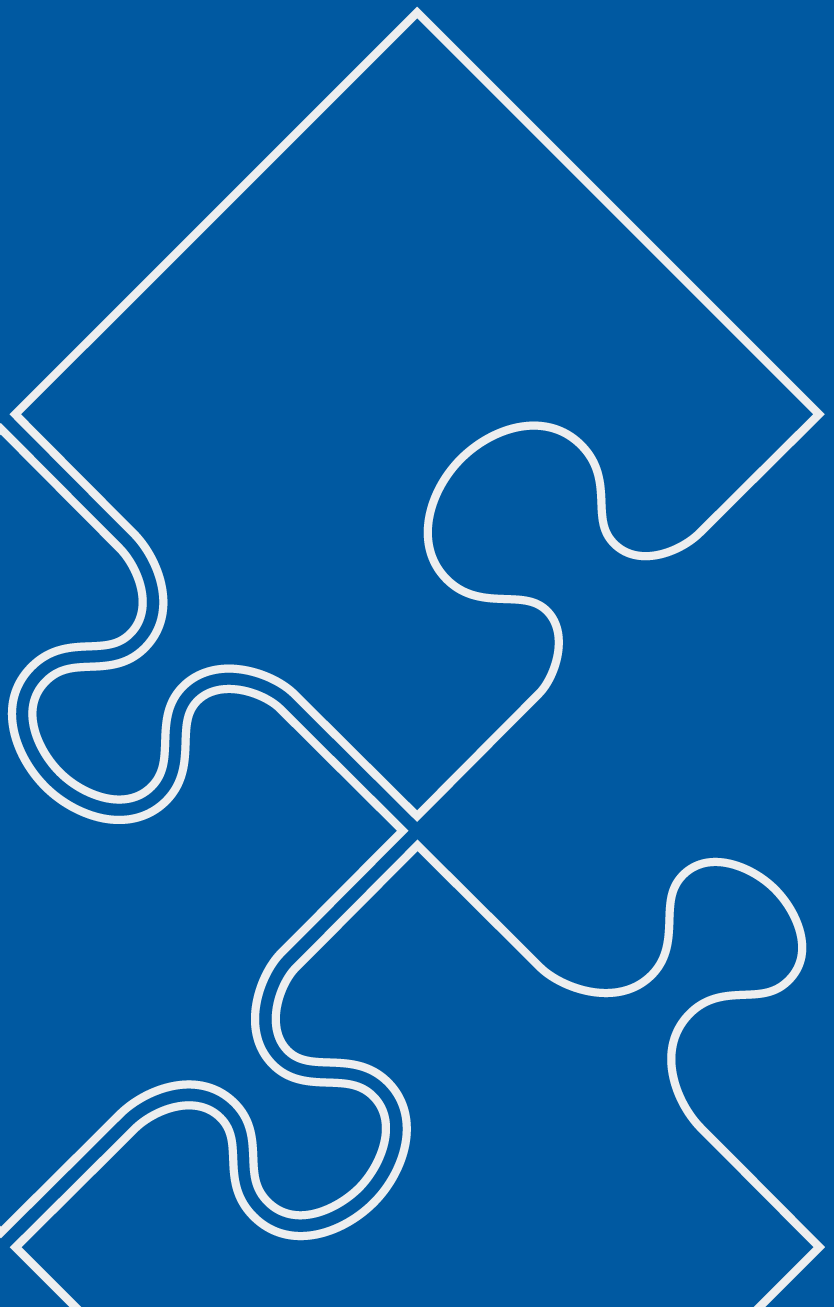
Análise por GC-MS

(a) Fluxograma do sistema de reação HDO



(b) Vaso reacional em corte transversal





#3

Resultados e discussões:

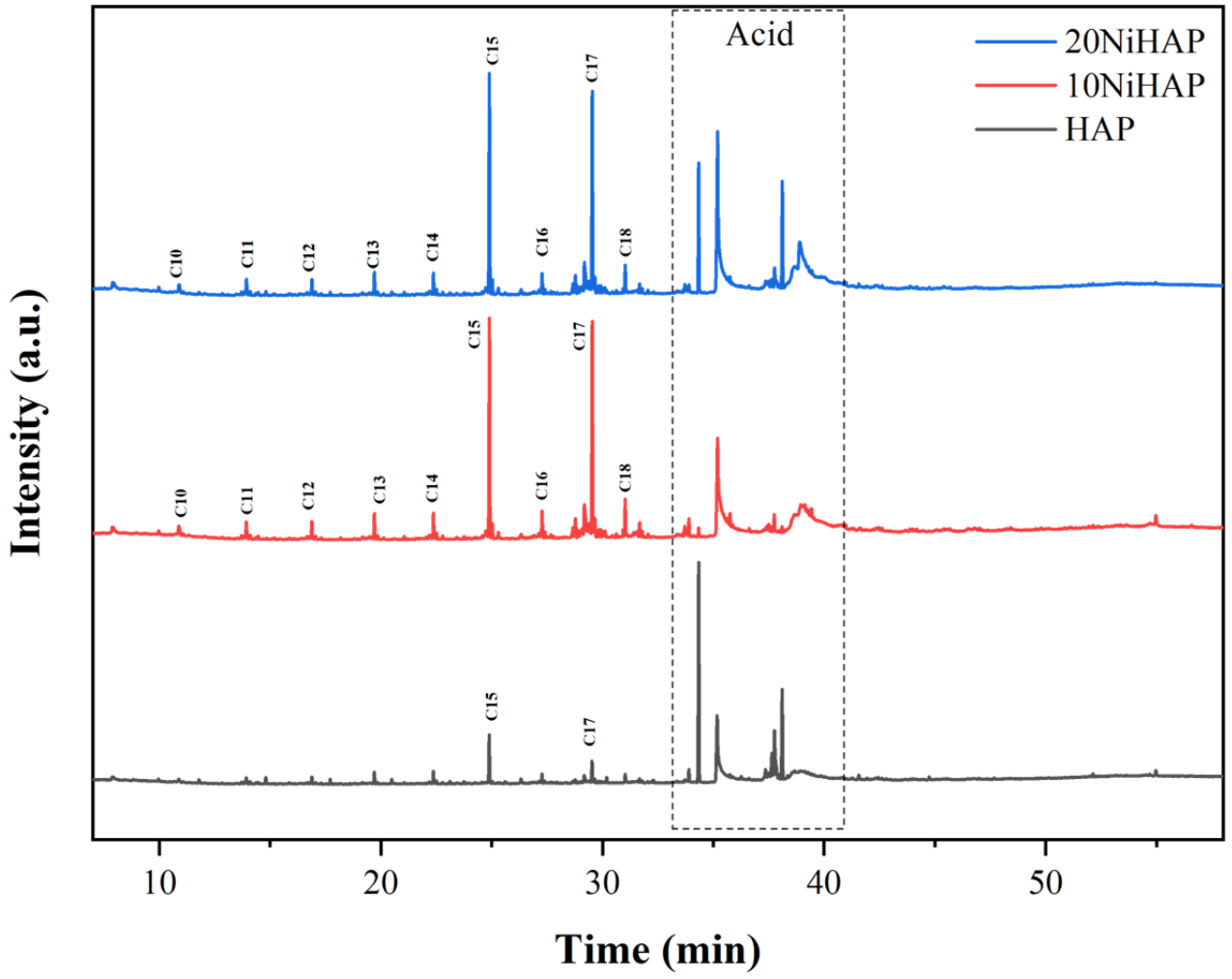
Desoxigenação do WCO e produção de hidrocarbonetos.

DESEMPENHO: HAP VERSUS NIHAP (30 BAR)

Por meio da análise por CG-EM dos produtos do **hidroprocessamento**, foi avaliada a conversão do **óleo residual de cozinha** em **hidrocarbonetos**.

Condições reacionais

- Catalisador: 10% (m/m) de catalisador para WCO;
- Temperatura: 360 ºC
- Pressão: 30 bar H_2
- Rotação: 400 rpm
- Tempo: 4 horas



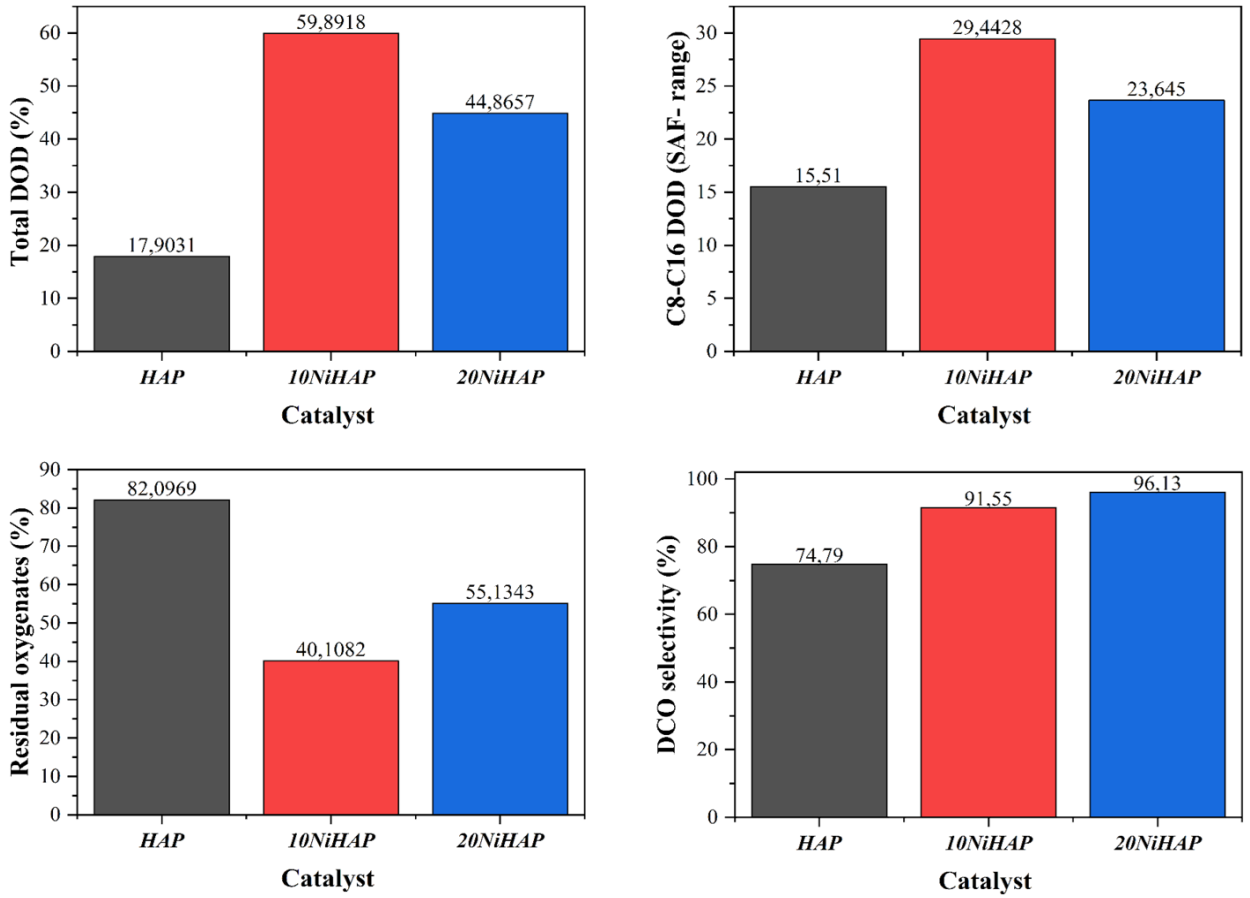
HIDROPROCESSAMENTO DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA SOBRE CATALISADORES Ni/HIDROXIAPATITA E MISTURAS COM ZEÓLITA HY PARA OBTENÇÃO DE SAF E DIESEL VERDE

DESEMPENHO: HAP VERSUS NIHAP (30 BAR)

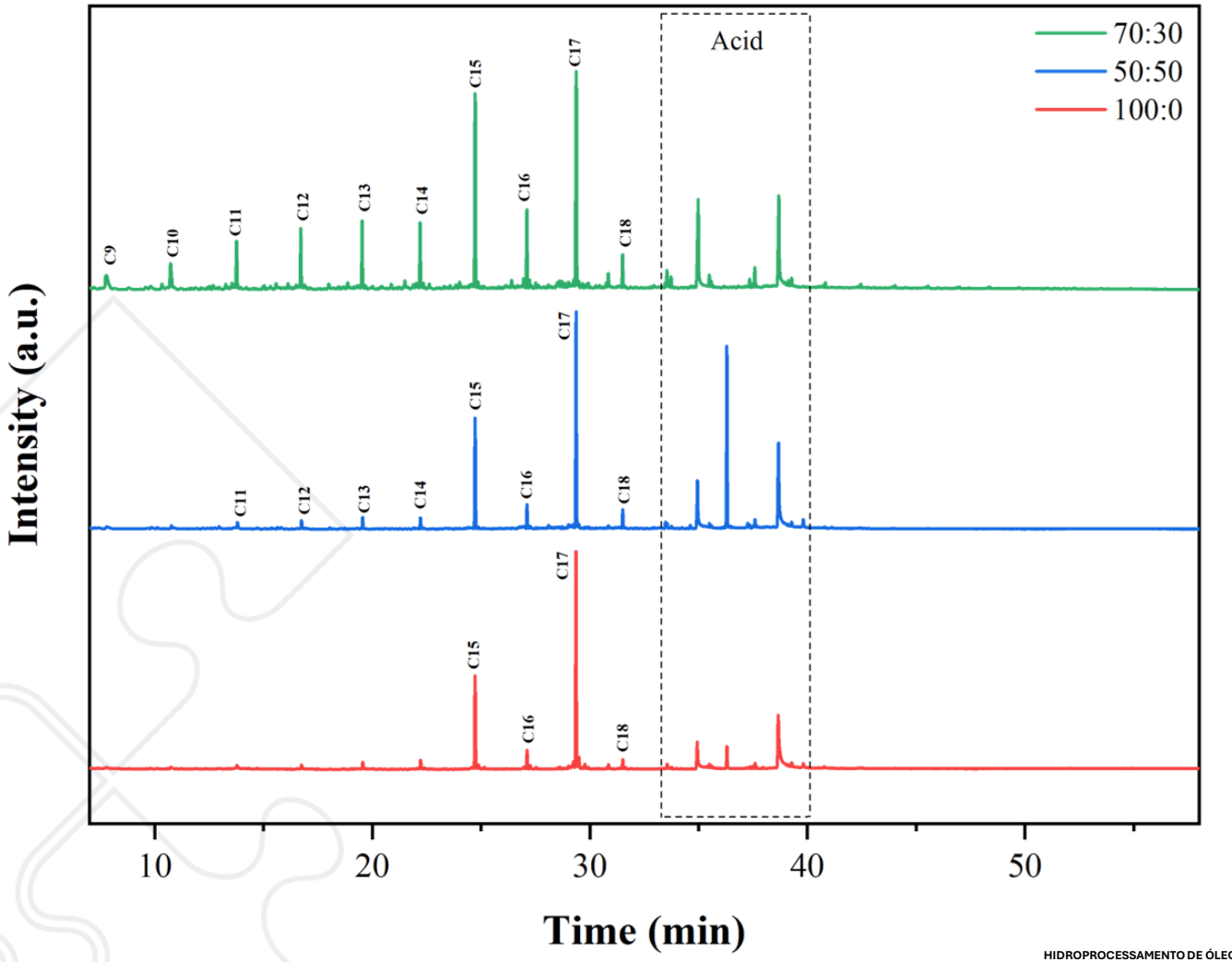
DOD 59,89%

10NiHAP— Ni atuou na desoxigenação.

- Ni eleva fortemente a desoxigenação. **10NiHAP supera 20NiHAP** pela maior dispersão da fase metálica.
- Rota dominante: DCO/DCO_2 → n-parafinas de número ímpar



EFEITO DA PRESSÃO E DA ZEÓLITA HY (50 BAR)



Por meio da análise por CG-EM dos produtos do **hidroprocessamento**, foi avaliada a conversão do **óleo residual de cozinha** em **hidrocarbonetos**.

Condições reacionais

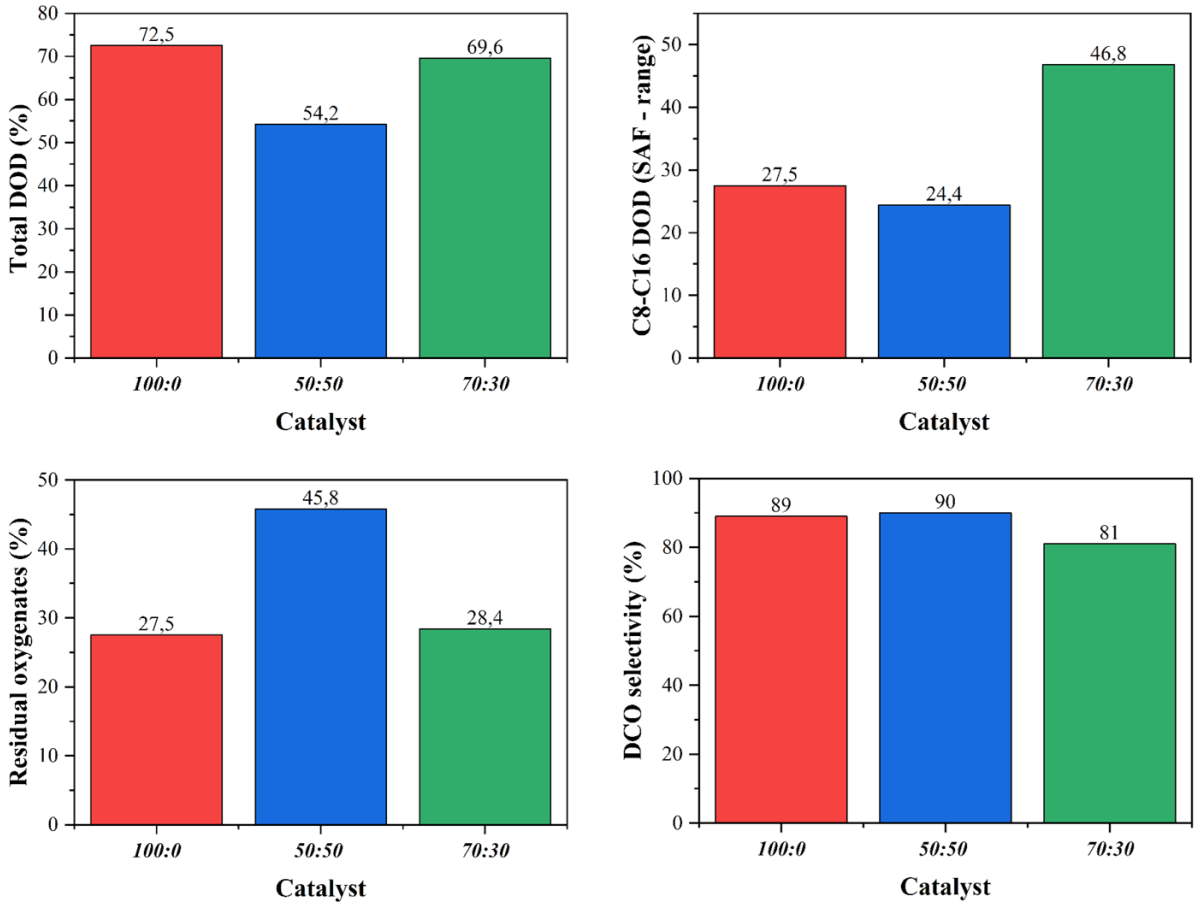
- Catalisador: 10% (m/m) (10NiHAP:HY);
- Temperatura: 360 ºC
- Pressão: 50 bar H_2
- Rotação: 400 rpm
- Tempo: 4 horas

EFEITO DA PRESSÃO E DA ZEÓLITA HY (50 BAR)

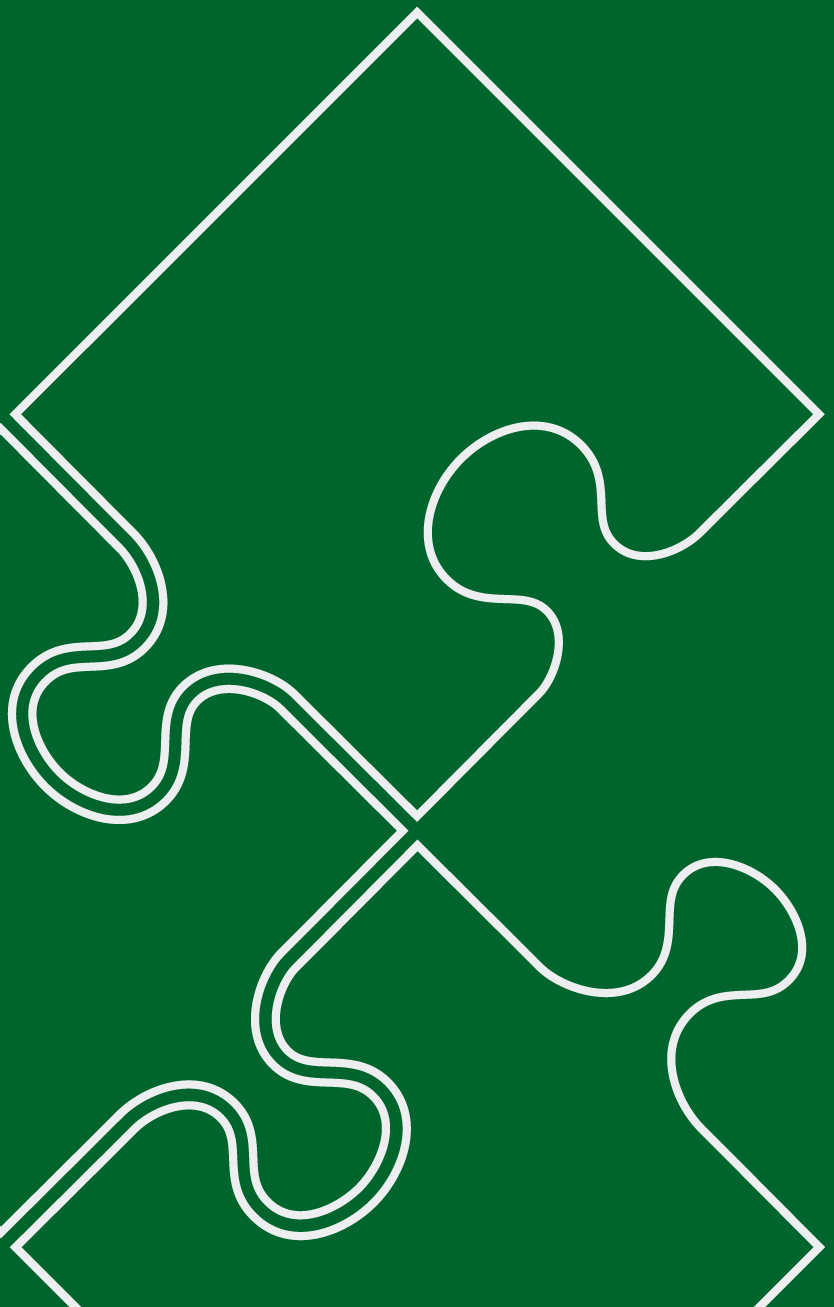
SAF PARAFÍNICO * MISTURA 70:30 (10NiHAP:HY)

27,5% → 46,8%

- 50 bar acumula intermediários C17–C18 (diesel verde).
- A HY redistribui para a faixa de querosene; na mistura **50:50** , o excesso de zeólita dilui a fase metálica.
- Existe um balanço ótimo entre função metálica e ácida.



HIDROPROCESSAMENTO DE ÓLEO RESIDUAL DE FRITURA SOBRE CATALISADORES Ni/HIDROXIAPATITA E MISTURAS COM ZEÓLITA HY PARA OBTENÇÃO DE SAF E DIESEL VERDE



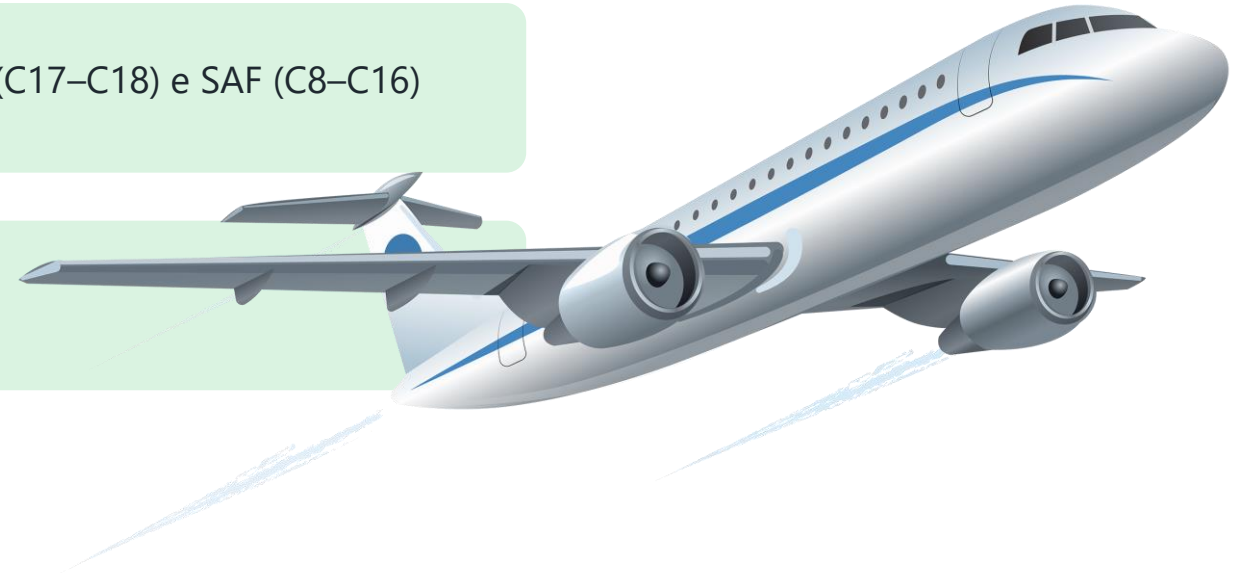
#4

Conclusões e perspectivas:

O catalisador NiHAP:HY para a produção de SAF

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

- Catalisadores de HAP e Ni, livres de metais nobres, desoxigenam o WCO com eficiência
- DCO/DCO_2 predomina sobre HDO; a fase metálica é o sítio da desoxigenação
- Balanço NiHAP:HY controla a distribuição entre diesel verde (C17–C18) e SAF (C8–C16)
- Baixo grau de isomerização indica a necessidade upgrade



#5

Referências:



prh anp
37/UFRN

Magno K. A. Sena

Dados para contato

Email: magnosena3@gmail.com e magno.sena.112@ufrn.edu.br


prh anp


anp
Gestão:
FAPESP