Gestão:

Reunião de Acompanhamento e Avaliação - RAA 2026

Desenvolvimento de combustíveis sustentáveis de aviação a partir de condensação aldólica seguida por hidrogenação com catalisadores contendo ligantes do tipo pinça.

prh anp 06/UFSCAR

Cabanas, M. [1]; Weber, M. [2]; Barbosa, M.A. [2]; Revuiti, L.H. [3]; Marchini, L. [3].

[1]Bolsista do PRH 06/UFSCAR, curso de PGQ, São Carlos – SP. E-mail: maikolcabanasruiz@estudante.ufscar.br

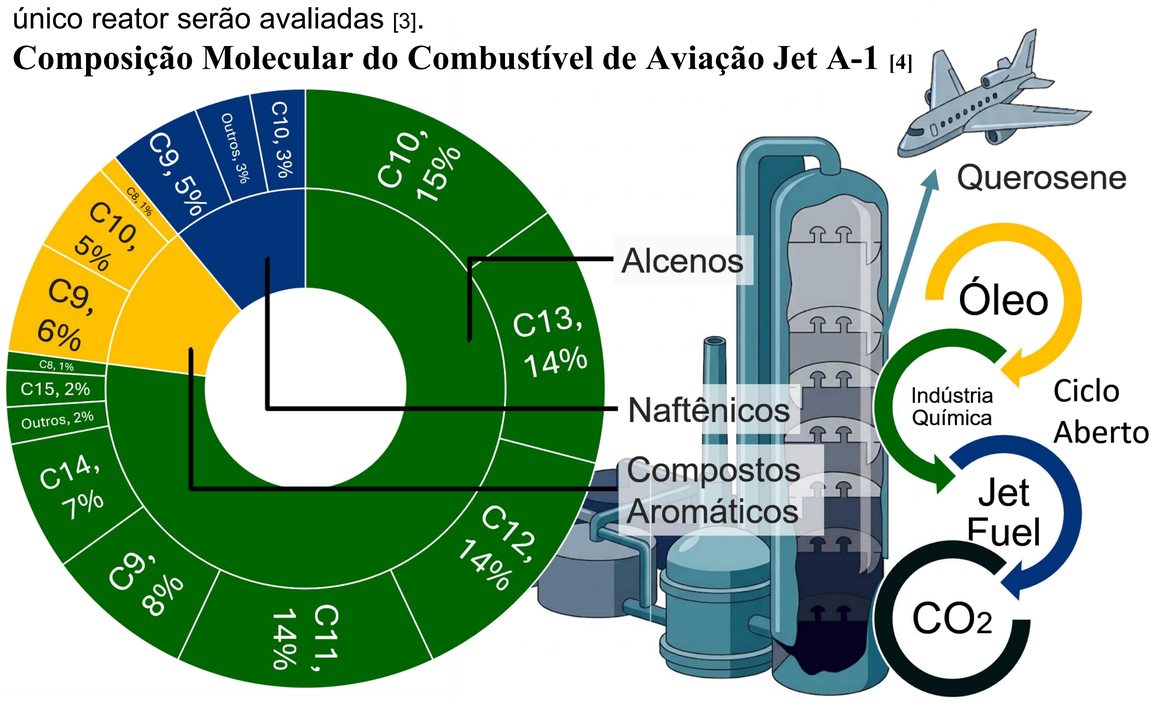
[2]Docente do curso do PPGQ da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP. E-mail: mwpaixao@ufscar.br, marco.ferreira@ufscar.br

[3]Pesquisador do PPGQ da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP. E-mail: lucasrebuiti@ufscar.br, Lucas-marchini@hotmail.com

INTRODUCÂO

A descarbonização da aviação depende de combustíveis de aviação sustentáveis (SAF). A biomassa lignocelulósica fornece furfural, 5-hidroximetilfurfural e ácido levulínico, mas suas cadeias curtas exigem alongamento via condensação aldólica com cetonas [1]. A hidrogenação e a hidrodesoxigenação subsequentes removem oxigênio, porém a redução seletiva continua desafiadora. Catalisadores de rutênio do tipo pincer possibilitam a ativação branda do H_2 por meio da cooperação metal–ligante [2]. Este projeto estuda a conversão catalítica de produtos de aldol em hidrocarbonetos na faixa de SAF usando hidrogênio de baixo carbono. Condições de reação, conversão, seletividade, estabilidade, reutilização e integração em um único reator serão avaliadas [3].

Composição Molecular do Combustível de Aviação Jet A-1 [4]



Resumo do nível de prontidão tecnológica e da escala de produção de combustíveis de aviação de substituição direta [5]

Rota	Estado da tecnologia	Maior planta, quilotoneladas por ano
Ésteres e ácidos graxos hidroprocessados: querosene parafínico sintético (HEFA-SPK)	Comercial (TRL 8)	1653 (projetado)
Álcool para jato-SPK (AtJ-SPK)	Demonstração (TRL 6–7)	82 (projetado)
Hidrotratamento de açúcares fermentados e isoparafinas sintetizadas (HFS-SIP)	Protótipo (TRL 5, açúcares lignocelulósicos), pré-comercial (TRL 7, açúcares convencionais)	81 (operacional)
Fischer-Tropsch-SPK (FT-SPK)	Demonstração (TRL 6)	225 (projetado)
Pirólise	Demonstração (TRL 6)	138 (projetado)
Reforma em fase aquosa (APR)	Protótipo (TRL 4–5, açúcares lignocelulósicos), demonstração (TRL 5–6, açúcares convencionais)	0,04 (operacional)
Liquefação hidrotérmica	Demonstração (TRL 5–6)	66 (projetado)
Demonstração da tecnologia "Power-to-liquid" (PtL FT)	Demonstração (TRL 5–6)	8 (projetado)

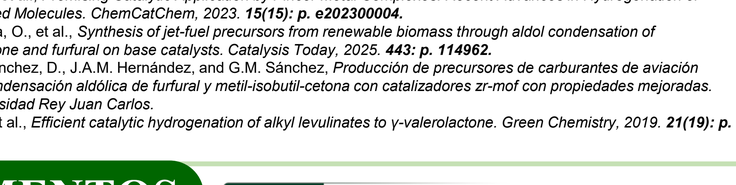
HIPÓTESES

Catalisadores de rutênio com ligantes do tipo pinça, em condições reacionais adequadas e com hidrogênio de baixa pegada de carbono, promovem a redução seletiva e a hidrodesoxigenação de produtos de condensação aldólica do FFR, do 5-HMF e do AL, gerando hidrocarbonetos C8–C15 compatíveis com SAF.

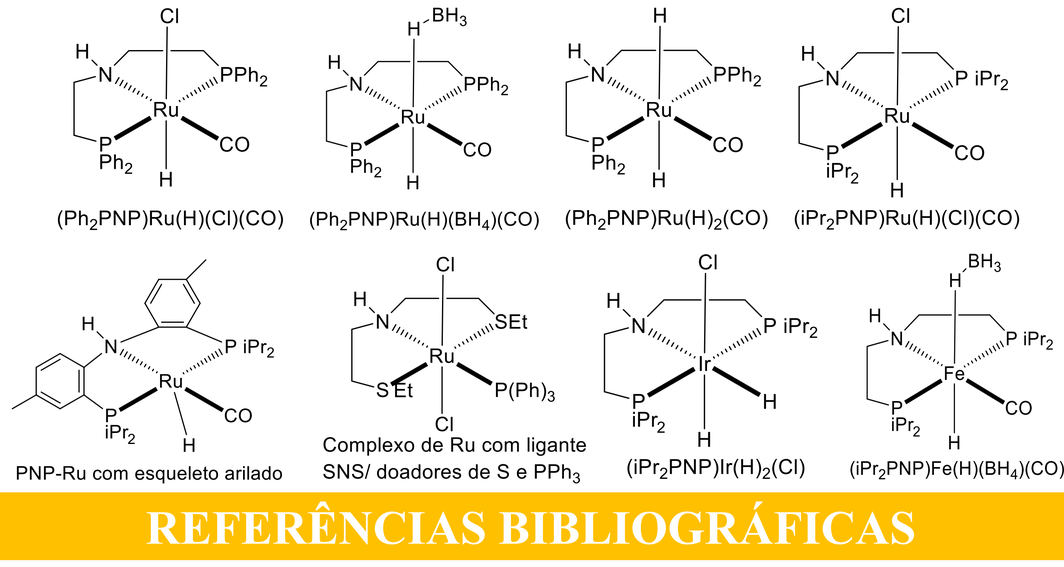
Biomassa lignocelulósica.



Moléculas de plataforma para a produção de biocombustíveis.



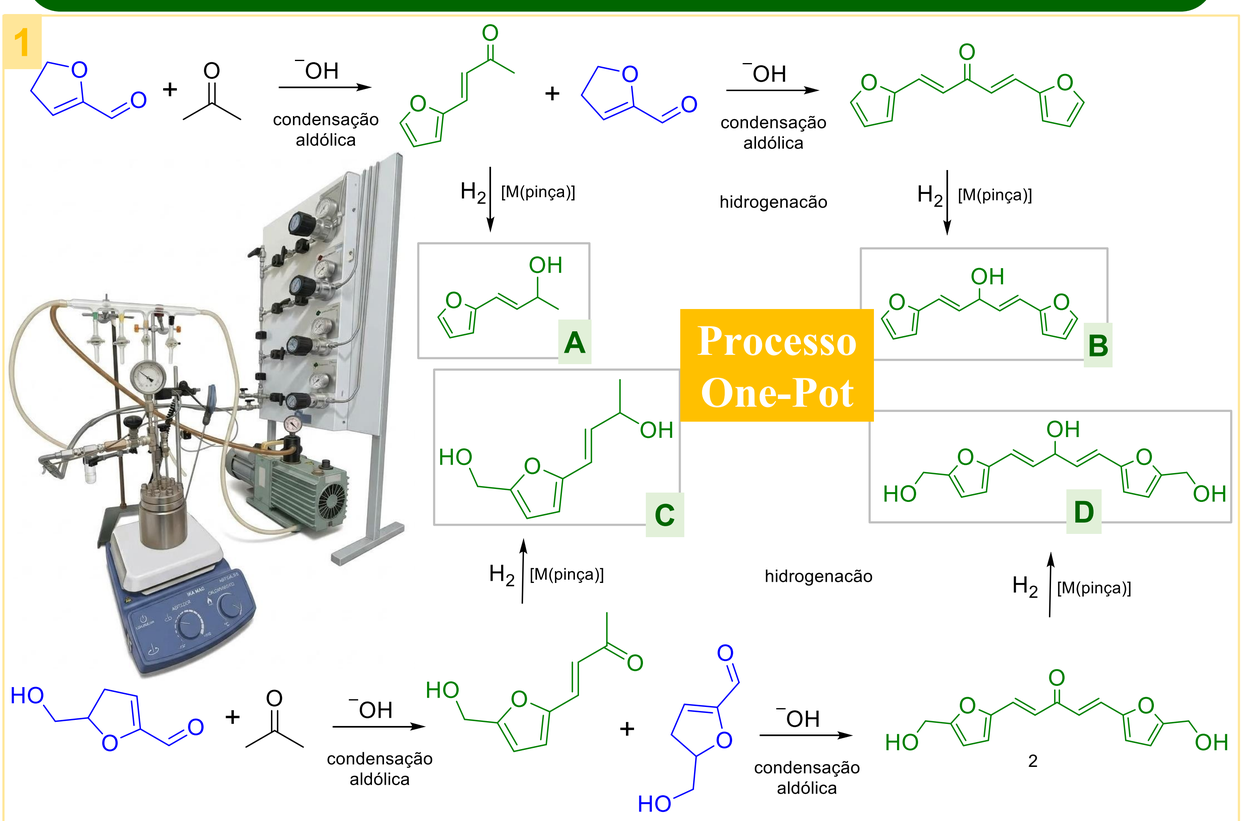
Catalisadores com ligantes pincer [6]



OBJETIVO

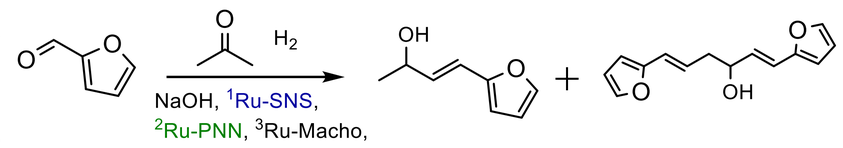
Desenvolver sistemas catalíticos capazes de reduzir compostos resultantes de reaçõesaldólicas empregando hidrogênio de baixa pegada de carbono e catalisadores contendoligantes quelantes para a produção de SAF

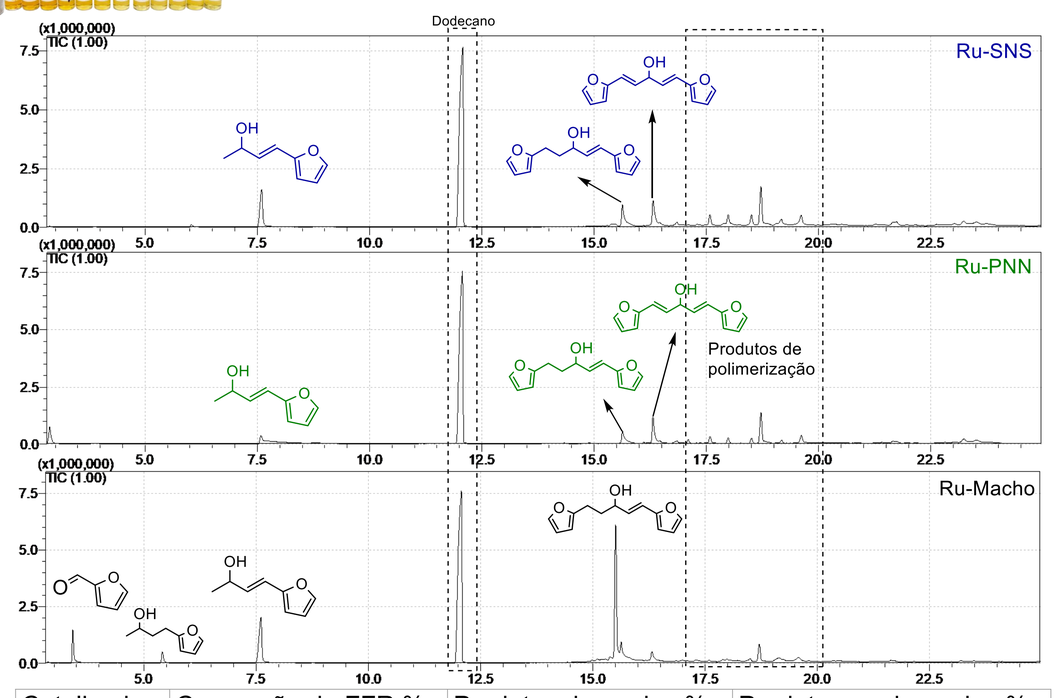
METODOLOGIA



RESULTADOS







Catalisador	Conversão do FFR %	Produtos deseados %	Produtos no deseados %
Ru-SNS	100	49	51
Ru-PNN	100	55	45
Ru-Macho	80	78	2

Resultados esperados:

- Catalisadores M-pinça seletivos para HDO de aldólicos de FFR, 5-HMF e AL.
- Processo one-pot integrado com hidrogênio de baixa pegada de carbono.
- SAF C8–C15 com propriedades compatíveis com a norma ASTM D1655.
- Relações estrutura–atividade e viabilidade técnico-econômica preliminar

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Liu, G., B. Yan, and G. Chen, *Technical review on jet fuel production. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013.* ***25: p. 59-70.***
2. Yao, W., et al., *Determining the catalyst properties that lead to high activity and selectivity for catalytic hydrodeoxygenation with ruthenium pincer complexes. Organometallics, 2020.* ***39(5): p. 662-669.***
3. Manar, K.K., et al., *Promising Catalytic Application by Pincer Metal Complexes: Recent Advances in Hydrogenation of Carbon-Based Molecules. ChemCatChem, 2023.* ***15(15): p. e202300004.***
4. Yevdokimova, O., et al., *Synthesis of jet-fuel precursors from renewable biomass through aldol condensation of cyclopentanone and furfural on base catalysts. Catalysis Today, 2025.* ***443: p. 114962.***
5. de la Flor Sánchez, D., J.A.M. Hernández, and G.M. Sánchez, *Producción de precursores de carburantes de aviación mediante condensación aldólica de furfural y metil-isobutil-cetona con catalizadores zr-mof con propiedades mejoradas. 2022, Universidad Rey Juan Carlos.*
6. Padilla, R., et al., *Efficient catalytic hydrogenation of alkyl levulinates to γ-valerolactone. Green Chemistry, 2019.* ***21(19): p. 5195-5200.***



AGRADECIMENTOS

Apoio financiero do Programa de Formação de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo,-PRH-ANP, gerido pela FAPESP, Brasil. Processo Nº 2026/08912-9.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA

Departamento de Química UFSCar

MWP GROUP

ufscar

prh anp

FAPESP