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

Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

Bolsista: Marllon S. Conceição

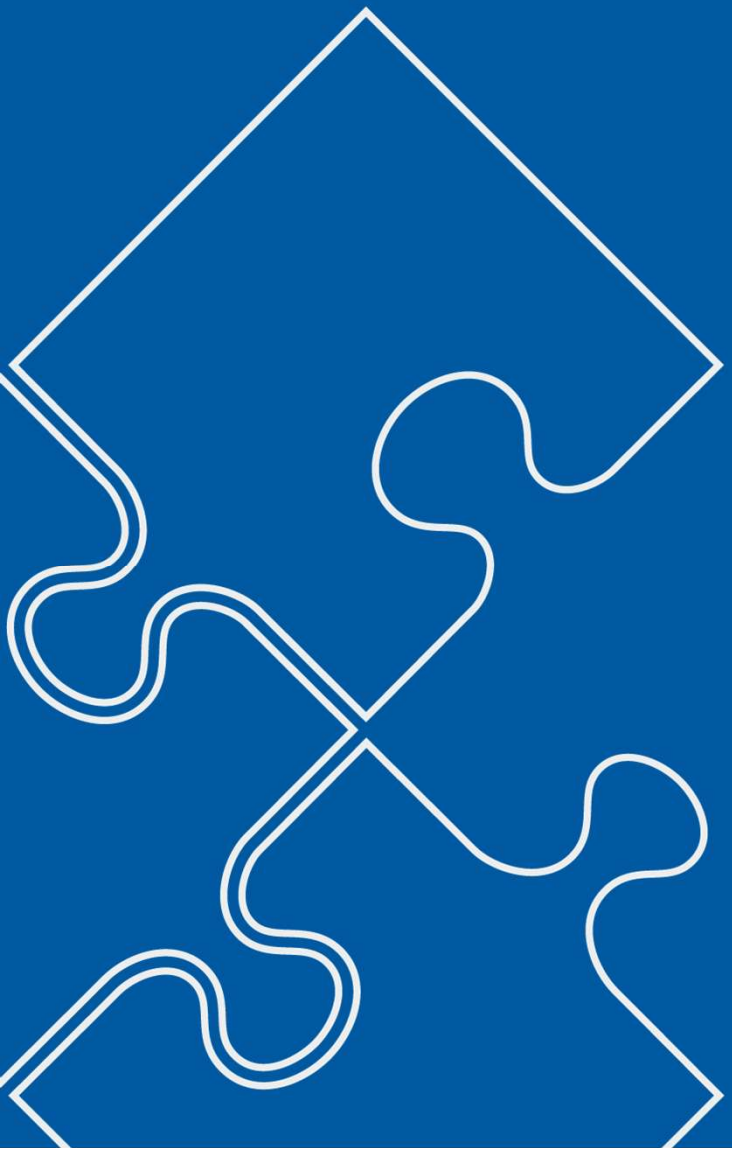
Orientadores: Fabiana V. Fonseca e George V. Brigagão

PRH 17/UFRJ

Tipo de bolsa: Graduação

Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)

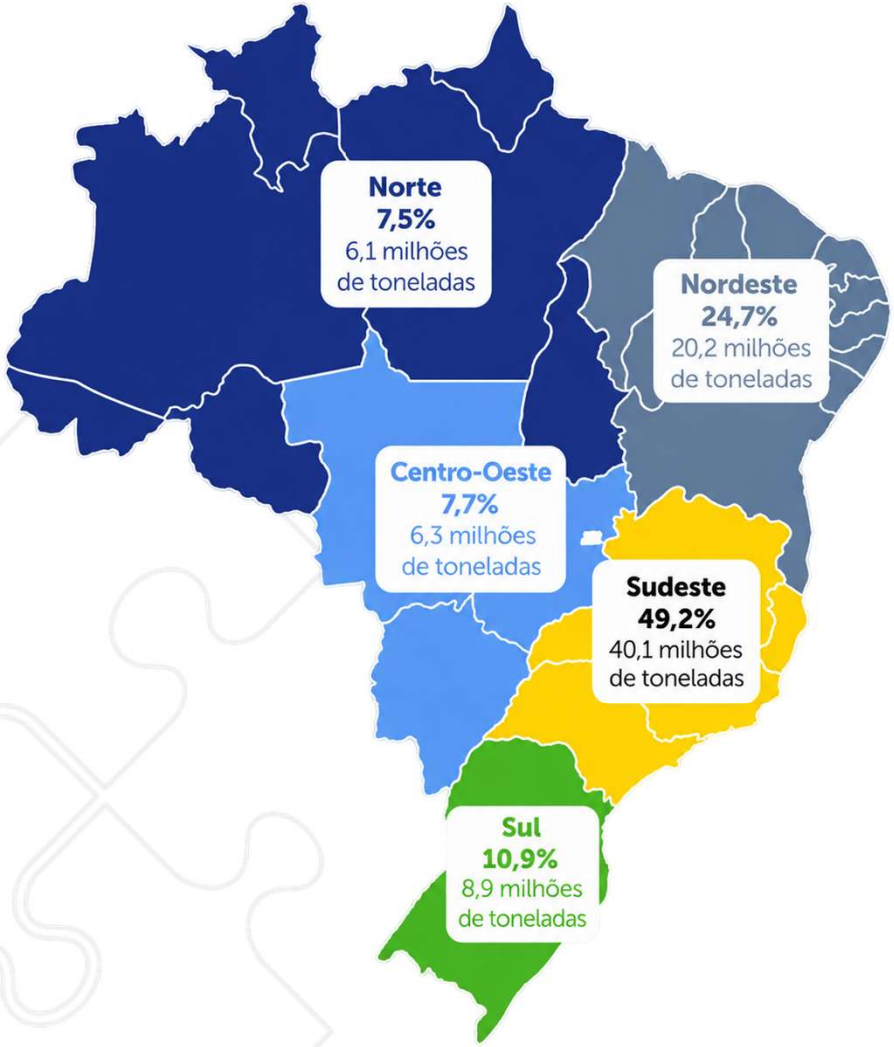
Gestão:

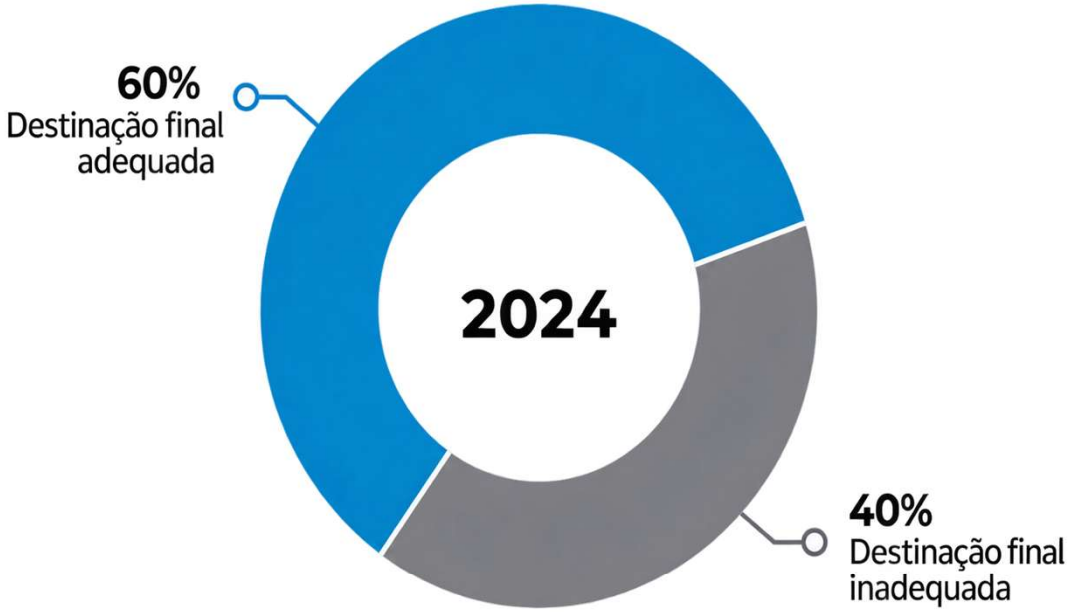


#1

Introdução

Contexto Brasileiro





(ABREMA, 2025)

Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

Marllon S. Conceição - Graduação
PRH 17/UFRJ

BECCS | Biogás | Oxicombustão

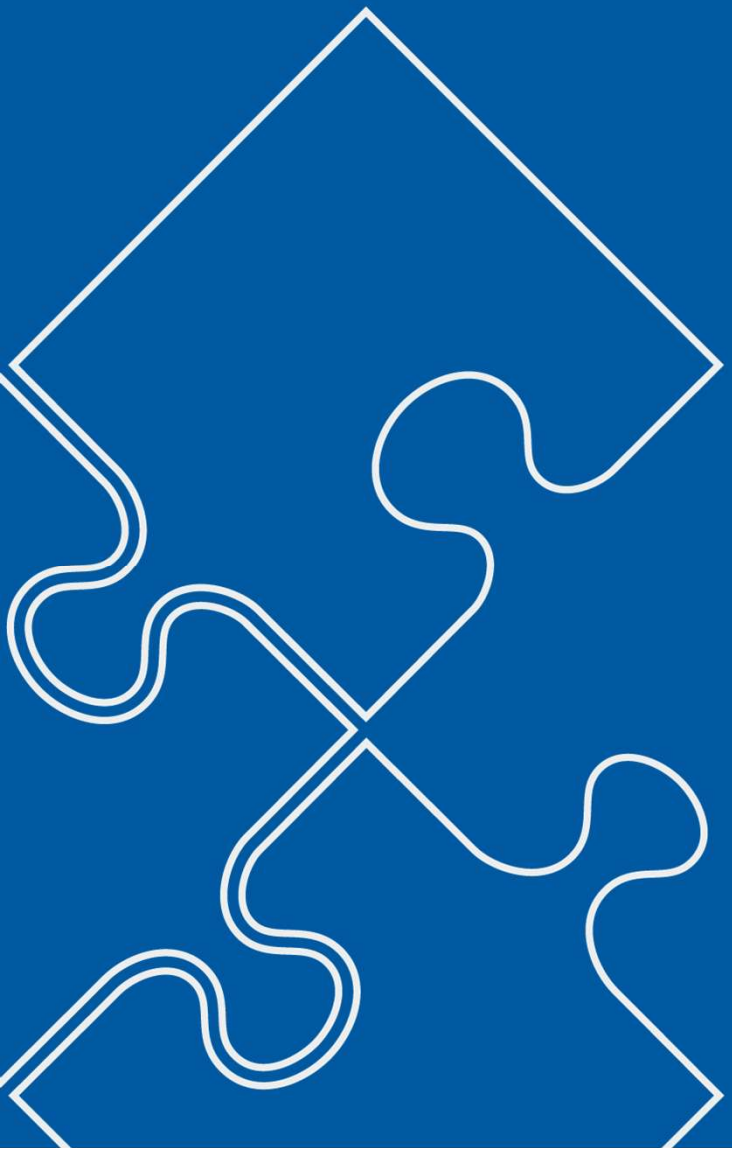
- **BECCS (Bioenergia com Captura e Armazenamento de Carbono)**
  - → Permite emissões líquidas negativas.
- **Gás de Aterro**
  - → Composição típica: 50-55% CH_4 e 40-45% CO_2.
- **Oxicombustão**
  - → Combustão com oxigênio de alta pureza (O_2).
  - → Gases de exaustão compostos principalmente por CO_2 e H_2O.







Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica
Marllon S. Conceição - Graduação
PRH 17/UFRJ



#2

Objetivos

Performance Técnica e Econômica

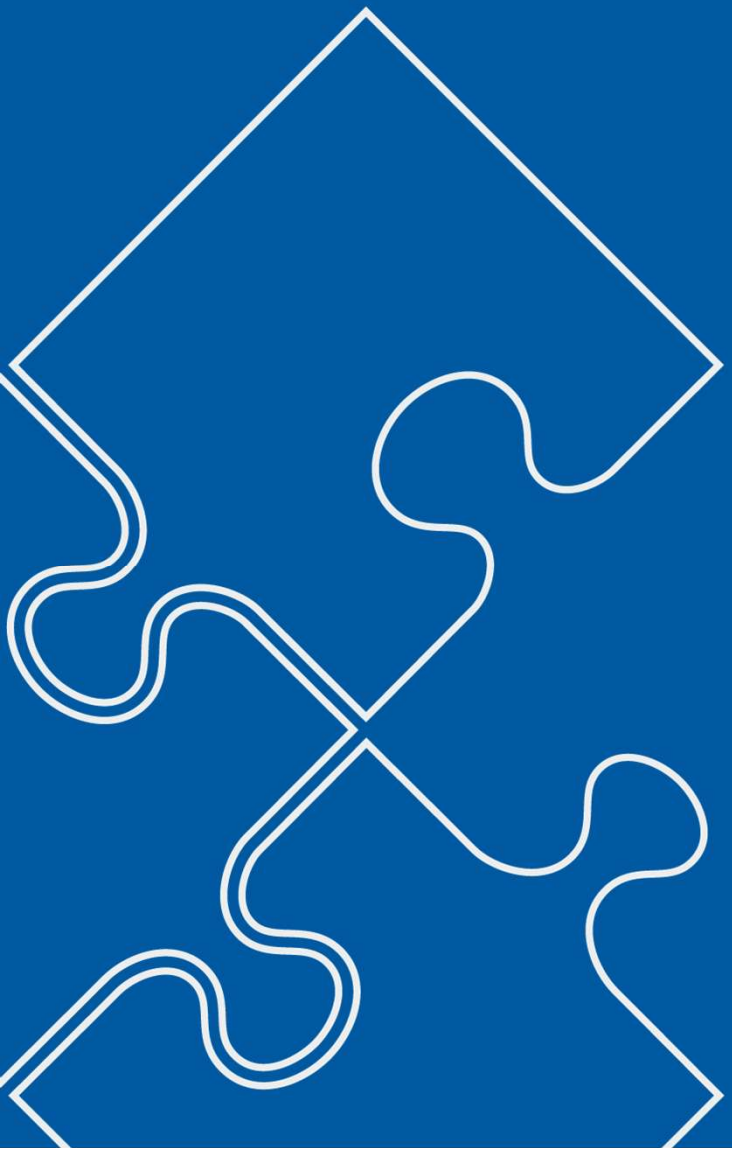
- **Planta integrada de processamento de gás de aterro**

  → Avaliar a produção de biometano e o atendimento às especificações de qualidade.

  → Avaliar a geração de eletricidade e calor por meio da integração do processo.

  → Comparar o desempenho técnico-econômico do processo integrado com e sem cogeração de calor.

  → Quantificar a captura de CO_2 biogênico por meio do upgrading e da oxicombustão dentro de uma abordagem BECCS.



#3

Métodos

Abordagem Geral

- **Simulação em estado estacionário**

Software Aspen HYSYS v14

- **Pacotes Termodinâmicos**

Acid Gas

Para absorção química com MEA. Combina uma equação de estado com equilibrio químico.

Glycol Package

Para unidades de desidratação com TEG.

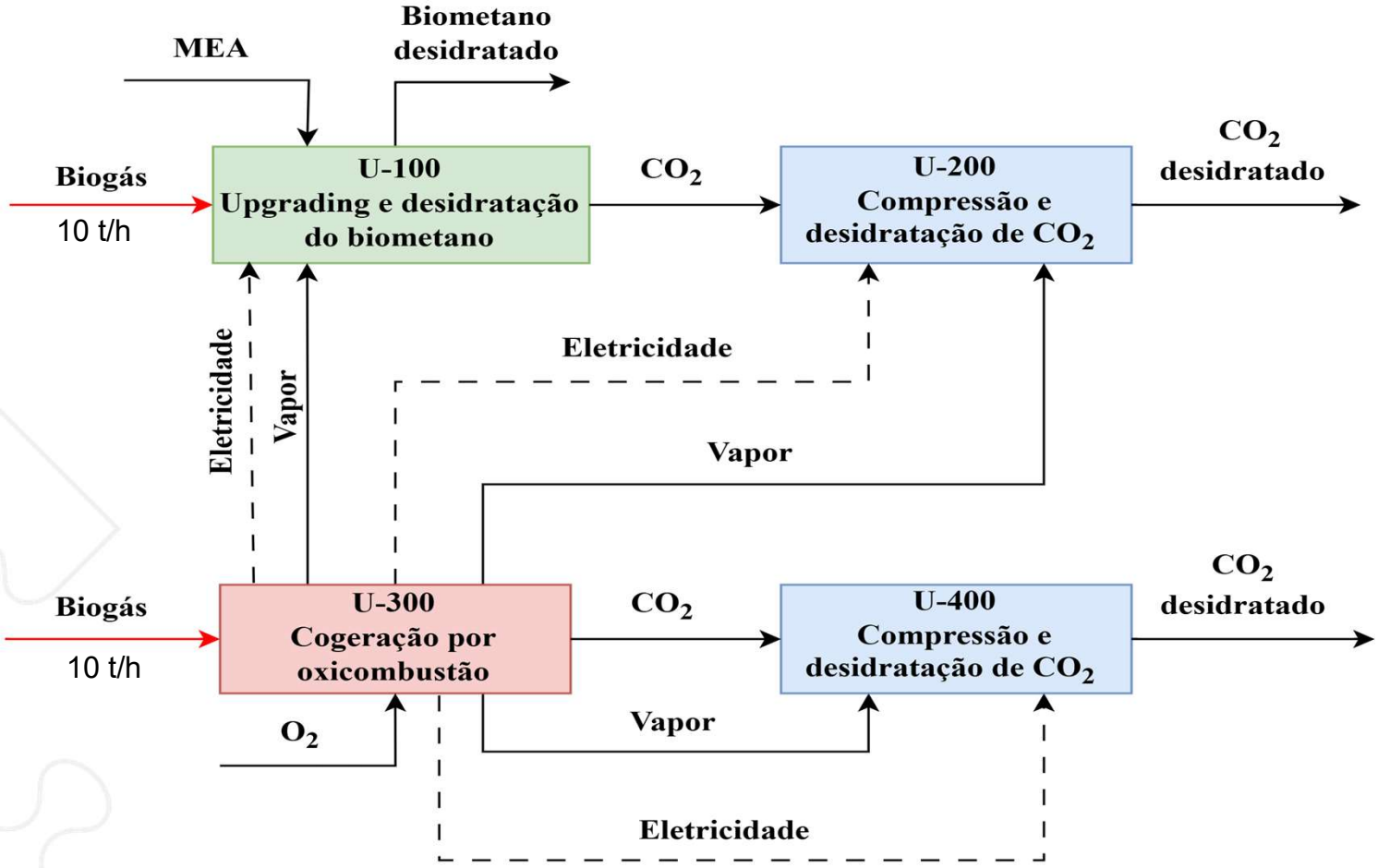
Peng-Robinson (PR)

Para o trem de compressão e a modelagem do processo de oxicombustão.

IAPWS-IF97

Para o cálculo das propriedades termodinâmicas da água e do vapor.

Configuração da Planta

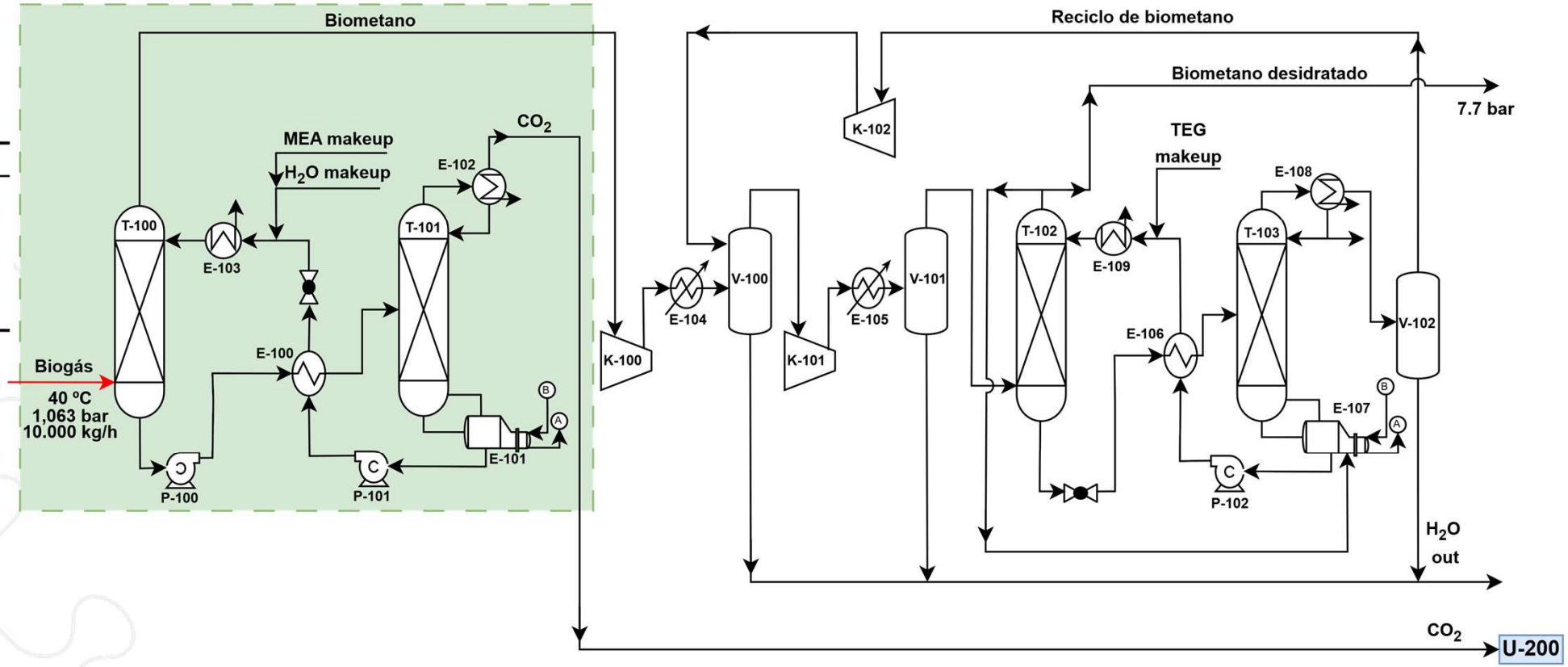


Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

Marllon S. Conceição - Graduação
PRH 17/UFRJ

U-100: Upgrading do Biometano

Composição do Biogás	
CH_4	55%
CO_2	40%
N_2	4%
O_2	0.05%
H_2S	0.05%

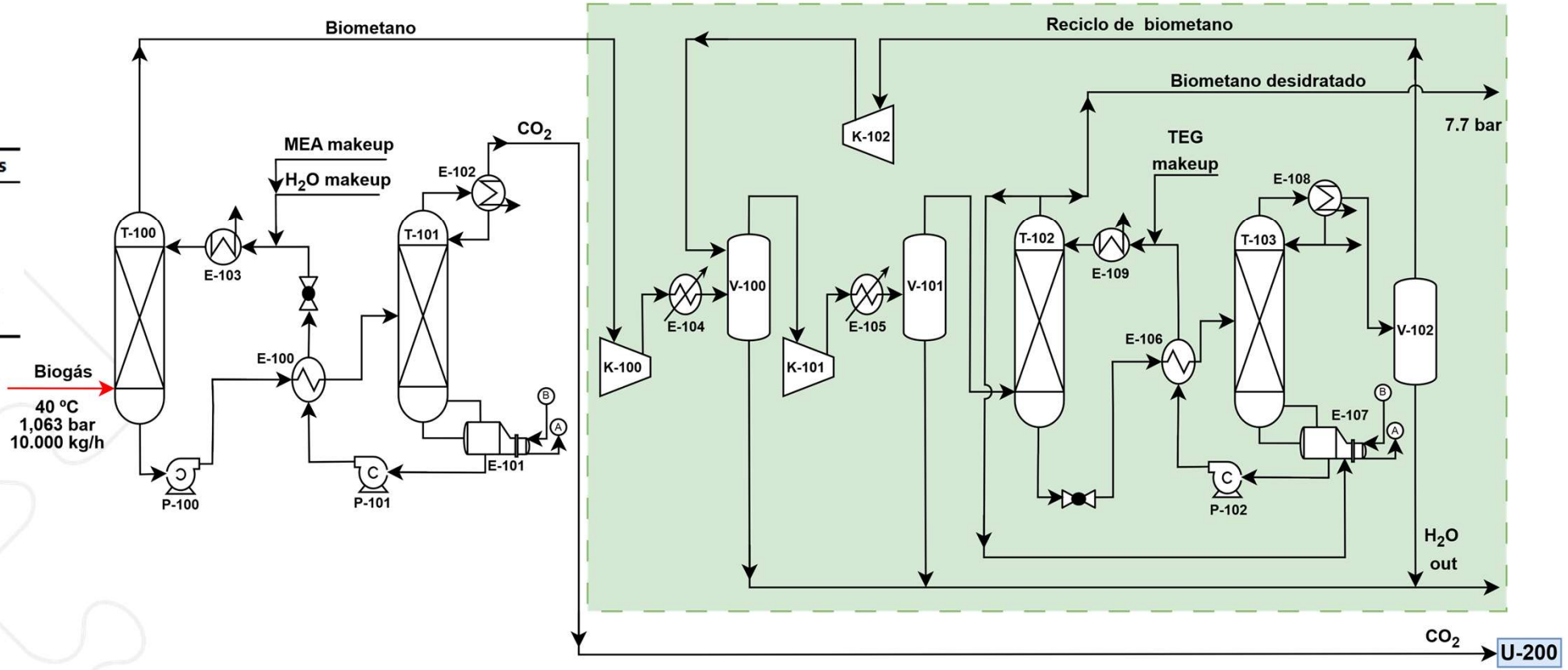


Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

Marllon S. Conceição - Graduação
PRH 17/UFRJ

U-100: Desidratação do Biometano

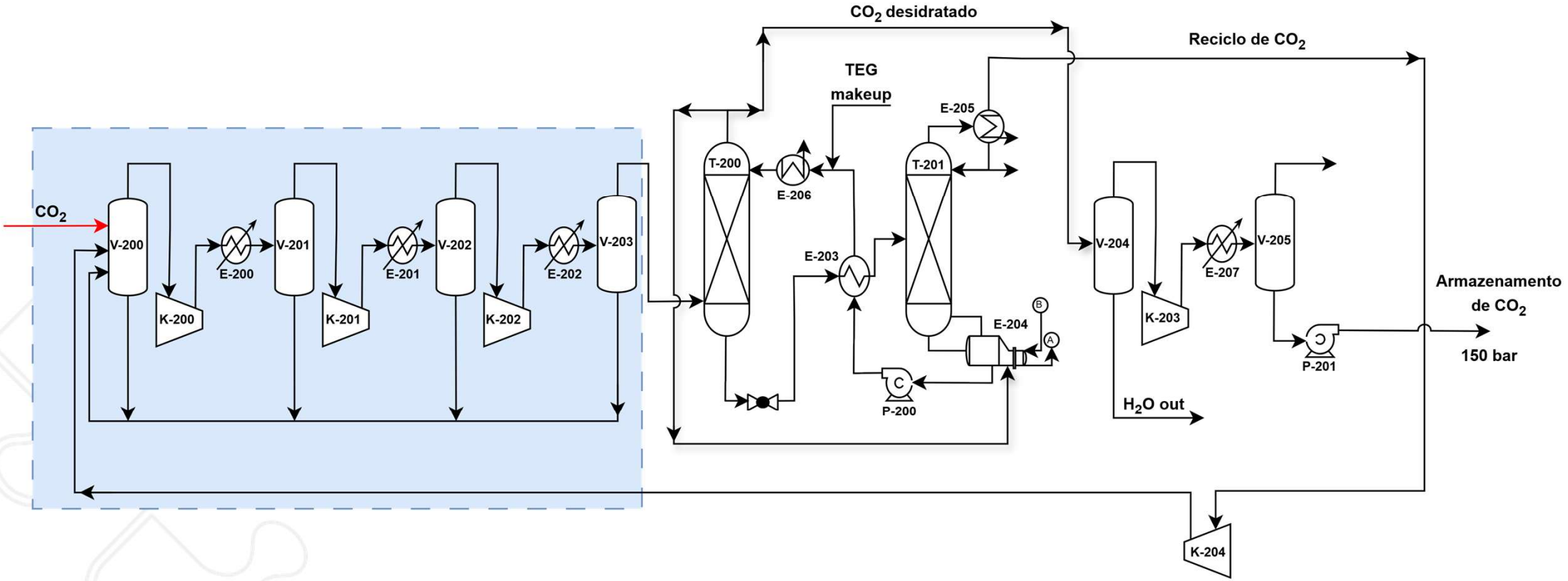
Composição do Biogás	
CH_4	55%
CO_2	40%
N_2	4%
O_2	0.05%
H_2S	0.05%



Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

Marllon S. Conceição - Graduação
PRH 17/UFRJ

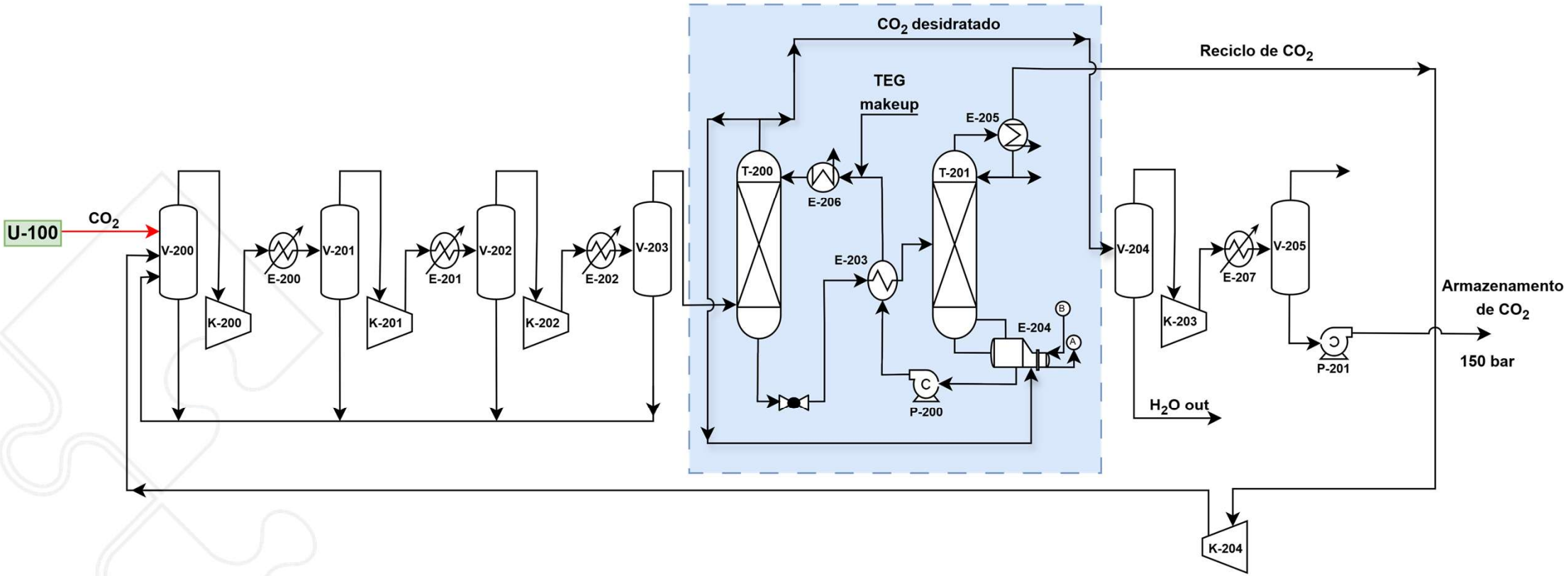
U-200: Compressão do CO_2



Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

Marllon S. Conceição - Graduação
PRH 17/UFRJ

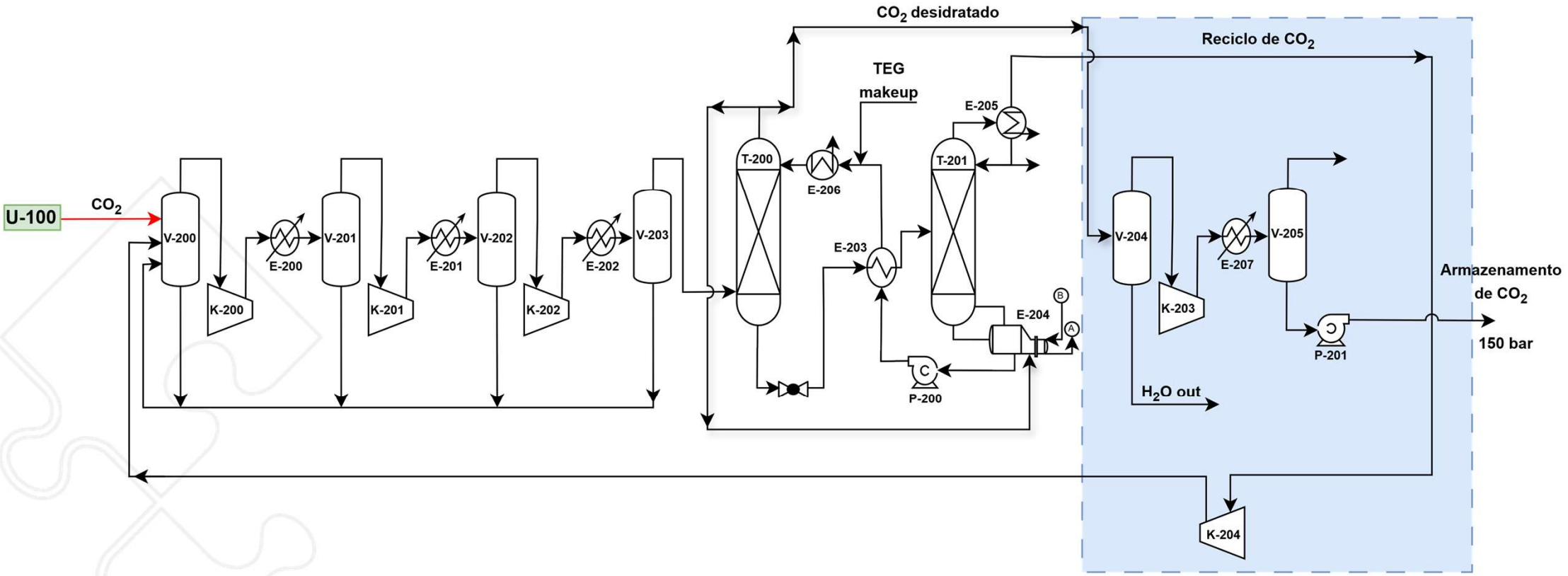
U-200: Desidratação do CO_2



Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

Marllon S. Conceição - Graduação
PRH 17/UFRJ

U-200: Compressão do CO_2

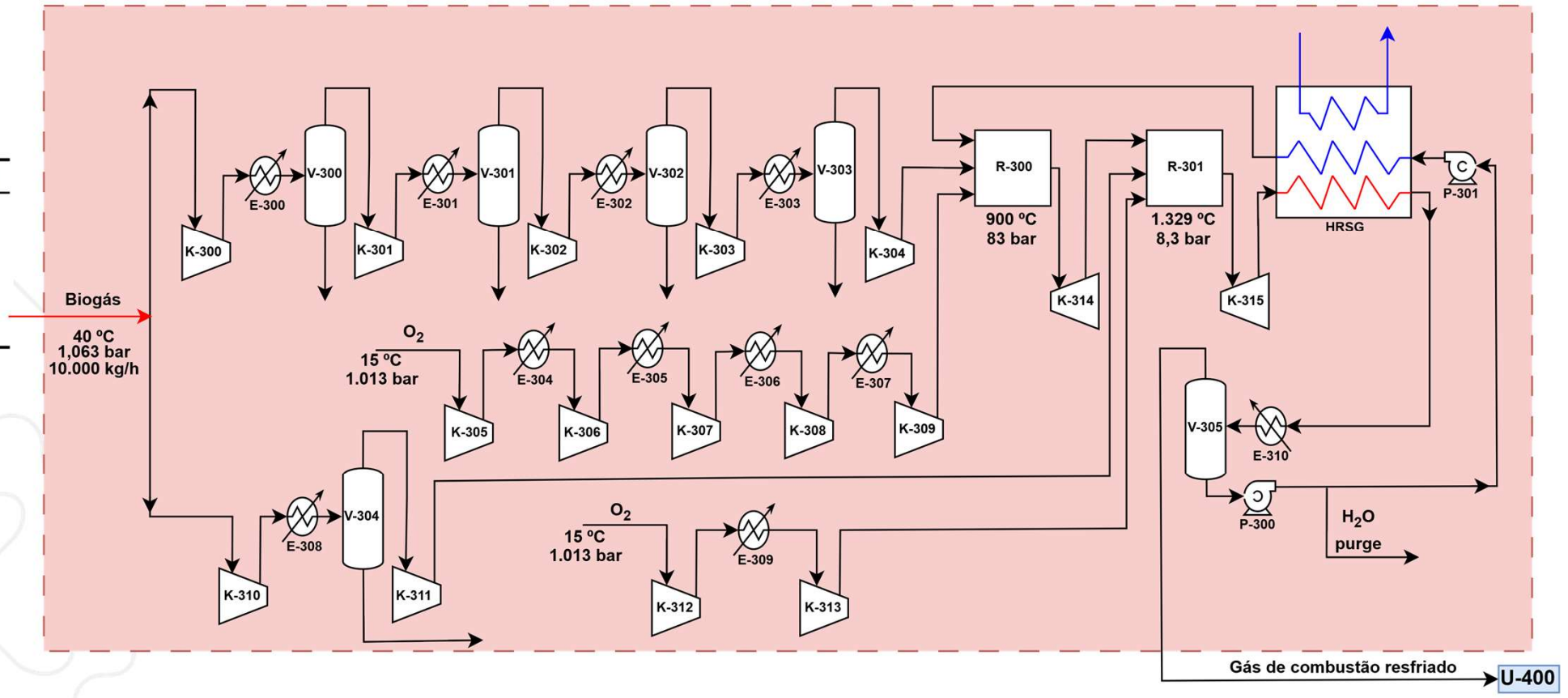


Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

Marllon S. Conceição - Graduação
PRH 17/UFRJ

U-300: Cogeração com Oxicombustão

Composição do Biogás	
CH_4	55%
CO_2	40%
N_2	4%
O_2	0.05%
H_2S	0.05%

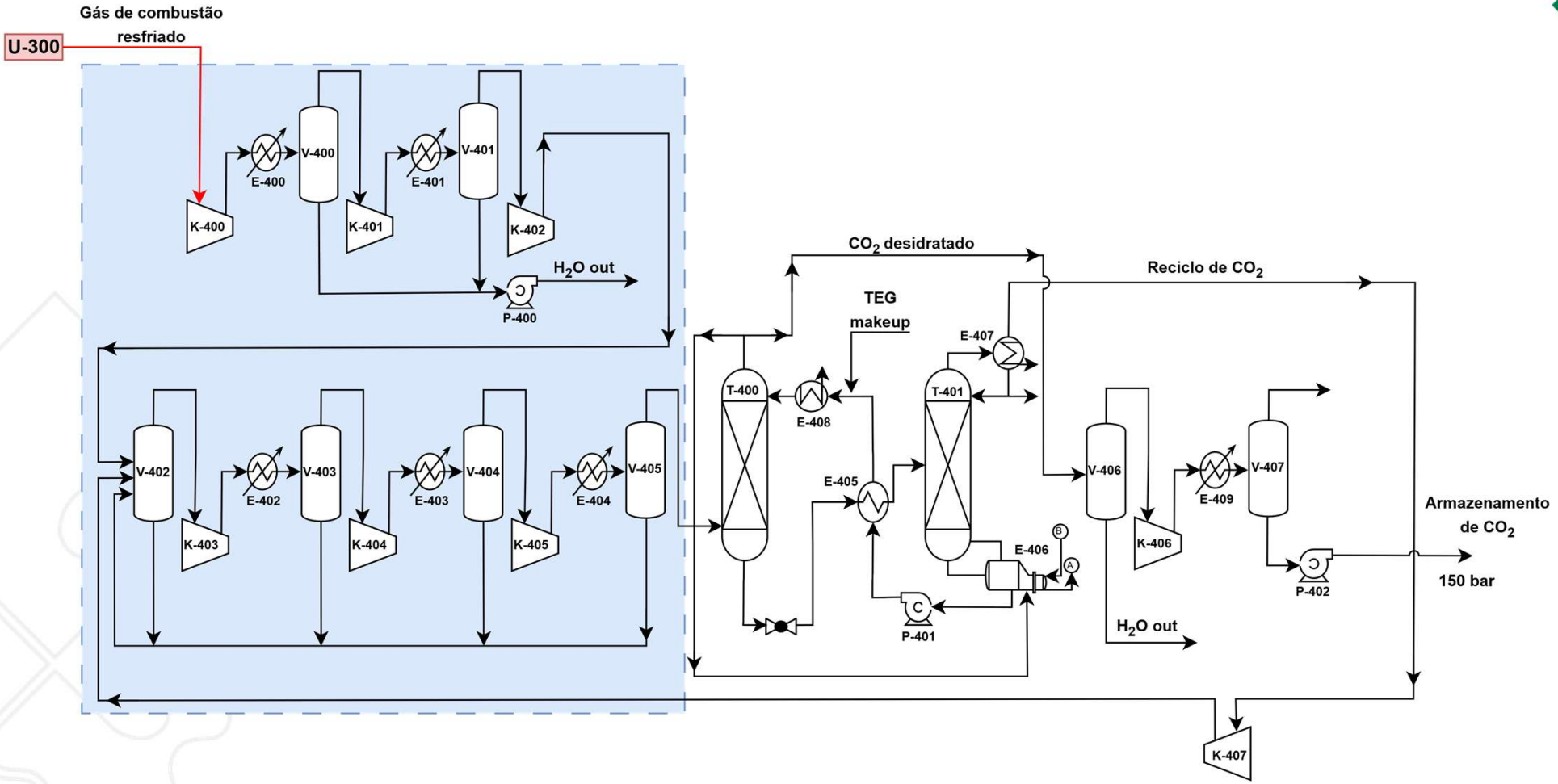


Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

Marllon S. Conceição - Graduação

PRH 17/UFRJ

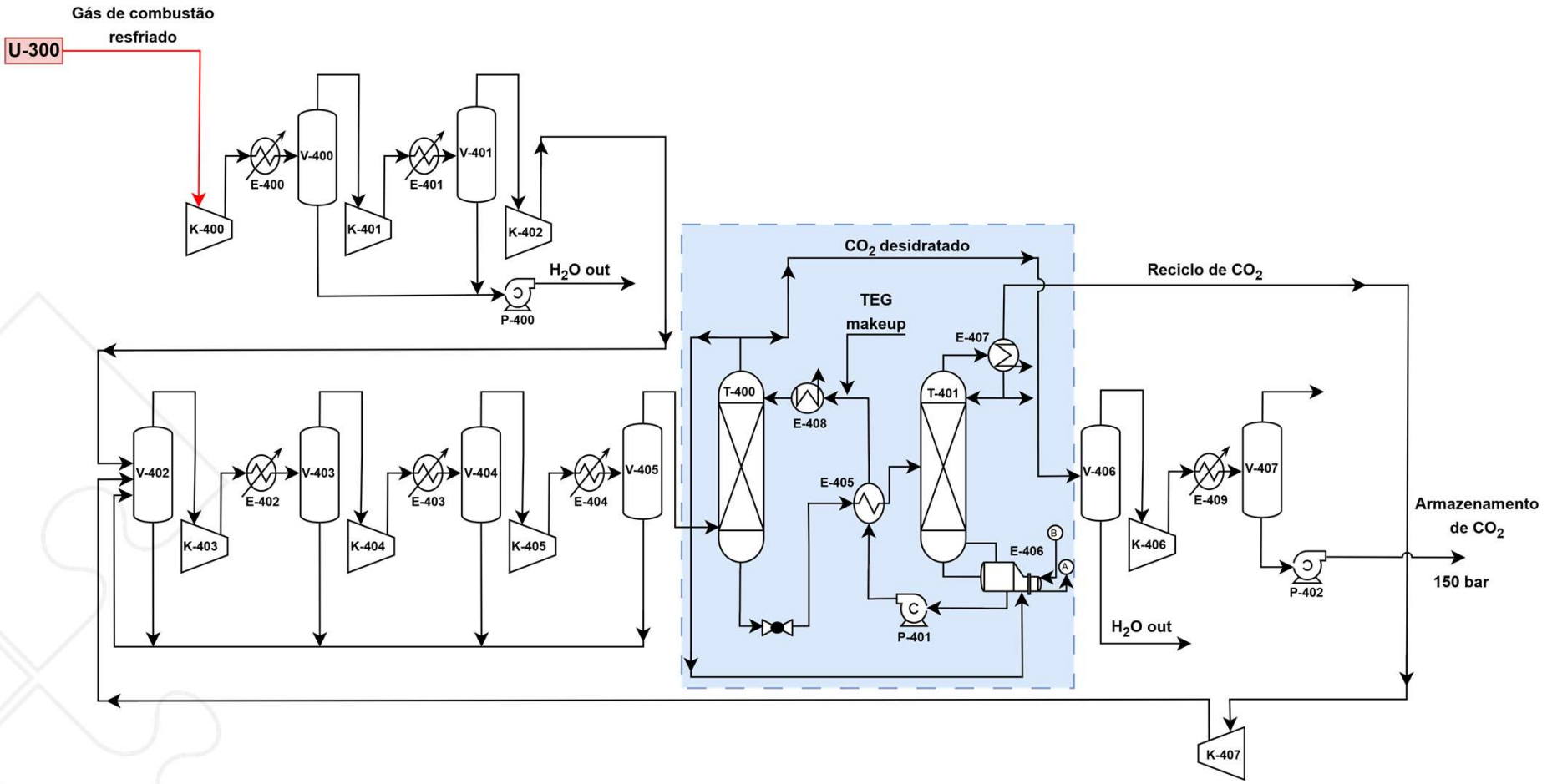
U-400: Compressão do CO_2



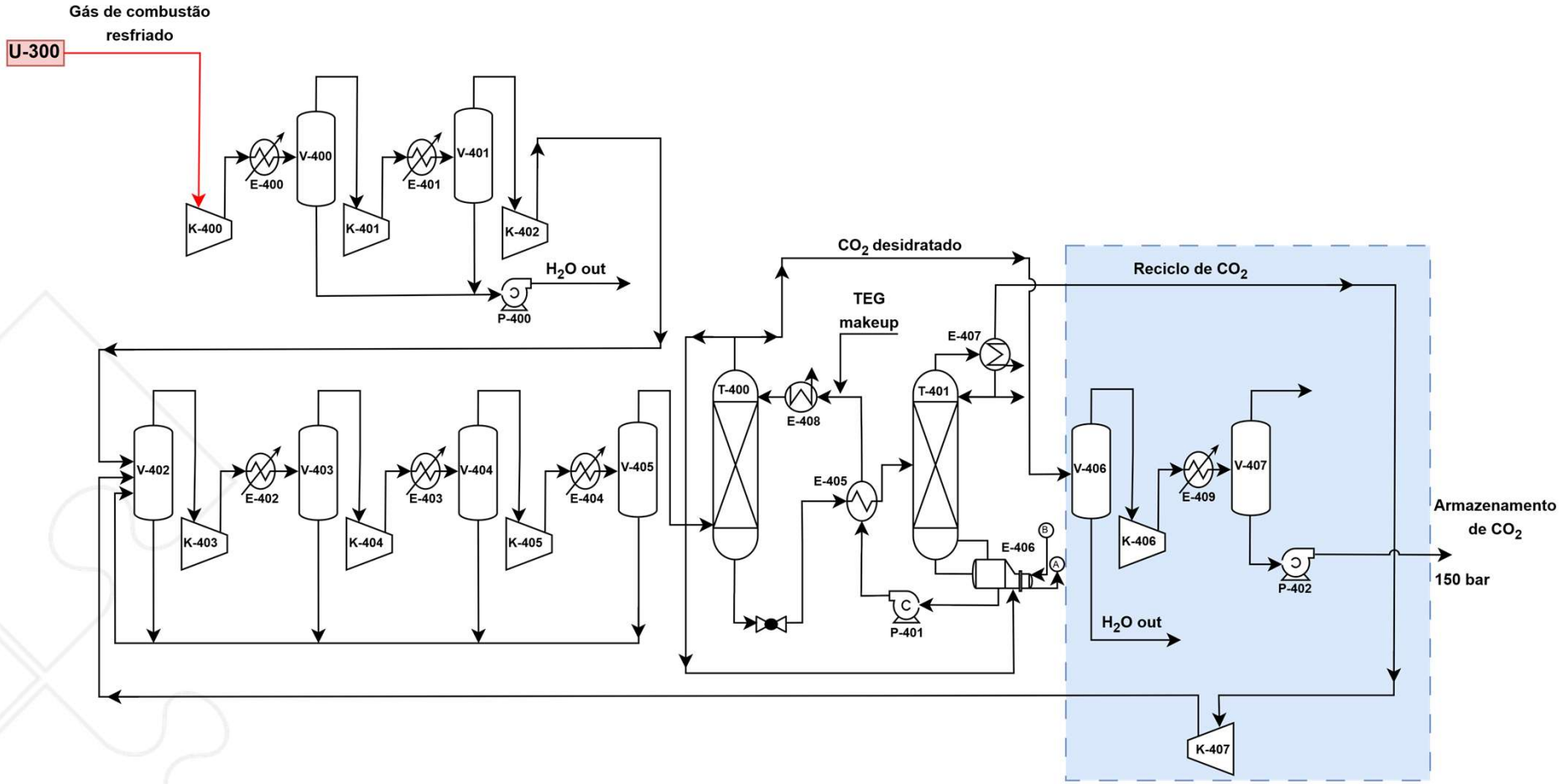
Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

Marllon S. Conceição - Graduação
PRH 17/UFRJ

U-400: Desidratação do CO_2

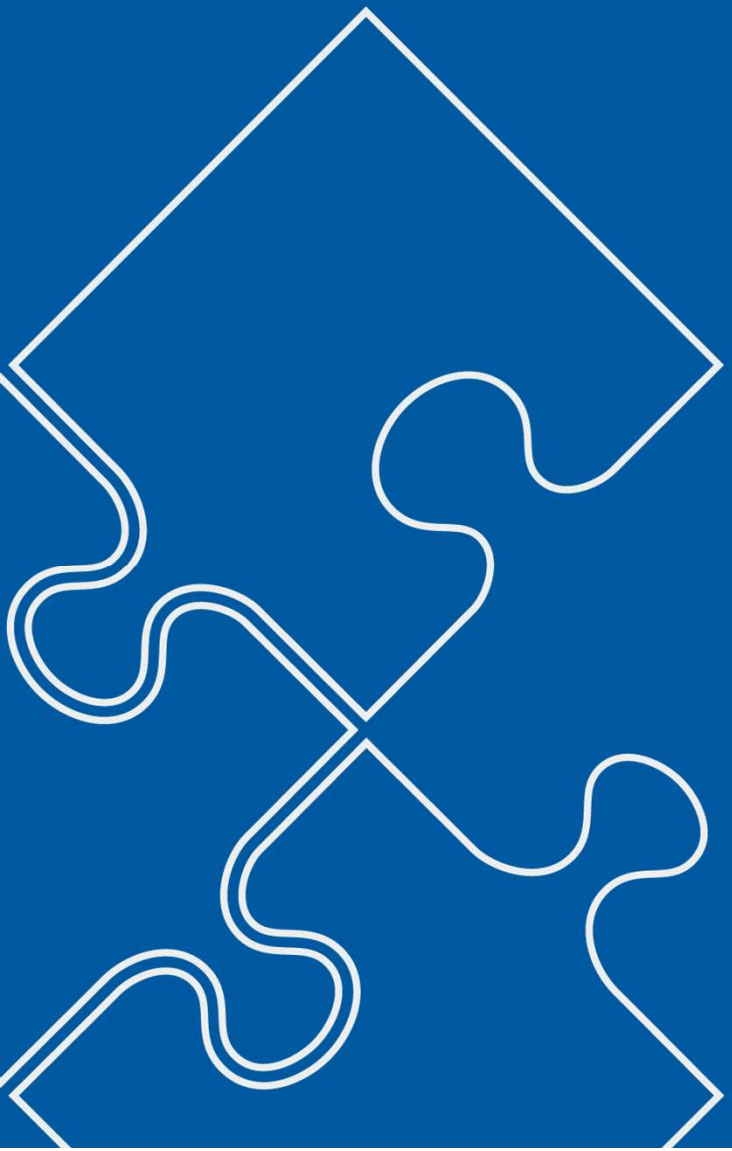


U-400: Compressão do CO_2



Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

Marllon S. Conceição - Graduação
PRH 17/UFRJ

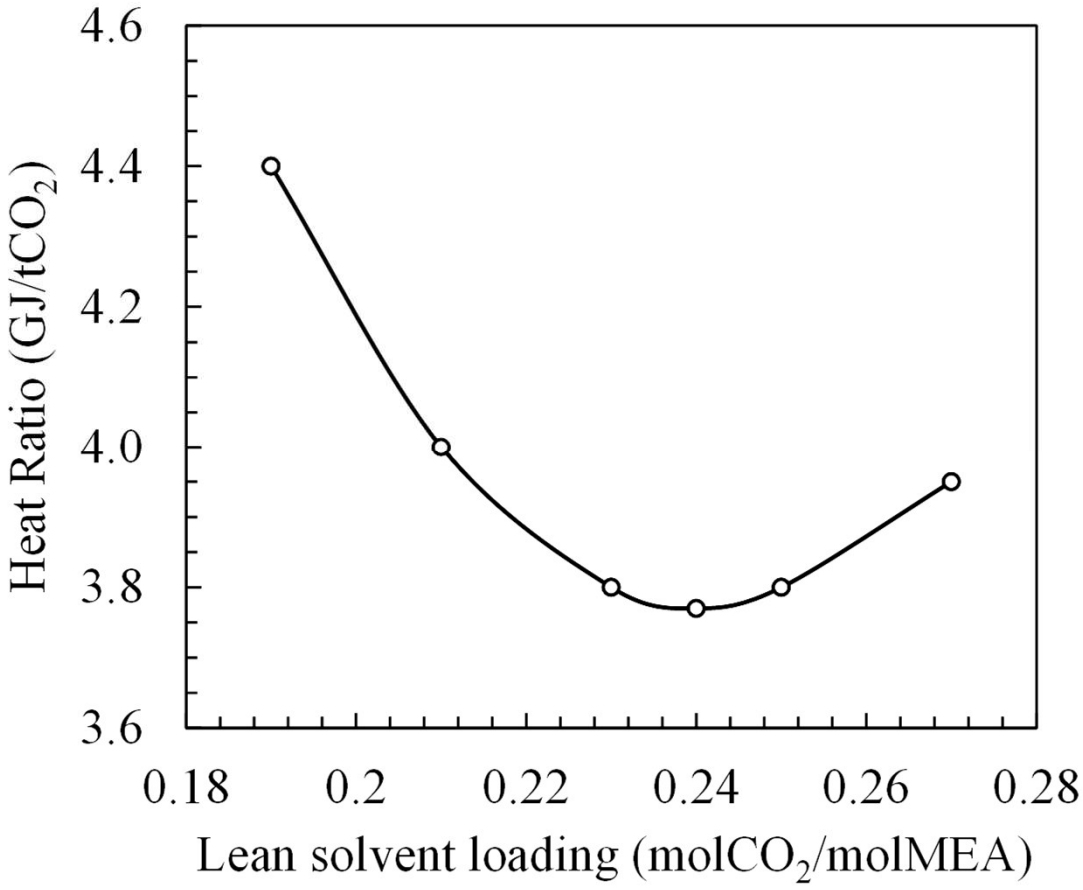


#4

Resultados

Otimização do Processo de Upgrading

- Approach mínimo:
  7,0±0,5°C
- Eficiência de captura:
  99,97±0,01%
- Razão de calor mínima:
  3,77 MJ/kg_{CO2}
- Loading ótimo amina pobre:
  0,2402 mol_{CO2}/mol_{MEA}

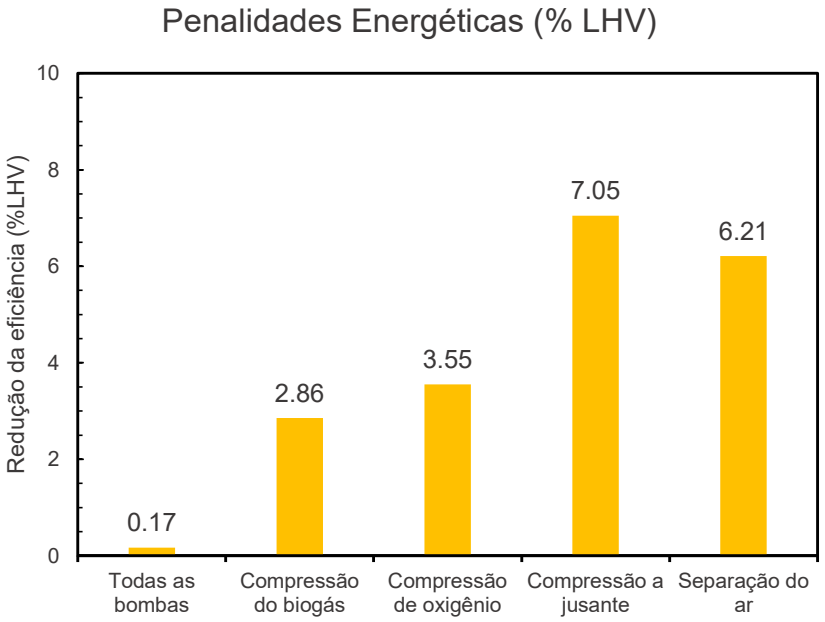


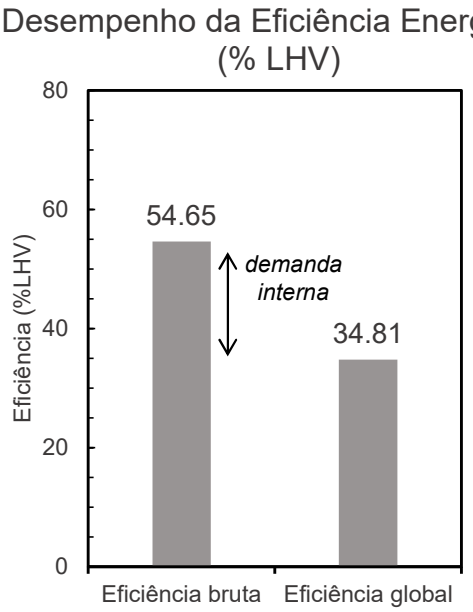
Upgrading do Biometano

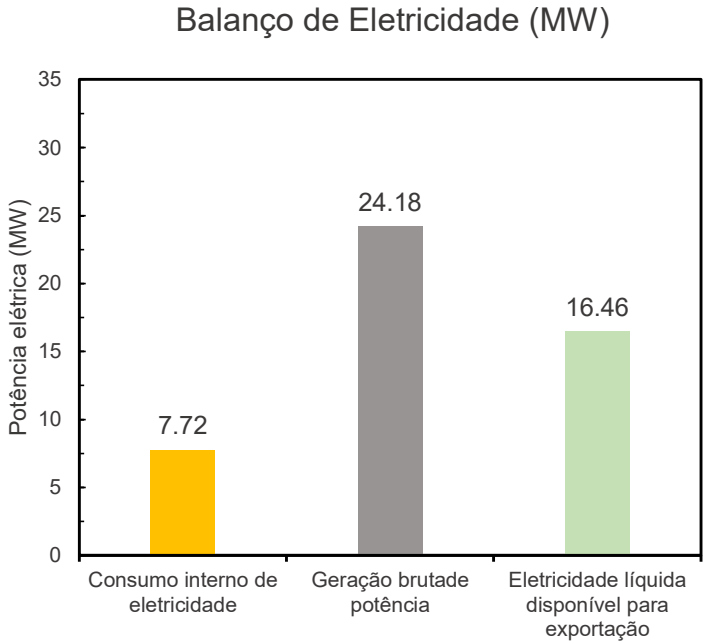
Ref.: Res. ANP 1006/2026

Descrição	Resultado	Critério
Produção de biometano em LHV (GJ/h)	158	-
CO2 evitado em comparação ao gás natural (t/h)	8.88	-
Vazão de biometano (t/h)	3,63	-
Teor de CH_4 (%mol)	92,41	≥90
Teor de CO_2 (%mol)	0,02	<3,0
Teor de N_2 (%mol)	6,72	-
Teor de O_2 (%mol)	0,84 (*adequar)	≤0,8
CO_2+O_2+N_2 (%mol)	7,58	≤10
Índice de Wobbe (MJ/m^3)	45,55	46,5 a 53,5
Ponto de orvalho a 1 atm (°C)	-45,94	<-45

Oxicombustão com Cogeração (CES)





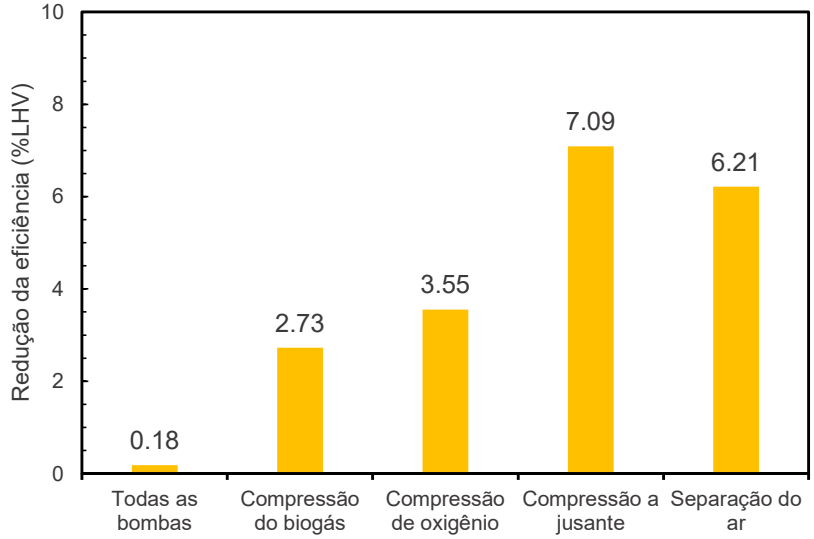


Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

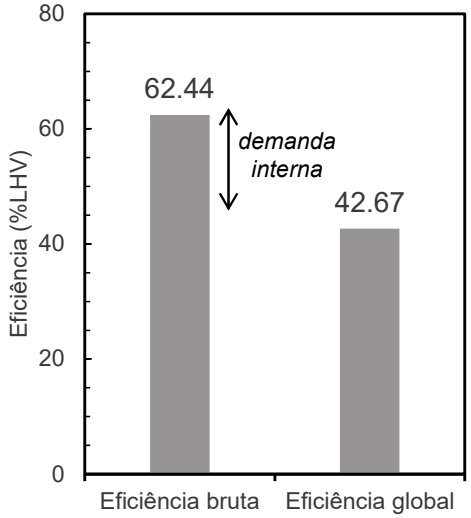
Marllon S. Conceição - Graduação
PRH 17/UFRJ

Oxicombustão sem Cogeração (CES)

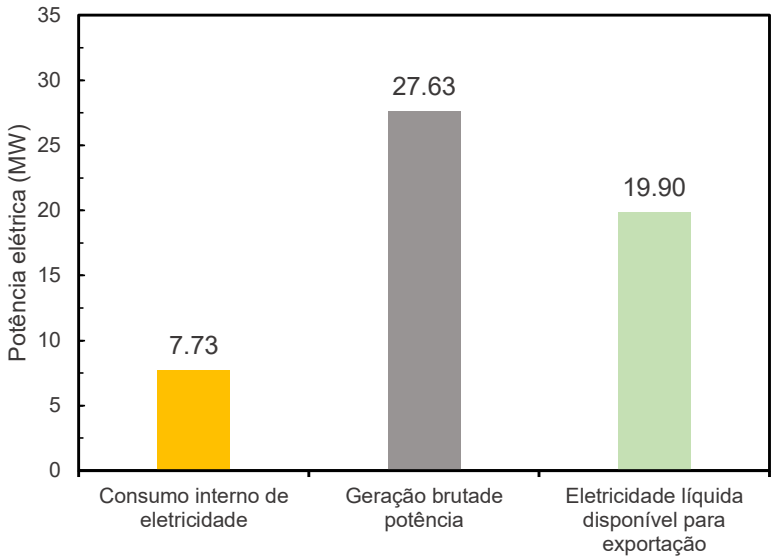
Penalidades Energéticas (% LHV)



Desempenho da Eficiência Energética (% LHV)



Balanço de Eletricidade (MW)

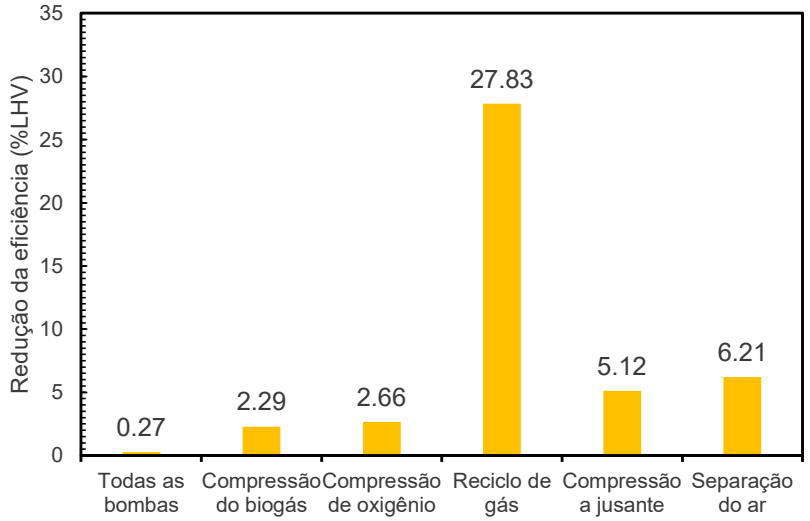


Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

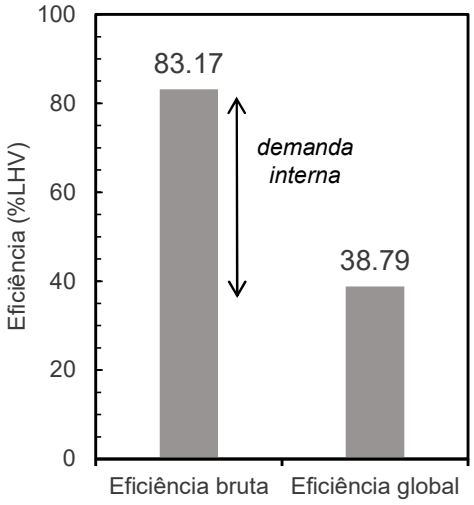
Marllon S. Conceição - Graduação
PRH 17/UFRJ

Oxicombustão com Cogeração (SCOC-CC)

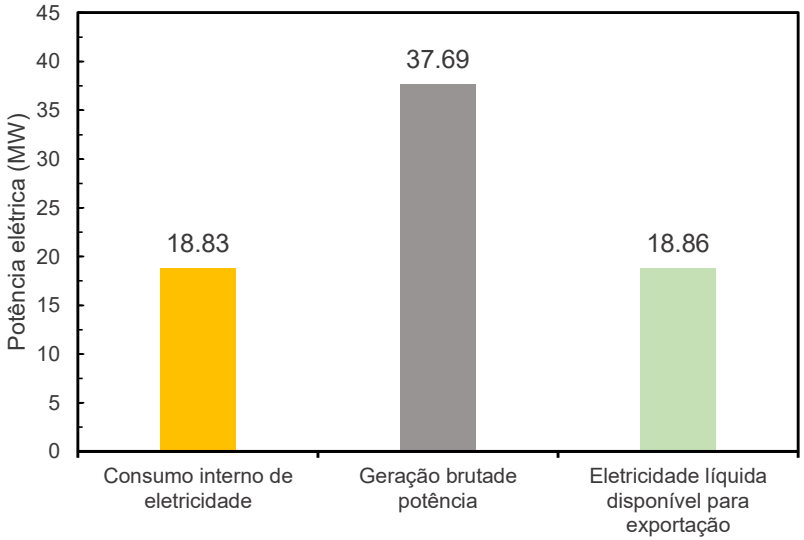
Penalidades Energéticas (% LHV)



Desempenho da Eficiência Energética (% LHV)



Balanço de Eletricidade (MW)

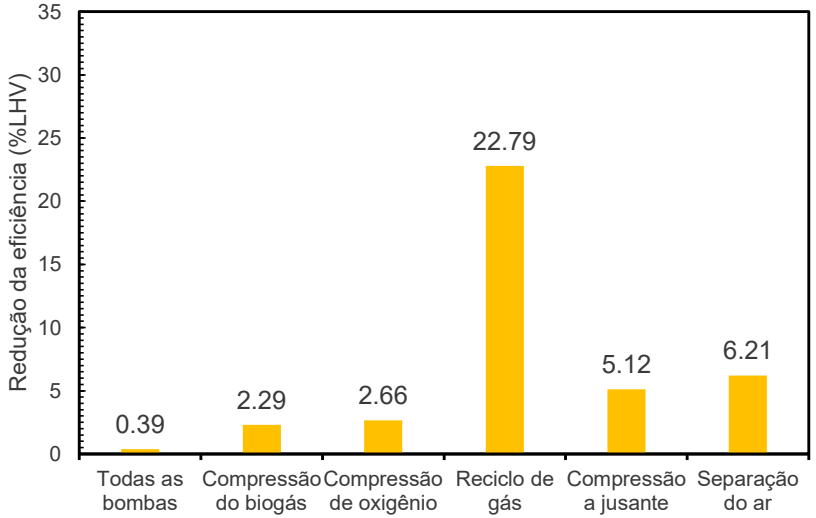


Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

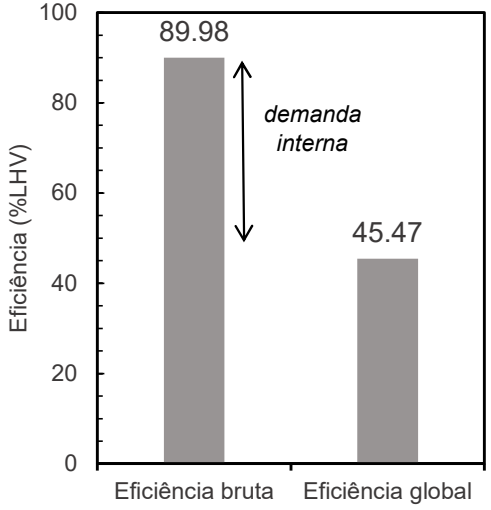
Marllon S. Conceição - Graduação
PRH 17/UFRJ

Oxicombustão sem Cogeração (SCOC-CC)

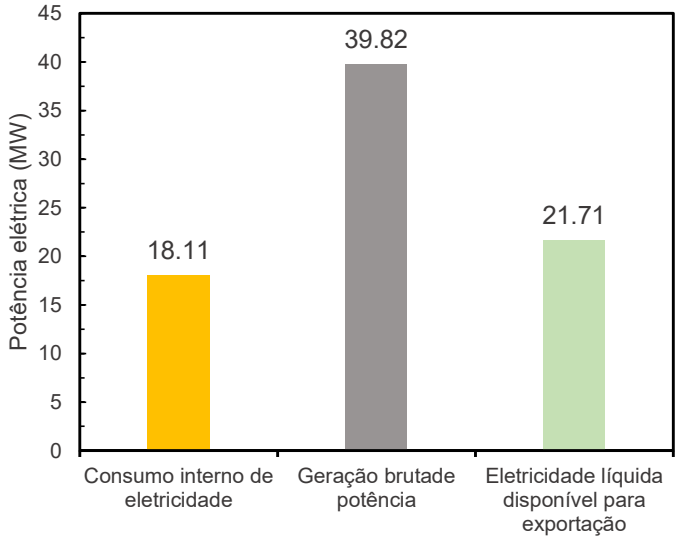
Penalidades Energéticas (% LHV)



Desempenho da Eficiência Energética (% LHV)



Balanço de Eletricidade (MW)

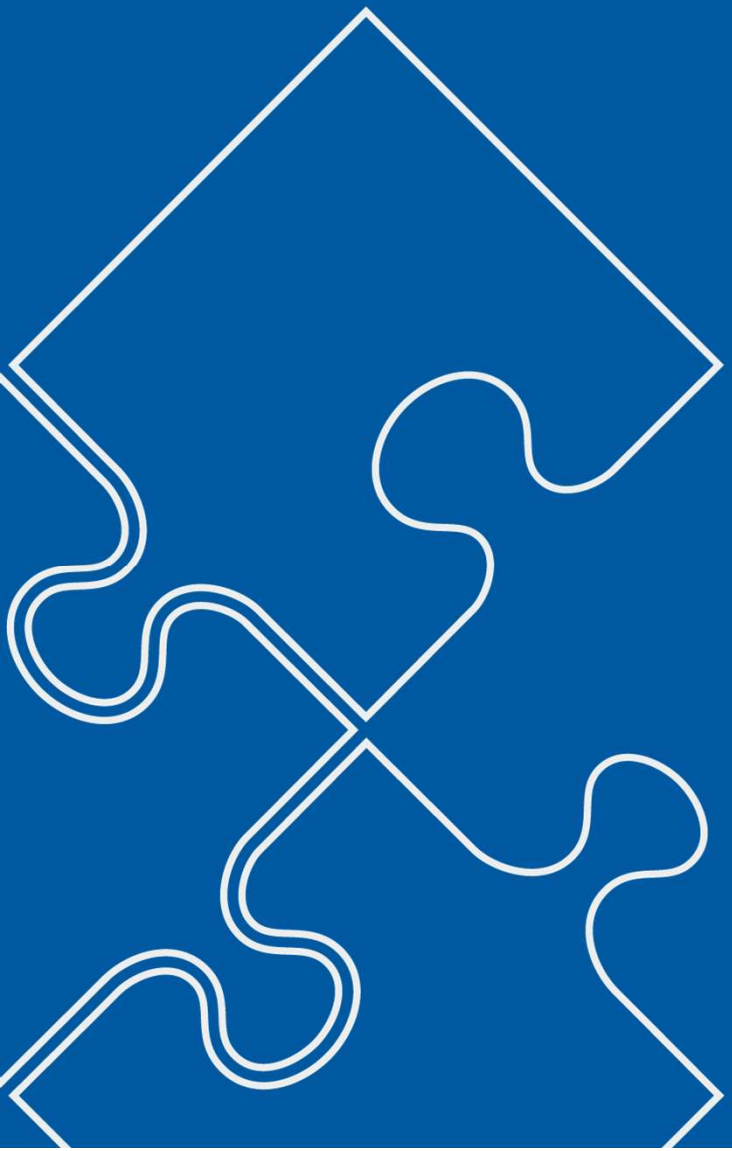


Processamento integrado de gás de aterro para a produção de biometano, eletricidade e calor em sistemas BECCS com captura de CO_2 via oxicombustão: avaliação técnica e econômica

Marllon S. Conceição - Graduação
PRH 17/UFRJ

Comparação dos Casos e Início da Avaliação Econômica

Processo Integrado com Ciclo de Potência	(A) CES	(B) SCOC-CC
Potência exportada (MW)	16,46	18,86
Eficiência líquida (%LHV)	34,81	38,79
Energia biogás (GJ/h)	159	159
CO_2 capturado do upgrading: vazão (t/h)	6.31	6,31
CO_2 capturado do upgrading: pureza (%mol)	98,72	98,72
CO_2 capturado da oxicombustão: vazão (t/h)	15,15	14,99
CO_2 capturado da oxicombustão: pureza (%mol)	89,28	86,99
CAPEX (MMUSD)	256,88	a determinar
OPEX (MMUSD/y)	61,25	a determinar

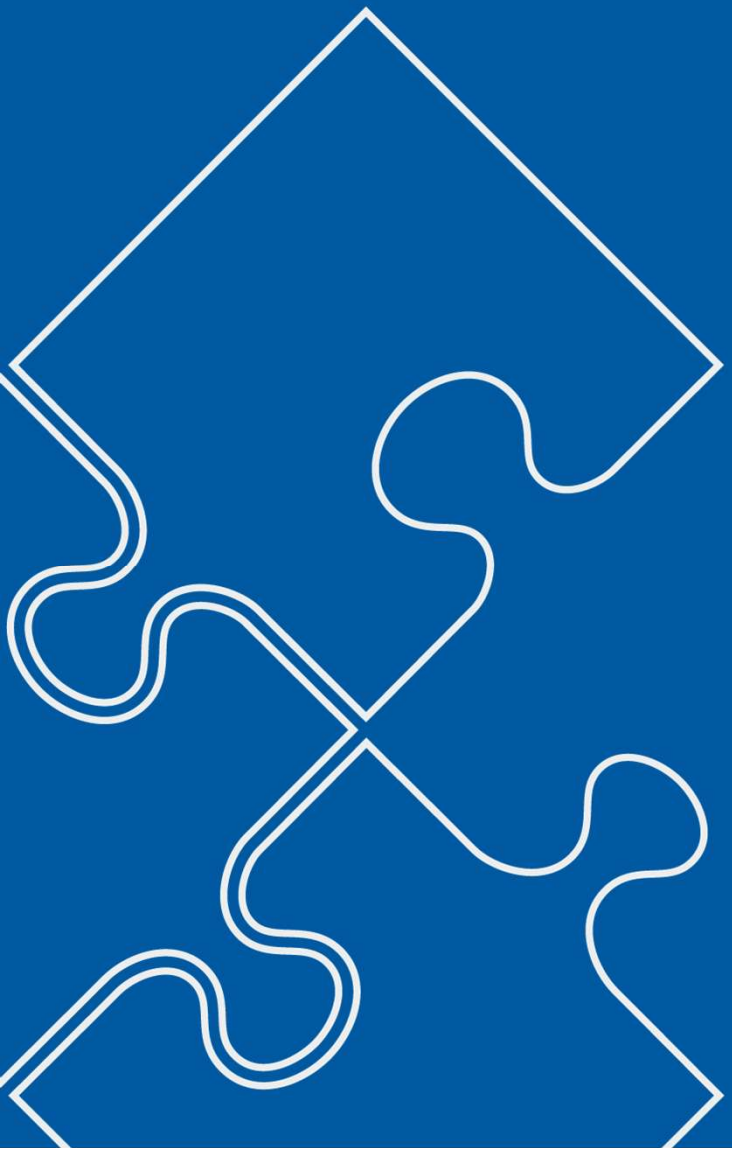


#5

Conclusão

Planta Integrada de Poligeração a partir de Gás de Aterro

- O processo integrado demonstrou potencial para a produção simultânea de biometano, eletricidade e calor, com captura de CO_2 biogênico em uma abordagem BECCS.
- A produção de biometano apresentou desempenho compatível com as especificações avaliadas, confirmando a efetividade das etapas de upgrading e desidratação.
- A recuperação de calor possibilitou a geração de vapor para suprir demandas térmicas internas, especialmente os refervedores, melhorando a integração energética da planta.
- A separação de ar e a compressão dos gases representaram as principais penalidades energéticas, indicando oportunidades importantes para otimização futura do processo.



#6

Próximos Passos

Planta Integrada de Poligeração a partir de Gás de Aterro

→ Realizar a avaliação econômica detalhada da planta integrada, considerando diferentes cenários de precificação de carbono.

Agradecimentos

Marllon S. Conceição

Dados para contato

Email: marllon.silva@eq.ufrj.br

Linkedin:

Agradecimentos



