UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

FLAVIO AUGUSTO HILGEMBERG

**TESTES PRELIMINARES DA OPERAÇÃO A FRIO DE UMA FORNALHA DE
LEITO FLUIDIZADO CIRCULANTE DE LABORATÓRIO**

PONTA GROSSA

2024

FLAVIO AUGUSTO HILGEMBERG

**TESTES PRELIMINARES DA OPERAÇÃO A FRIO DE UMA FORNALHA DE
LEITO FLUIDIZADO CIRCULANTE DE LABORATÓRIO**

**Preliminary tests of a lab-scale circulating fluidized bed furnace operated at
room conditions**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química da, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof. Dr. Jhon Jairo Ramirez Behainne.

PONTA GROSSA

2024

FLAVIO AUGUSTO HILGEMBERG

**TESTES PRELIMINARES DA OPERAÇÃO A FRIO DE UMA FORNALHA DE
LEITO FLUIDIZADO CIRCULANTE DE LABORATÓRIO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito parcial para a obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Química da,
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 31/Outubro/2024

Jhon Jairo Ramirez Behainne
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Maria Regina Parise
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Thiago Peixoto de Araújo
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

PONTA GROSSA

2024

RESUMO

HILGEMBERG, Flavio Augusto. **Testes Preliminares da operação a frio de uma fornalha de leito fluidizado circulante**. 2024. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2024.

Fornalhas de leito fluidizado circulante (LFC) são equipamentos industriais de ampla aplicação na geração de vapor para aquecimento de processos e/ou produção de potência mecânica e energia elétrica em ciclos de Rankine. Tendo em vista a importância deste tipo de fornalha em termos da sua alta eficiência na conversão do combustível e do menor impacto ambiental associado ao seu uso, o presente trabalho analisou os resultados obtidos a partir dos testes preliminares de fluidodinâmica a frio de uma fornalha de LFC construída em escala de laboratório. Com a realização dos testes procurou-se estabelecer o valor dos principais parâmetros operacionais do equipamento que seriam necessários para conseguir uma partida confiável no início da etapa de pré-aquecimento. Para isso, foram executados dezesseis testes experimentais em condição ambiente considerando a variação da velocidade de fluidização de 3,1 a 4,2 m/s, o inventário de sólidos de 1,2 a 1,6 kg, a vazão de aeração de 15 a 20 sL/min e a posição de aeração fornecida na válvula de recirculação dos sólidos, sendo estas, na base da *loop-seal* e no *standpipe*. Como parâmetros de interesse foram registrados o perfil de pressão estática do escoamento gás-sólido, a distribuição do inventário de partículas ao final dos testes e a queda de pressão no *riser* e na região conjunta do *standpipe* e válvula *loop-seal*. Os resultados mostraram que, com as condições experimentais impostas, os perfis de pressão, a distribuição do inventário de sólidos e as quedas de pressão não seguem muito bem a tendência esperada, o que foi verificado pelo confronto com estimativas de um modelo matemático da literatura. As inconsistências descritas nas estimativas do modelo em relação aos dados experimentais sugerem apontar problemas ainda por solucionar na operação da fornalha piloto de LFC. Suspeita-se do funcionamento ineficiente do tubo *standpipe*, que afetaria também a válvula *loop-seal* devido às altas amplitudes das flutuações de pressão e às descontinuidades do escoamento de sólidos observado em alguns testes. Tal comportamento pode ser indicativo da presença do fenômeno *slugging* ou fluidização pistonada no *standpipe*, promovida por uma falta de ajuste

entre velocidade de fluidização, inventário de sólidos e vazão de aeração na válvula *loop-seal*.

Palavras-chave: leito fluidizado circulante; fornalha piloto; aeração de *loop seal*; fluidodinâmica gás-sólido;

Autorizo a disponibilização do seguinte correio eletrônico para contato:

flaviohilgemberg@hotmail.com

ABSTRACT

HILGEMBERG, Flavio Augusto. **Preliminary tests of a lab-scale circulating fluidized bed furnace operated at room conditions**. 2024. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Química) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2024

Circulating fluidized bed (CFB) furnaces are industrial equipment widely used in the generation of steam for heating processes and/or production of mechanical power and electrical energy in Rankine cycles. Considering the importance of this type of furnace in terms of its high efficiency in fuel conversion and the lower environmental impact associated with its use, this paper analyzes the results obtained from preliminary cold fluid dynamics tests of a CFB furnace built on a laboratory scale. The tests sought to establish the values of the main operational parameters of the equipment that would be necessary to achieve a reliable start-up at the beginning of the preheating stage. For this purpose, sixteen experimental tests were performed under ambient conditions considering the fluidization velocity variation from 3.1 to 4.2 m/s, the solids inventory from 1.2 to 1.6 kg, the aeration flow rate from 15 to 20 sL/min and the aeration position provided in the solids recirculation valve, which are at the base of the loop-seal and in the standpipe. The parameters of interest were the static pressure profile of the gas-solid flow, the distribution of the particle inventory at the end of the tests and the pressure drop in the riser and in the joint region of the standpipe and loop-seal valve. The results showed that, with the imposed experimental conditions, the pressure profiles, the distribution of the solids inventory and the pressure drops do not follow the expected trend very well, which was verified by comparing them with estimates from a mathematical model in the literature. The inconsistencies described in the model estimates in relation to the experimental data suggest that there are still problems to be solved in the operation of the LFC pilot furnace. Inefficient operation of the standpipe is suspected, which would also affect the loop-seal valve due to the high amplitudes of pressure fluctuations and the discontinuities in the solids flow observed in some tests. This behavior may be indicative of the presence of the slugging phenomenon or piston fluidization in the standpipe, caused by a lack of adjustment between fluidization speed, solids inventory and aeration flow in the loop-seal valve.

Keywords: circulating fluidized bed; pilot furnace; loop-seal aeration; gas-solid hydrodynamics.