

5. COMENTÁRIOS FINAIS

Neste trabalho avaliou-se a eficiência de controlar da velocidade de deslocamento do PIG ao longo de tubulações através de uma válvula localizada no corpo do PIG, utilizando-se o método de controle PID. Considerou-se escoamentos de líquidos e de gases com alta compressibilidade, podendo ocorrer *choke*.

A metodologia proposta foi implementada no simulador termo-hidráulico PIGSIM. O controle foi realizado através da fração de abertura de um furo de *bypass* no interior do PIG. Dois tipos de comportamento da curva de abertura em função do coeficiente de vazão foram considerados: linear ou igual percentagem.

Diversos testes foram realizados, visando demonstrar a eficiência da metodologia para uma gama variada de situações.

Os primeiros testes foram escolhidos visando comparar com trabalhos disponíveis na literatura, utilizando tanto líquido com gás com topografia variada. Os primeiros testes foram realizados para líquido e comparados com os resultados do trabalho de Mirshamsi & Rafeeyan (2012) que utilizou água. Neste caso, os efeitos de compressibilidades não existem e o método PID apresentou excelente resultados, sendo inclusive ligeiramente mais eficiente que o método da referência. No segundo conjunto de testes, selecionou-se o trabalho de Nguyen et al (2001), com escoamento de gás natural. Este caso foi mais desafiador, em particular o caso 2.2 que trata-se do desprendimento do PIG preso na tubulação. A falta de dados dificultou a comparação, apesar disto observou-se a eficácia e eficiência da metodologia do controle PID para o *bypass* do PIG.

A seguir, selecionou-se escolhido um gasoduto real, que possui altas velocidades de escoamento e no qual um PIG instrumentado padrão e sem *bypass* não poderia ser utilizado em função de limitações do instrumento. Este teste foi selecionado para avaliar a viabilidade de utilização de um PIG com controle. Simulações preliminares sem controle foram realizadas, onde constatou-se que as

previsões do *software* coincidiram com o campo histórico de uma passagem de PIG (não instrumentado), indicando a excelente das previsões. Também foi observado que mesmo com um furo de *bypass* fixo com diâmetro máximo a velocidade atingia valores acima da velocidade recomendada para deslocamento do PIG instrumentado. Mostrou-se que ao se utilizar o controle da velocidade do PIG, com a válvula em seu corpo, foi possível manter a velocidade de deslocamento desejada, viabilizando o lançamento do PIG instrumentado. Em outras palavras, o método de passagem de PIG proposto em conjunto com a simulação hidráulica desta operação indicou a viabilidade de passagem de PIG instrumentado no gasoduto a uma velocidade adequada.

Por fim, foi realizada uma série de simulações para avaliar toda a funcionalidade do *software* e analisar a influência de diversos parâmetros importantes para a simulação. Avaliou-se uma situação em que ocorre *choke* durante parte do deslocamento do PIG, mostrando a versatilidade da metodologia e do *software* implementado. A seguir foram realizados testes de sensibilidade de parâmetros do PIG, como sua massa, força de atrito, fator de amortecimento, e coeficiente de vazão da válvula. Finalmente foram realizados testes para ilustrar a influência dos parâmetros do controlador PID.

Deste modo, apresentou-se a robustez do programa e a eficácia da simulação hidráulica para o planejamento da operação de passagem de PIG em dutos, além da eficiência do controlador PID nesta metodologia.

5.1 Conclusão

O controle da velocidade do PIG, através do controle da abertura do *bypass* utilizando PID, foi eficiente nos casos de comparação com a literatura.

Mostrou-se que a ferramenta permite avaliar a viabilidade de passagem de PIG instrumentado num gasoduto real, orientando na determinação dos parâmetros adequados para PIG e para o controle PID.

Foi apresentada a eficiência do controlador PID nesta metodologia, a robustez do programa e a eficácia da simulação hidráulica através de todas as simulações realizadas nesta dissertação.

A simulação de passagem de PIG em dutos é uma importante ferramenta para análise prévia da operação e planejamento de recursos. Através dela, é possível

analisar a viabilidade da operação, incluindo a necessidade de *bypass* e controle no PIG. Além disso, é possível obter estimativas dos parâmetros relacionados ao PIG e ao controle PID, simplificando a definição e ajustes no campo.

5.2 Recomendação de Trabalhos Futuros

Apesar da eficácia do controle PID na maioria dos casos estudados, verificou-se grande dependência dos parâmetros de controle PID no desempenho do método. Não se encontrou uma metodologia eficiente para a escolha dos parâmetros deste controlador, tendo sido empregado um processo empírico. Em função disto, recomenda-se estudar com maior profundidade métodos para ajustes dos parâmetros do PID e filtros de modo a minimizar os impactos gerados por grandes transientes.

Recomenda-se também investigar o desempenho de outros métodos de controle, em vez do método PID.

Além disso, observou-se que a influência da força de atrito entre o PIG e a tubulação é um fator fundamental na análise e que existem poucos dados reais sobre este tema. Recomenda-se implementar no modelo o cálculo da força de atrito e do amortecimento em função das características do PIG para auxiliar em análises futuras.