

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS SEM FIO PARA PIG DE LIMPEZA INSTRUMENTADO

Lucas de Souza Bacelar¹, Mariana Carmo de Souza¹, Geydison Gonzaga Demetino¹.

¹Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) Caixa Postal 44380-000 – Cruz das Almas – BA – Brasil

lucasbacelar11@gmail.com, csouzamariana@gmail.com,
gdemetino@ufrb.edu.br

Abstract. *The oil industry is constantly suffering from the obstruction in oil transport pipes due to deposited contamination. Preserving integrity is of utmost importance in order to maintain the flow of the transported fluid. One of the tools used are so-called PIGs, these devices travel through the inside of the tubing by scraping the dirt adhering to the wall. An increasing area is studies of dirt removal strength, since depending on the hardness of the dirt, the propulsion force of the PIG is not sufficient for its locomotion and it remains trapped in the pipe, which demands costs for its removal. This work aims at the development of a wireless data acquisition system, for a PIG instrumentation cleaning power withdrawal force. For this, an XBee wireless communication module and an Arduino platform were used. Tests were performed with the device developed using an instrumented cleaning PIG and washers to perform the calibration, resulting in a system ready to be used experimentally in studies of force PIGs.*

Resumo. A indústria petrolífera sofre constantemente com a obstrução em tubulações de transporte de petróleo devido a sujidades depositadas. Conservar a integridade é de extrema importância para que seja mantido o fluxo do fluido transportado. Uma das ferramentas utilizadas são os chamados PIGs, estes dispositivos trafegam pela parte interna da tubulação realizando a limpeza por raspagem da sujidade aderida a parede. Uma área crescente são estudos de força de remoção de sujidade, uma vez que a depender da dureza da sujidade, a força de propulsão do PIG não é suficiente para sua locomoção e o mesmo fica preso na tubulação, o que demanda custos para sua retirada. Esse trabalho tem como objetivo o *desenvolvimento* de um sistema de aquisição de dados sem fio, para um PIG de limpeza instrumentado medidor de força de remoção. Para isso, foram utilizados um módulo de comunicação sem fio *XBee* e uma plataforma *Arduino*. Testes foram realizados com o dispositivo desenvolvido utilizando um PIG de limpeza instrumentado e anilhas para realizar a calibração, resultando em um sistema pronto para ser utilizado experimentalmente em estudos de PIGs de força.

1. Introdução

Um dos grandes problemas enfrentados durante o transporte de petróleo é a deposição de parafinas ao longo da parede interna da tubulação, a depender da intensidade pode vir a causar total obstrução no fluxo (DEMETINO, 2018). Uma das soluções do problema é o uso de PIGs (*Pipeline Inspection Gauge*), que são ferramentas que trafegam pela tubulação devido a diferença de pressão sobre ele, realizando a raspagem da sujidade nas paredes internas da

tubulação. Segundo Curvelo (2016), existem vários tipos de PIGs, mas basicamente eles estão classificados como sendo de limpeza e instrumentado. A partir de sua utilização, pode-se prolongar a vida útil da tubulação sem a necessidade de uma parada total na produção.

Uma área crescente são estudos de força de remoção de sujidade, uma vez que a depender da sua dureza, a força de propulsão do PIG não é suficiente para sua locomoção e o mesmo fica preso na tubulação, o que demanda custos para sua retirada (WANG, 2005; WANG, 2015; MENDES, 1999).

Demetino (2018) desenvolve em seu trabalho um PIG de limpeza instrumentado capaz de medir força de remoção da deposição de parafina. Seu sistema de aquisição de dados utiliza cabos, o que torna o procedimento de medidas lento e trabalhoso. Dessa forma, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados sem fio para um PIG de limpeza instrumentado capaz de medir força de remoção.

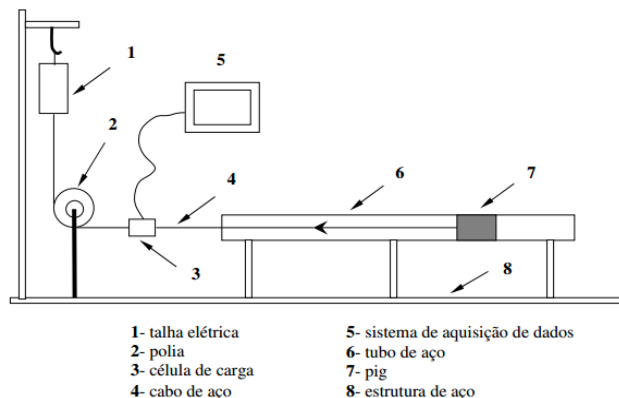
1.1. PIGs

Os PIGs são dispositivos utilizados, em grande parte, no transporte de petróleo com intuito de assegurar a desobstrução da tubulação através da raspagem da sujidade aderida a parede interna do duto. Outra aplicação onde os PIGs são usados é na área de inspeção da integridade da parede interna dos dutos. Segundo Curvelo (2016), a maior vantagem em sua utilização é a de permitir a detecção de avarias e limpeza da tubulação, sem haver a necessidade da remoção da tubulação, e, por sua vez, a parada da produção, o que gera menores custos operativos. Entretanto, caso o PIG seja usado em tubulações de grande diâmetro e/ou grande distância, geralmente, acarreta em um aumento de custo operacional (CORDELL e VANZART, 2003). A escolha do PIG depende da necessidade da aplicação e pode exercer funções como (TIRATSOO, 1992): Separação de produtos, limpeza de depósitos, medição de geometria interna, inspeção, revestimento, localização de obstruções entre outros.

1.2. Bancadas de Testes de PIGs

Atualmente, existem poucos reportes na literatura sobre bancadas de testes de força utilizando PIGs. Wang et al. (2005), apresentam um aparato experimental composto de um suporte de aço posicionado horizontalmente. Uma célula de carga é utilizada para medir força e foi conectada ao PIG por meio a um cabo de aço que, por sua vez, é utilizado para puxar o PIG. É utilizado um sistema de aquisição de dados para obter os valores de força. É possível visualizar a o sistema com seus componentes na figura 1.

Figura 1 - Aparato experimental adaptado de (WANG, 2005).



Fonte: (SOUZA, 2005).

Com intuito de medir a força necessária para a remoção de deposição de parafina, Demetino (2018) desenvolveu um PIG de limpeza instrumentado do tipo *mandrel* com discos e três células de cargas, para a medição da força de deslocamento e remoção de sujidade do PIG. Estas posicionadas na parte superior do disco entre dois discos de alumínio e distanciadas 120 graus uma da outra, com capacidade de até 50 kg cada. A Figura 2 mostra uma imagem do PIG desenvolvido.

Figura 2: PIG de limpeza instrumentado para medidas de força.

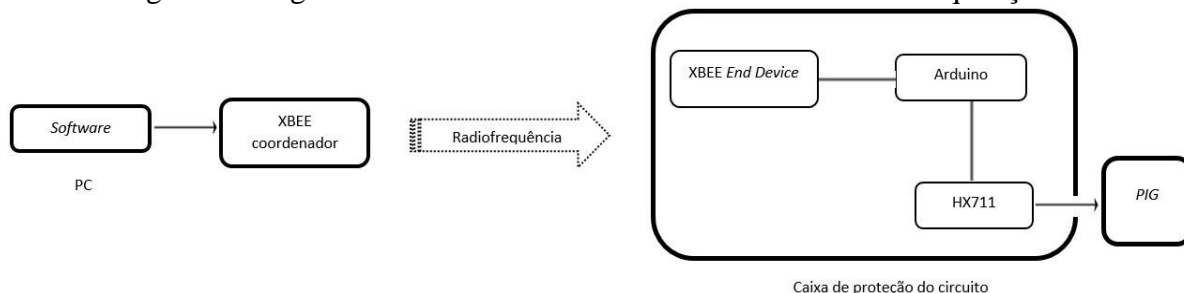


Fonte: (DEMETINO, 2018).

2. Materiais e métodos

O sistema de aquisição de dados desenvolvido, tem seu funcionamento como apresentado no diagrama de blocos abaixo mostrado na Figura 3, em que um software instalado em um computador (PC) solicita dados ao circuito de aquisição, o *XBee* coordenador converte os sinais digitais em sinais de radiofrequência, que por sua vez é recebido pelo *XBee endDevice*. Este converte os sinais de radiofrequência em sinais digitais e então processado pelo Arduino que, por sua vez, realiza a leitura dos valores de força da célula de carga. Estes dados então são enviados para o computador.

Figura 3: Diagrama de blocos do funcionamento do sistema de aquisição de dados.



Fonte: O Autor.

2.1. Desenvolvimento do circuito eletrônico

A parte eletrônica foi projetada contendo dois reguladores de tensão, um de 5 V para o microcontrolador Atmega e os Circuitos Integrados (CI) HX711, utilizados para o condicionamento de sinais das células de carga. E outro regulador de 3,3 V para o módulo *Xbee*. Primeiramente, houve a concepção do circuito com o auxílio do *software Eagle*[®], onde foi elaborado toda parte do diagrama eletrônico da placa microcontrolada.

Após ser definido toda parte estrutural da placa, utilizou-se a máquina CNC LPKF E33 para fresar e perfurar, neste caso foi utilizado uma placa de fenolite. Depois, soldou-se todos os componentes. Com a finalidade de proteger o circuito da sujidade do ambiente, este foi acomodado em uma caixa com dimensões 123 x 85 x 52 mm. Na caixa foram inseridos três conectores Mike de 4 vias equidistantes ao longo do comprimento da caixa, onde externamente serão conectadas as células de carga e internamente aos condicionadores de sinais HX711. Abaixo, na Figura 4, pode ser visualizado a distribuição dos componentes na caixa.

Figura 4 – Caixa com o sistema eletrônico desenvolvido.



Fonte: O Autor.

2.2. Comunicação Módulo XBEE

Com a finalidade de fazer a comunicação entre o dispositivo e o computador, foram utilizados dois módulos *XBee*; um como coordenador, inserido em uma placa FTDI que pode ser visualizada na Figura 5, e outro como terminal (*End device*), situado na placa. Para isso, foi utilizando o *software* XCTU da empresa Digi®, onde permite fazer a configuração de vários parâmetros, que vai da alteração do tipo de comunicação, alteração da taxa de transferência, alteração do canal de comunicação, até a aplicação de senhas.

Para a realização de testes neste trabalho foi utilizado o PIG instrumentado, já anteriormente descrito, desenvolvido por Demetino (2018).

Figura 5 – Módulo *XBee* coordenador.



Fonte: O Autor.

3. Resultados e discussão

Para validar a comunicação do dispositivo desenvolvido, foram feitas calibrações das células de carga, conforme mostra Figura 6, utilizando 3 anilhas de aço de massas padrão, correspondendo a 2, 5 e 10 kg, as massas reais são mostradas na Tabela 1. Elas foram posicionadas na parte superior do PIG sobre a placa de alumínio que fica em contato com as 3 células de carga.

Figura 6 – Dispositivo conectado ao PIG.



Fonte: O Autor.

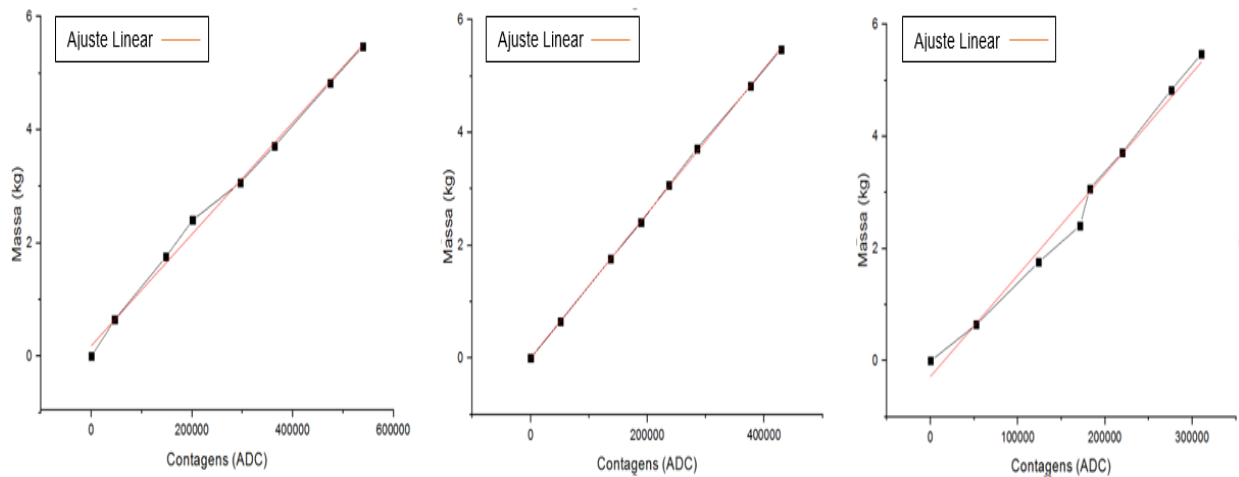
Tabela 1 – Resultados obtidos durante o teste com o PIG.

Massa Padrão (kg)	Massa Real (kg)	HX711 (1)	HX711 (2)	HX711 (3)
0	0,000	19	73	75
2	1,938	46.306	50.889	52.666
5	5,280	148.150	136.897	123.822
7	7,218	201.089	189.170	171.214
10	9,215	295.911	236.675	182.565
12	11,153	363.832	285.031	219.879
15	14,495	474.131	377.212	276.050
17	16,433	539.689	428.992	310.751

Fonte: O Autor.

No total, foram recolhidos dados referentes a 8 pesagens, combinando os valores diferentes das anilhas. A cada pesagem no PIG, os dados referentes a ‘contagem’ obtidos pelo conversor Analógico-Digital (ADC) do HX711, eram solicitados no IDE do Arduino. Tais valores são visualizados na Tabela 1. Utilizando os dados obtidos pelo sistema foram geradas as curvas de calibração, conforme Figura 7, que foram usadas para obtenção das equações que relacionam as contagens do ADC com as medidas de força de remoção em Newton (N).

Figura 7 – Curvas da massa em função dos HX711 1, 2 e 3 respectivamente.



Fonte: O Autor.

4. Conclusão

Esse trabalho teve como objetivo a construção de um dispositivo de aquisição de dados sem fio para PIGs de limpeza instrumentados, para alcançar isso foi desenvolvido o sistema de aquisição de dados, que incluem o módulo *XBee* e a plataforma Arduino.

A realização de testes, com o dispositivo já construído, utilizando um PIG de limpeza instrumentado e anilhas para realizar a calibração, a fim de validar o dispositivo obtiveram resultados satisfatórios. Visto que o comportamento do circuito desenvolvido foi dentro do esperado, tanto na parte de aquisição de dados, conversão, transmissão e recebimento pelo *firmware* desenvolvido, onde pode mostrar resultados coerentes durante a calibração das células de carga. A próxima etapa do trabalho é utilizar o PIG e o sistema de aquisição de dados desenvolvido, em uma tubulação com sujidade, disponível no Laboratório de Propriedades Óticas da Universidade Federal da Bahia, e analisar os dados obtidos.

REFERÊNCIAS

CORDELL, J.; VANZART, H. **The Pipeline Pigging Handbook**. 3^a. ed. [S.l.]: Houston: Clarion Technical Publishers And Scientific Surveys Ltd, 2003.

CURVELO, E. V. **Estudo Para Projeto De Módulo Discriminador De Um Pig Mfl**, Rio de Janeiro, Abril 2016. 56.

DEMETINO, G. G. **Novo aparato para produção de deposição de parafina em dutos de petróleo para testes de PIG**. Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 189. 2018.

SOUZA, R. D. O. **Avaliação de Modelos para a Remoção de Depósitos de Parafina em Dutos Utilizando Pigs**. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 129. 2005.

TIRATSOO, J. N. H. **Pipeline Pigging Technology**. 2nd Edition. ed. [S.l.]: Originally published by Gulf Publishing Company, 1992.

WANG, Q. . S. C. . C. **An Experimental Study on Mechanics of Wax Removal in Pipeline**, v. 127, p. 302, December 2005.