

## Sistema de transmissão de dados de sensores ópticos

### Data Transmission System For Optical Sensors

#### RESUMO

**Mathias Rodrigues da Luz**  
[mathias\\_luz@outlook.com](mailto:mathias_luz@outlook.com)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Ponta Grossa, Paraná,  
Brasil

**Felipe Mezzadri**  
[felipemezzadri@utfpr.edu.br](mailto:felipemezzadri@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal  
do Paraná, Ponta Grossa, Paraná,  
Brasil

Esse artigo apresenta um estudo da viabilidade da utilização da transmissão de dados através da rede elétrica nos sistemas de monitoramento contínuo de poços de petróleo subaquáticos, que utilizam cabos de fibra ótica como elementos sensores. Por meio de ensaios com microcomputadores executando a ferramenta JPerf, foram analisados a influência do comprimento do cabo de energia utilizado como meio de transmissão, a influência do protocolo utilizado para o transporte dos dados e também o desempenho de dois padrões de modems de banda larga através de linhas de energia, AV1 e AV2. Os ensaios apresentaram resultados promissores, com altas taxas de transmissão e estabilidade, indicando a possibilidade de utilização da comunicação via linhas de energia como sistema de transmissão para dados de sensores óticos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Monitoramento. Poços de petróleo. Comunicação via linhas de energia.

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



#### ABSTRACT

This paper presents a feasibility study of the use of power line communication in continuous monitoring systems of underwater oil wells that use optic fiber cables as sensor elements. Through tests with microcomputers running the software JPerf, the influence of the length of the power cable used as transmission line were analyzed as well as the transport protocol utilized and also the performance of two standards of broadband over power line modems, AV1 and AV2. The tests showed promising results, with high transmission rates and stability, indicating the possibility of using power line communication as a transmission system for optical sensor data.

**KEYWORDS:** Monitoring. Oil wells. Power line communication.

## INTRODUÇÃO

O setor de extração de petróleo pode ser dividido em duas modalidades de atividades: na terra (*onshore*) e no mar (*offshore*). Ambas necessitam de monitoramento de suas condições para garantir segurança e evitar problemas ambientais, como vazamentos de petróleo ou gás para o ambiente (BERGE, 2017). Berge (2017) apresenta algumas formas de monitoramento da integridade dos poços, incluindo técnicas de monitoramento contínuo, como: sensores acústicos; sensores de pressão e; sensores de temperatura dentro dos poços; além de sensores ópticos; químicos e; biológicos fora dos poços para a vigilância de vazamentos subaquáticos.

O monitoramento dos poços é necessário para acompanhar sua integridade de forma a prevenir rupturas que podem levar a vazamentos de petróleo e gás. Para isso, informações como pressão e temperatura devem ser monitoradas dentro dos poços de forma contínua (BERGE, 2017). As consequências de vazamentos de petróleo para o ambiente incluem prejuízos à vida marinha e animal, além da liberação de gases de efeito estufa que podem vir a causar impactos climáticos (BERGE, 2017). No caso de vazamentos de gás podem ocorrer explosões (BERGE, 2017).

Existem normas e padrões relacionados ao setor petrolífero com o objetivo de regular as atividades de exploração e produção de petróleo e gás natural, incluindo a construção de plataformas e poços subaquáticos (BERGE, 2017). No Brasil, a lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997 (LEI Nº 9.478, 1997), instituiu a criação do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), responsáveis por, entre outras atividades, fiscalizar os processos de extração de petróleo visando a preservação do meio ambiente e a segurança industrial e da população.

Tendo em vista a necessidade de monitoramento das condições dos poços de petróleo subaquáticos da Petrobras e considerando a existência de cabos de fibra óptica instalados como elementos sensores nos poços para a utilização como Sensores Distribuídos de Temperatura (DTS – *Distributed Temperature Sensor*) e Sensores Acústicos Distribuídos (DAS – *Distributed Acoustic Sensor*) que geram alta quantidade de dados com informações da integridade dos poços, como apresenta Berge (2017), é necessária a definição de um meio de transmissão dos dados obtidos por estes sensores para as plataformas petrolíferas. Este meio de transmissão precisa apresentar uma alta taxa de transferência, na ordem de 10MBps (Megabytes por segundo), de modo a ser capaz de transmitir, em pouco tempo, a grande quantidade de dados provenientes dos sensores, para que assim o monitoramento seja contínuo e em tempo real (BERGE, 2017).

As instalações subaquáticas apresentam algumas limitações quanto aos sistemas de alimentação elétrica e comunicação, tornando difícil a adição de cabos específicos para a transmissão dos dados de monitoramento das condições (WEBER, 2018).

A Petrobras (2015) define um conjunto de válvulas operadas remotamente que controlam o fluxo dos fluidos produzidos ou injetados no poço, como “Árvore de Natal”. Nesse trabalho, pressupõe-se que é possível transmitir os dados dos sensores ópticos de monitoramento dos poços por meio do cabo de

alimentação da Árvore de Natal, utilizando tecnologias de transmissão de dados via linhas de energia. A tecnologia de comunicação via linhas de energia (PLC – *Power Line Communication*) permite a transmissão de dados por meio da fiação elétrica previamente instalada (HELD, 2006), de forma que não seria necessária a instalação de novas fiações aquáticas.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desse trabalho foram realizados ensaios com os objetivos de comparar os padrões de *modems* PLC (AV1 e AV2) e definir o protocolo de transporte do modelo OSI mais adequado para a transmissão dos dados dos sensores ópticos.

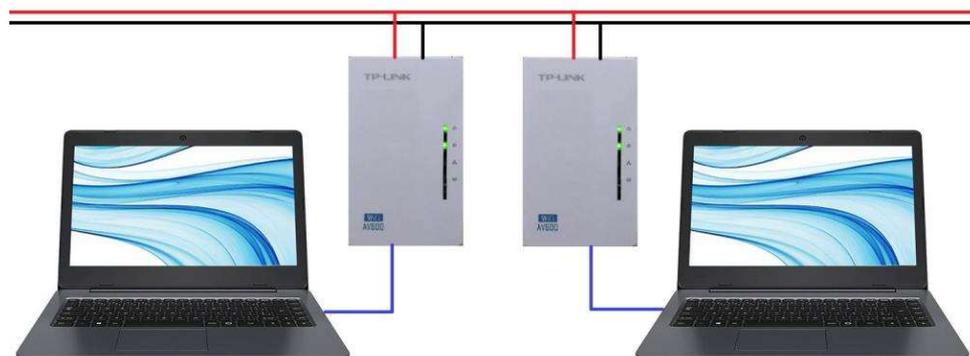
A camada de transporte do modelo OSI possui dois protocolos com características distintas, o TCP (*Transmission Control Protocol* – Protocolo de Controle de Transmissão) e o UDP (*User Datagram Protocol* – Protocolo de Datagrama de Usuário).

O protocolo TCP, possui um sistema de controle da transmissão que garante que os dados enviados pela origem chegarão ao destino, na mesma ordem que foram enviados, sem erros, perdas e duplicações. Após a transmissão de cada mensagem, a origem aguarda uma confirmação do destino. Caso esta confirmação demore a ser recebida, o protocolo TCP considera que houve perda do pacote e o mesmo é retransmitido (PARK, 2010).

No protocolo UDP os pacotes são enviados apenas uma vez. Por não possuir tantas informações de controle, os pacotes do protocolo UDP são menores, fazendo com que a transmissão seja mais rápida. Outros fatores que contribuem para o aumento da velocidade em relação ao protocolo TCP são: o protocolo UDP não aguarda o recebimento da confirmação de entrega dos dados e; não possui retransmissão em caso de perda de informação (BETHEL, 2003).

A configuração dos ensaios consistiu na ligação de dois microcomputadores a *modems* PLC por meio de cabos de rede e os modems ligados à rede elétrica como mostra a Figura 1.

Figura 1 – Configuração utilizada nos ensaios



Fonte: Autoria própria (2019).

Foram realizados ensaios utilizando um par de *modems* no padrão AV1 (Figura 2a) e com padrão AV2 (Figura 2b), com o objetivo de avaliar as taxas de

transferências obtidas com cada padrão variando o protocolo de transporte (UDP e TCP) utilizado em cada ensaio. Para avaliar os impactos do comprimento do cabo de energia ligado entre os dois *modems* sobre as velocidades de transmissão, foram realizados ensaios com o par de *modems* conectado no mesmo ponto de tomada, de modo que não houvesse fiação elétrica entre eles e tivesse mínima influência nos resultados e em seguida foram realizados ensaios com cada *modem* conectado na extremidade de uma extensão de 25 metros.

Figura 2 – Pares de *modems HomePlug* utilizados, a) TL-WPA4220 – Kit AV600 – padrão AV1 e b) TL-PA7020 – Kit AV1000 – padrão AV2



Fonte: Autoria própria (2019).

Para a realização dos ensaios foi utilizada a ferramenta JPerf, que é uma aplicação com interface gráfica baseada na linguagem Java, utilizada para medir o desempenho de uma rede (MAZALAN, 2013).

Foram realizados ensaios com o auxílio de dois microcomputadores, como apresentado na Figura 1, em que um foi utilizado como cliente e outro como servidor no programa JPerf.

No computador cliente o modo de operação foi selecionado como *client* e em seguida inseriu-se o endereço IP (*Internet Protocol* - Protocolo de Internet) do servidor. Nas opções da camada de aplicação foi utilizada a opção de transmissão de um número fixo de bytes correspondente a 1GB (um Gigabyte), foi selecionado a exibição de valores em Megabytes a cada um segundo de modo a estimar a taxa de transmissão em cada caso na unidade de MBps. A configuração do cliente encerra com a seleção do protocolo da camada de transporte utilizado, TCP ou UDP.

A configuração do computador operando em modo servidor consistiu em selecionar a opção *server* no modo de operação. Foi selecionado o formato de saída em Megabytes a cada 1 segundo e o protocolo de transporte, assim como no cliente. As principais diferenças nas configurações do computador servidor foram: não foi necessário digitar o endereço IP do cliente, visto que o servidor aguarda requisições de computadores clientes e; não foi necessário especificar a quantidade de dados transmitidos, visto que este tipo de comunicação é semelhante a um *upload* (envio de dados), em que o cliente envia dados para o servidor.

O botão “Run IPerf!” no canto superior direito foi pressionado no servidor e este ficou aguardando requisições de computadores clientes. A comunicação iniciou quando o mesmo botão foi pressionado no cliente, mostrando nos gráficos a velocidade da transmissão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos resultados obtidos nos ensaios foi possível definir o padrão *HomePlug* e qual o protocolo de transporte mais adequado para a transmissão dos dados dos sensores ópticos dos poços de petróleo.

A Tabela 1 mostra as velocidades médias obtidas nos ensaios de cada configuração.

Tabela 1 – Taxas de transmissão médias

| Protocolo / Distância | Padrão AV1 | Padrão AV2 |
|-----------------------|------------|------------|
| TCP / 0 metros        | 9,20 MBps  | 41,65 MBps |
| TCP / 25 metros       | 9,10 MBps  | 40,48 MBps |
| UDP / 0 metros        | 10,70 MBps | 42,20 MBps |
| UDP / 25 metros       | 10,70 MBps | 42,10 MBps |

Fonte: Aatoria própria (2019).

Nos ensaios com AV1 utilizando o protocolo de transporte TCP, não houve diferenças significativas de velocidade de transmissão com a variação do comprimento do cabo entre os modems (no mesmo ponto de tomada e com a extensão de 25 metros). A velocidade média ficou em torno de 9,15 MBps, sendo assim a transferência de 1 Gygabyte levou aproximadamente 110 segundos. A utilização do protocolo UDP resultou em uma transmissão mais rápida, em cerca de 95 segundos. A velocidade média nesse caso foi de 10,7 MBps e também não apresentou diferenças com a variação de comprimento.

Já nos ensaios com o padrão AV2 as velocidades obtidas foram superiores, aproximadamente quatro vezes acima das velocidades obtidas com o AV1. Utilizando o protocolo TCP, com os plugues no mesmo ponto de tomada, houve variações consideráveis nos tempos de transmissão e por isso foram realizados quatro ensaios sem variar nenhum parâmetro. O tempo mínimo obtido foi de 22,2 segundos e o máximo foi de 27,1 segundos. A velocidade média com essa configuração foi de 41,65 MBps. Com a utilização da extensão de 25 metros também foi notado essa variação nas taxas de transmissão e o valor médio dos resultados foi de 40,48 MBps. Pode-se afirmar que o condutor nesse comprimento não tem influência relevante, nesse caso. Utilizando o protocolo de transporte UDP, não houve diferenças de velocidade com a variação do comprimento do cabo e a média obtida foi de 42,15 MBps, transmitindo a informação (1GB) em aproximadamente 24 segundos.

Os ensaios com UDP apresentavam a quantidade de datagramas perdidos e a porcentagem relativa ao total de datagramas enviados, mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 – Porcentagem de datagramas perdidos

| Padrão <i>HomePlug</i> | 0 metros | 25 metros |
|------------------------|----------|-----------|
| AV1                    | 0,15%    | 0,25%     |
| AV2                    | 0,41%    | 0,34%     |

Fonte: Aatoria própria (2019).

Apesar de o protocolo UDP apresentar perdas de pacotes, reduzindo sua confiabilidade, sua velocidade faz com que esse protocolo tenha maior potencial na escolha para a aplicação em poços de petróleo. Por meio dos resultados

obtidos, o padrão que melhor se adequou foi o AV2 com a transmissão por protocolo UDP, pois essa configuração apresentou a maior taxa de transmissão, na ordem de 42 MBps, com estabilidade nos valores.

## CONCLUSÃO

Neste trabalho foi estudada a tecnologia PLC visando sua utilização para a transferência de dados de sensores ópticos instalados em poços de petróleo subaquáticos e esta apresentou resultados positivos com velocidades de transmissão e estabilidade dentro da faixa desejada. Para trabalhos futuros pode-se considerar ensaios com alteração de bitolas e comprimento dos cabos, transmissão via aterramento, separação entre circuitos de dados e alimentação.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, à UTFPR pela oportunidade, o espaço cedido e pela bolsa de iniciação, ao professor Dr. Felipe Mezzadri pela orientação e confiança, aos meus familiares pelo apoio e a todos que ajudaram na realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- BERGE, U. M. Integrity Monitoring Methods for Producing and Plugged Wells. 2017. 77 f. Master thesis – Master Of Science In Petroleum Engineering - Drilling Engineering, University Of Stavanger, Norway, 2017.
- LEI Nº 9.478, DE 6 DE AGOSTO DE 1997.
- WEBER, G, H. Characterization Of Transmission Lines Based On Frequency-Domain And Time-Domain Measurement Techniques. 2018. 86 f. Master thesis - Graduate Program In Electrical And Computer Engineering, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.
- PETROBRAS. Conheça curiosidades sobre equipamentos de nossos sistemas submarinos. 2015. Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/fatos-e-dados/conheca-curiosidades-sobre-equipamentos-de-nossos-sistemas-submarinos.htm>. Acesso em: 8 jun. 2019.
- HELD, G. Understanding Broadband over Power Lines. In: HELD, Gilbert. Understanding Broadband over Power Line. New York: Auerbach Publications, 2006. p. 1-5.
- PARK M.; CHUNG S. Distinguishing the cause of tcp retransmission timeouts in multi-hop wireless networks. IEEE 12th International Conference on High Performance Computing and Communications (HPCC), Sep. 2010, pp. 329–336.
- BETHEL E. W.; SHALF J. Grid-distributed visualizations using connectionless protocols. In IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 23, no. 2, pp. 51–59, March 2003.
- MAZALAN, L.; HAMDAN S. S. S.; MASUDI N.; HASHIM H.; RAHMAN R. A.; TAHIR N. M.; ZAINI N. M.; ROSLI R.; OMAR H. A. Throughput analysis of LAN and WAN network based on socket buffer length using JPerf. in 2013 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering, 2013, pp. 621–625.