



**PIBIC/PIBITI/ICJr**  
**Relatório das Atividades de Pesquisa**  
**27ª SEMIC - 2018**



**ATIVIDADES EXECUTADAS PELO BOLSISTA/VOLUNTÁRIO**

**DADOS DE IDENTIFICAÇÃO:**

---

**Do bolsista:**

Nome: Ian Henriques de Andrade

Curso: Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas Eletrônicos

Tempo de permanência do aluno na bolsa: de **01/09/2016** a **01/05/2018**

Tipo de bolsa: PIBIC CNPq

**Do orientador:**

Nome: José Paulo Vilela Soares da Cunha

Unidade Acadêmica: Faculdade de Engenharia (FEN/UERJ)

**Do Projeto aprovado para bolsa(s) PIBIC:**

Título do Projeto: Controle de Sistemas Incertos e Sistemas Navais

Financiamento do Projeto: CNPq/FAPERJ

**RELATÓRIO:**

---

**I - Título do Trabalho do Bolsista:**

Estabilidade de Sistemas de Controle sujeitos a atrasos estocásticos gerados por redes sem fio

**II - Principais objetivos do projeto original:**

Aplicar redes de comunicação sem fios em redes de sensores e sistemas de controle. Tem-se em vista a teleoperação, o controle automático de embarcações não tripuladas e o teste de técnicas de controle de sistemas com atraso.

**III - Principais etapas executadas no período da bolsa visando ao alcance dos objetivos:**

Foi realizado o estudo de redes sem fios e posteriormente o levantamento de dados estatísticos sobre a distribuição do atraso e perdas de pacotes das redes “Wi-Fi” e “Zigbee”. Após isso, esses dados foram utilizados para analisar a estabilidade de sistemas de controle sujeitos a atrasos estocásticos gerados por essas redes sem fio.

**IV - Apresentação e discussão sucinta dos principais resultados obtidos:**

Foi realizado o estudo e a medição dos atrasos em redes sem fio *ZigBee* e *Wi-Fi* utilizando microcontroladores Arduino. Isso possibilitou conhecer quantitativamente as características de cada tipo de comunicação sem fio testada, o que será considerado para o desenvolvimento do controle de embarcações que estão em desenvolvimento no Laboratório de Controle e Automação (LCA) da UERJ.

Após a análise estatística dos dados coletados, é possível inferir que cada configuração tem seus prós e contras que são descritos a seguir:

1. A rede *ZigBee* pode ser utilizada principalmente para finalidades em que não se admite perdas de pacotes e seja necessária uma comunicação com atrasos de comunicação menos variáveis, porém que



**PIBIC/PIBITI/ICJr**  
**Relatório das Atividades de Pesquisa**  
**27ª SEMIC - 2018**



não necessite de uma taxa de comunicação muito grande, pois, como mencionado anteriormente, essa taxa será limitada pela porta USB do microcomputador.

2. A rede *Wi-Fi* utilizando UDP é recomendada quando forem toleradas perdas de pacotes e seja necessária uma alta taxa de comunicação.
3. A rede *Wi-Fi* utilizando TCP pode ser utilizada em aplicações que não admitam perdas de pacotes e que tolerem atrasos como, por exemplo, a monitoração de sensores.

Após isso foi realizado o estudo de sistemas com sinais de controle transmitidos por redes sem fio com atrasos estocásticos. Foi desenvolvida uma técnica de análise desses sistemas, que consegue provar a estabilidade de um sistema de controle. Para isso, aplicou-se uma abordagem baseada na esperança da norma de uma matriz de transição de estado, que é dependente da distribuição estocástica do atraso. Toda a base teórica desenvolvida foi consolidada por simulações realistas desses sistemas utilizando as distribuições de atrasos coletadas na primeira etapa da iniciação científica. Esta é uma diferença significativa em relação a outros trabalhos que apresentam resultados conservadores ou em condições pouco realistas, tais como atrasos constantes ou com distribuição gaussiana.

**V - Relacione os principais fatores negativos e positivos que interferiram na execução do projeto.**

**A. FATORES POSITIVOS:**

Todos os componentes eletrônicos e instrumentação requeridos para a realização dos testes estavam disponíveis no laboratório, incluindo o Arduino, os módulos de comunicação sem fio e o microcomputador onde eram realizadas as configurações necessárias. Além disso, a disponibilidade do LCA também facilitou o desenvolvimento do trabalho.

**B. FATORES NEGATIVOS:**

Nenhum.

**VI - Informe se houve produção científica no período:**

Trabalhos publicados e/ou aceitos para publicação:

Apresentações em Congressos: Artigo aceito para apresentação no Congresso Brasileiro de Automática de 2018, a ser realizado nos dias 09 a 12 de setembro de 2018. O título do artigo é “Estabilidade de Sistemas com realimentação de estado com atraso estocástico em redes sem fio”.

Além disso, os resultados completos do estudo feito sobre redes sem fio estão descritos nos relatórios (ANDRADE, 2017a) e (ANDRADE, 2017b).

Além disso, o uso e a configuração da rede *Wi-Fi* UDP para aumentar a taxa de comunicação foram aproveitados no artigo de congresso (ROSARIO e CUNHA, 2017) para melhorar o desempenho de controladores para uma pequena embarcação.



**PIBIC/PIBITI/ICJr**  
**Relatório das Atividades de Pesquisa**  
**27ª SEMIC - 2018**



**VII - Informe se houve atividades desenvolvidas em outras IES (Instituição de Ensino Superior):**

Não.

**VIII - Autoavaliação do bolsista:**

Todo trabalho desenvolvido na Iniciação Científica foi extremamente interessante e de grande contribuição para a minha formação como engenheiro. Os resultados obtidos foram satisfatórios e o artigo aceito no CBA 2018 foi a consolidação de todo conhecimento desenvolvido nesses quase 2 anos de I.C.. Além disso, o conhecimento adquirido na I.C. facilitou o entendimento de diversas disciplinas do curso de graduação de Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Controle.

**IX - Avaliação do bolsista pelo orientador:**

O trabalho do bolsista permitiu aprender sobre a configuração e as características de redes de comunicação sem fios tendo-se em vista a sua aplicação em sistemas de controle. Isto serviu de suporte à realização de outros trabalhos, por exemplo (ROSARIO e CUNHA, 2017).

Além disso, os resultados obtidos experimentalmente sobre a medição de atrasos em redes sem fios e sua distribuição estocástica foram úteis para analisar a estabilidade de sistemas de controle com realimentação de estado em que os sinais dos sensores são transmitidos por meio de redes de comunicação.

Destaca-se que esses resultados serão apresentados no XXII Congresso Brasileiro de Automática (ANDRADE e CUNHA, 2018) a ser realizado em João Pessoa nos dias 9 e 12 de setembro de 2018. O desempenho do bolsista foi excelente.

*Rio de Janeiro, 10 de Agosto de 2018.*

*Bolsista: Ian Henriques de Andrade*

*Orientador: José Paulo Vilela Soares da Cunha*

**Referências**

ANDRADE, I. H. (2017a) Rede *ZigBee* e suas Limitações. Relatório de Iniciação Científica, UERJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.lcc.uerj.br/~jpaulo/PG/2017/Relatorio-IC-2016-2017-ZigBee.pdf>.

ANDRADE, I. H. (2017b) Medições de Atrasos em Redes *Wi-Fi* e *ZigBee*. Relatório de Iniciação Científica, UERJ, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.lcc.uerj.br/~jpaulo/PG/2017/Relatorio-IC-2016-2017-ZigBee+Wi-Fi.pdf>.

ROSARIO, R. V. C. e CUNHA, J. P. V. S. (2017), "Experimental variable structure trajectory tracking control of a surface vessel with a motion capture system." *In: Proc. of the 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON)*, Beijing, China. (aceito para apresentação).

ANDRADE, I. H. e CUNHA, J. P. V. S. (2018), Estabilidade de sistemas com realimentação de estado com atraso estocástico em redes sem fios, XXII Congresso Brasileiro de Automática, João Pessoa – Paraíba, Brasil. (aceito para apresentação)