

## INSTRUMENTAÇÃO DE CÉLULAS DE CARGA PARA UMA PLATAFORMA DE ENSAIO

Rodrigo L. Junges <sup>a\*</sup>, Rafael Dumcke <sup>b</sup>, Manuel Martín Pérez Reibold <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Aluno de Graduação em Engenharia Elétrica, UNIJUÍ, Santa Rosa, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>b</sup> Aluno de Graduação em Engenharia Elétrica, UNIJUÍ, Santa Rosa, Rio Grande do Sul, Brasil.

<sup>c</sup> Professor, Doutor e Orientador, UNIJUÍ, Ijuí, Rio Grande do Sul, Brasil.

e-mails: [rodrigoluisjunges@gmail.com](mailto:rodrigoluisjunges@gmail.com), [rdumcke@gmail.com](mailto:rdumcke@gmail.com), [manolo.reibold@gmail.com](mailto:manolo.reibold@gmail.com)

### 1. Resumo

O objetivo do estudo instrumentar células de carga de uma plataforma de medição com o uso de amplificador operacional de instrumentação. A finalidade da plataforma é de obter parâmetros de empuxo e torque do conjunto eletromecânico de multirotores. No decorrer do estudo foi possível analisar o desempenho do conjunto no osciloscópio ao aplicar esforços sobre as células de carga. A partir do circuito de instrumentação desenvolvido é possível realizar a aquisição do sinal em um conversor analógico-digital de um microcontrolador.

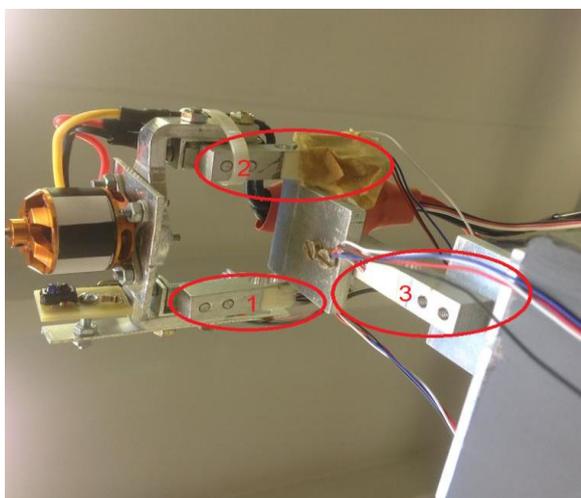
*Palabras Clave – Aquisição de Dados, Balança, Ponte de Wheatstone.*

### 2. Introdução

O estudo foi direcionado para fazer a instrumentação e aquisição do sinal de células e carga. A célula de carga faz parte de uma plataforma de experimento para a modelagem matemática de um conjunto motor hélice de aeronaves multirotor. O objetivo da plataforma é fazer a leitura dos parâmetros de força, torque e empuxo provocados pelos propulsores eletromecânicos. O desenvolvimento de um modelo matemático que descreva o comportamento dinâmico de um equipamento necessita que existam sensores acoplados a uma plataforma que façam a aquisição dos dados. Assim pode ser feito um modelo computacional de um propulsor eletromecânico. A hélice tem a função de provocar um deslocamento horizontal de uma massa de ar, ocasionando o empuxo.

O torque é a força provocada pelo motor a hélice no fornecimento de rotação. No referido estudo foi desenvolvido um circuito para aquisição dos parâmetros de esforços submetidos a célula de carga. Para o torque foram utilizadas duas células de carga, na figura 1, células 1 e 2, posicionadas paralelamente na horizontal. Estas células operam em conjunto, somando-se os esforços aplicados. Na aquisição dos dados referentes ao empuxo é usado uma célula de carga posicionada na vertical, figura 1, célula 3.

\*Autor en correspondencia.



**Figura 1. Plataforma experimental**

Para fazer a aquisição do sinal de cada célula de carga foi necessário condicionar o sinal visto que a variação da sua amplitude é em milivolts. Para condicionar o sinal foi utilizado um amplificador operacional e instrumentação. A análise dos valores mensurados foi efetuada a partir da utilização de um osciloscópio.

O estudo está direcionado em fazer a aquisição do sinal de três células de carga. A metodologia usada consiste na revisão bibliográfica sobre o funcionamento, instrumentação, projeto e realização de testes com células de carga. O objetivo é obter valores concisos das forças aplicadas sobre as células.

### *2.1. Metodologia*

O procedimento adotado para a realização do projeto teve como base a revisão bibliográfica sobre as células de carga. Investigou-se sobre a instrumentação de uma ponte de Wheatstone. A seguir é descrito os componentes do projeto, os testes realizados e os resultados.

### *2.2. Células de carga*

Uma célula de carga é uma estrutura eletromecânica que se deforma em regime elástico. A deformação provoca uma variação de resistência, obtendo-se assim um valor de tensão conforme a força aplicada.

A célula de carga é considerada um transdutor, pois transforma uma forma de energia em outra, para fins de medição [2]. A célula de carga tem a capacidade de captar a intensidade de deformação em um sinal elétrico proporcional a deformação sofrida.

A célula de carga tem em sua estrutura o circuito conhecido por Ponte de Wheatstone, que tem o princípio de medir o desequilíbrio de tensão entre dois nós. Sua modelagem parte da existência de quatro resistências idênticas que quando a diferença entre os nós dos pontos centrais for zero, estará em equilíbrio.

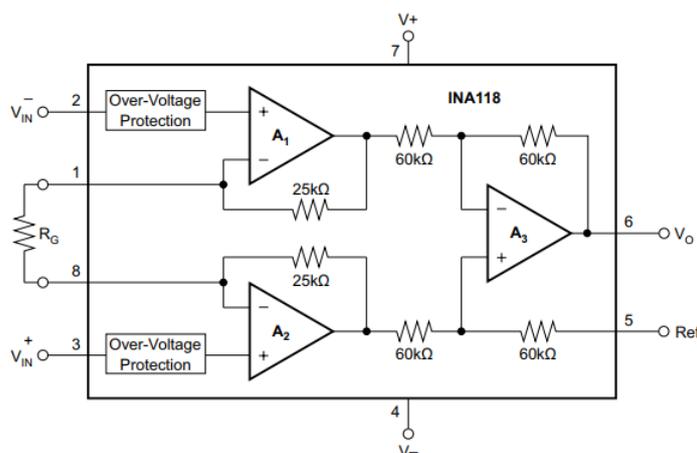
Na célula de carga as resistências são substituídas extensômetros, que variam sua resistência quando submetidos a esforços mecânicos. A equação (1) descreve o funcionamento de uma ponte de wheatstone completa.

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R2}{R1+R2} - \frac{R3}{R3+R4} \quad (1)$$

### 2.3. Amplificador Operacional de Instrumentação

O amplificador operacional de instrumentação é desenvolvido a partir de um arranjo de vários amplificadores operacionais. A utilização de um amplificador operacional se torna necessário para a aquisição de pequenos sinais.

O amplificador operacional escolhido para o projeto é o INA118, figura 2. Tem como características sua precisão e baixo consumo de energia. O ganho deste amplificador operacional fica limitado ao ajuste de um resistor ( $R_G$ ) conectado entre as entradas 1 e 8. O ampop tem como características a alta rejeição de modo comum e de poder operar em baixas tensões ( $\pm 1.35$  Volts) [1].



**Figura 2. circuito esquemático INA 118**

A saída ( $V_o$ ) tem como referência o terminal de saída de referência (Ref), que é normalmente ligada à terra. Esta deve ser uma conexão de baixa impedância para assegurar uma boa rejeição de modo comum. Uma resistência de  $12 \Omega$  em série com o pino (Ref) faz com que um dispositivo típico para degradar a aproximadamente 80 dB CMR ( $G = 1$ ) [1]. O INA118 pode ser operado em baixas fontes de alimentação, desde  $\pm 1,35$  Volts até  $\pm 18$  Volts.

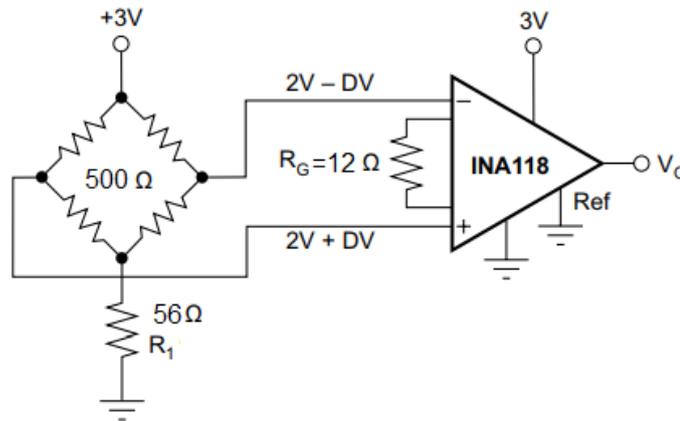
Seu ganho ( $G$ ) é ajustado com o uso de um resistor externo ( $R_G$ ) e tem seu modelo descrito pela equação (2).

$$G = 1 + \frac{50K}{R_G} \quad (2)$$

### 3. Resultados e discussão

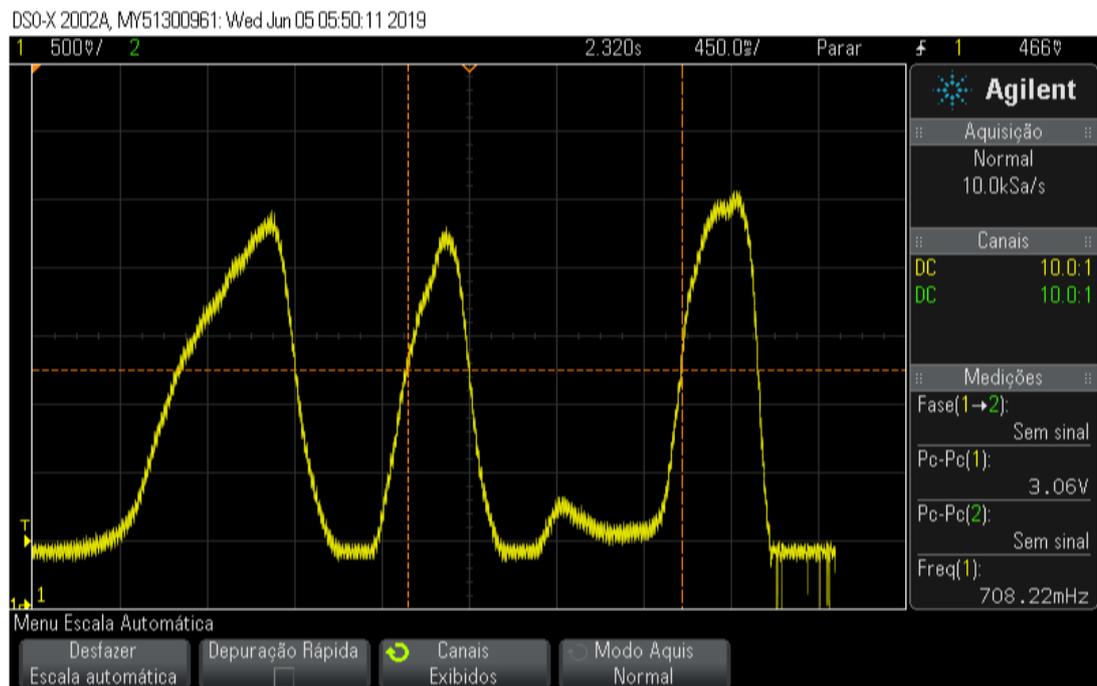
Este estudo proporcionou o desenvolvimento de um circuito para a instrumentação e posterior aquisição de sinais providos de três células de carga.

O circuito da figura 3, apresenta o INA118 operando a partir de uma única fonte de alimentação 3 Volts. Uma resistência em série com a ponte e o neutro assegura que a tensão de saída da ponte é dentro da gama de modo comum de entradas do amplificador.



**Figura 3. Ponte Wheatstone conectada ao INA118**

O resistor de 12 ohms configura o amplificador operacional para que opere com ganho de 4168. A tensão de alimentação do circuito foi definida em 3 volts para que opere nas faixas de operação da maioria dos microcontroladores. O resistor R1 foi definido em 56 ohms para que fosse gerado um offset de tensão de 0,30 Volts, permitindo que seja possível mensurar forças no sentido oposto. Este circuito foi replicado para cada célula de carga. Na figura 4, é possível observar a variação do sinal obtido através do osciloscópio ao provocar esforços sobre uma célula de carga. A intensidade do sinal é em função da quantidade de força aplicada.



**Figura 4. Sinal obtido no osciloscópio**

O sinal verificado no osciloscópio é em níveis de tensão oriundo do amplificador operacional, que em conjunto com a célula de carga converteu a força exercida sobre a célula de carga em tensão proporcional a esta força. A oscilação visível na figura é em função da variação da carga aplicada sobre a célula de carga. Assim pode se observar em forma de gráfico os valores de uma variação de esforços mecânicos aplicados sobre as células de carga.

#### **4. Considerações finais**

A partir da literatura foi possível definir que a célula de carga tem seu comportamento descrito pela Ponte de Wheastone. O comportamento do circuito se manteve estável, respondendo imediatamente ao menor esforço mecânico aplicado sobre qualquer uma das três células de carga.

As medidas realizadas até o momento não tiveram referência a algum peso específico, sendo necessário a utilização de instrumentos que realizam a medição de pequenas massas. Com a verificação dos esforços aplicados é possível analisar o nível de tensão na saída do amplificador operacional, podendo então ser efetuada a calibração do sistema para que seja possível mensurar os esforços de empuxo e torque da plataforma devido ao posicionamento de cada célula. Na configuração desenvolvida, a saída do circuito poderá ser conectada aos conversores A/D de microcontroladores como das famílias PIC, ARM e Arduino.

#### **5. Referências Bibliográficas**

- [1] TEXAS INSTRUMENTS. Amplificador operacional de instrumentação: INA118, [online], 2019.
- [2] WERNECK, M. M. Transdutores e interfaces. Rio de Janeiro, RJ: TC, 1996. 225 p.