

Laboratório de Máquinas Elétricas, Acionamentos e Energia

# BANCADA PARA ENSAIOS DE OSCILAÇÕES CONTROLADAS

Bolsista: Gabriel Crespi Pavão  
Orientador: Ály Ferreira Flores Filho

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
DELET – Departamento de Engenharia Elétrica  
LMEAE - Laboratório de Máquinas Elétricas, Acionamentos e Energia  
Av. Osvaldo Aranha, 103, Porto Alegre, RS, CEP 90.035-190, Brasil



XXVII Salão de Iniciação Científica – SIC 2015

**Resumo** – O trabalho centrou-se na fase inicial de construção da máquina e no desenvolvimento da interface entre o usuário e o mecanismo utilizando a placa de controle DSpace Controller Board, ferramentas matemáticas integradas pelo MathWorks, em especial MatLab e Simulink, e o software DSpace ControlDesk responsável pela aquisição e processamento de dados, acomodação do ambiente de interface e interação em tempo real com a plataforma móvel.

## Introdução

Embasado nas equações que descrevem o movimento, utilizando o MatLab em conjunto com o Simulink, foi desenvolvido o modelo do comportamento da plataforma móvel da nova bancada. Com o objetivo de atender necessidades de outros projetos correntes e futuros do LMEAE, tais como o de *Sistemas de Suspensão Ativa com Regeneração de Energia* e do *Gerador Bipendular de Energia Elétrica para Energização de Bóias Sinalizadoras*, o modelo foi extrapolado para permitir o controle da plataforma e o foco voltou-se à geração de excitações sinusoidais, ainda que outros tipos possam ser geradas de forma análoga.

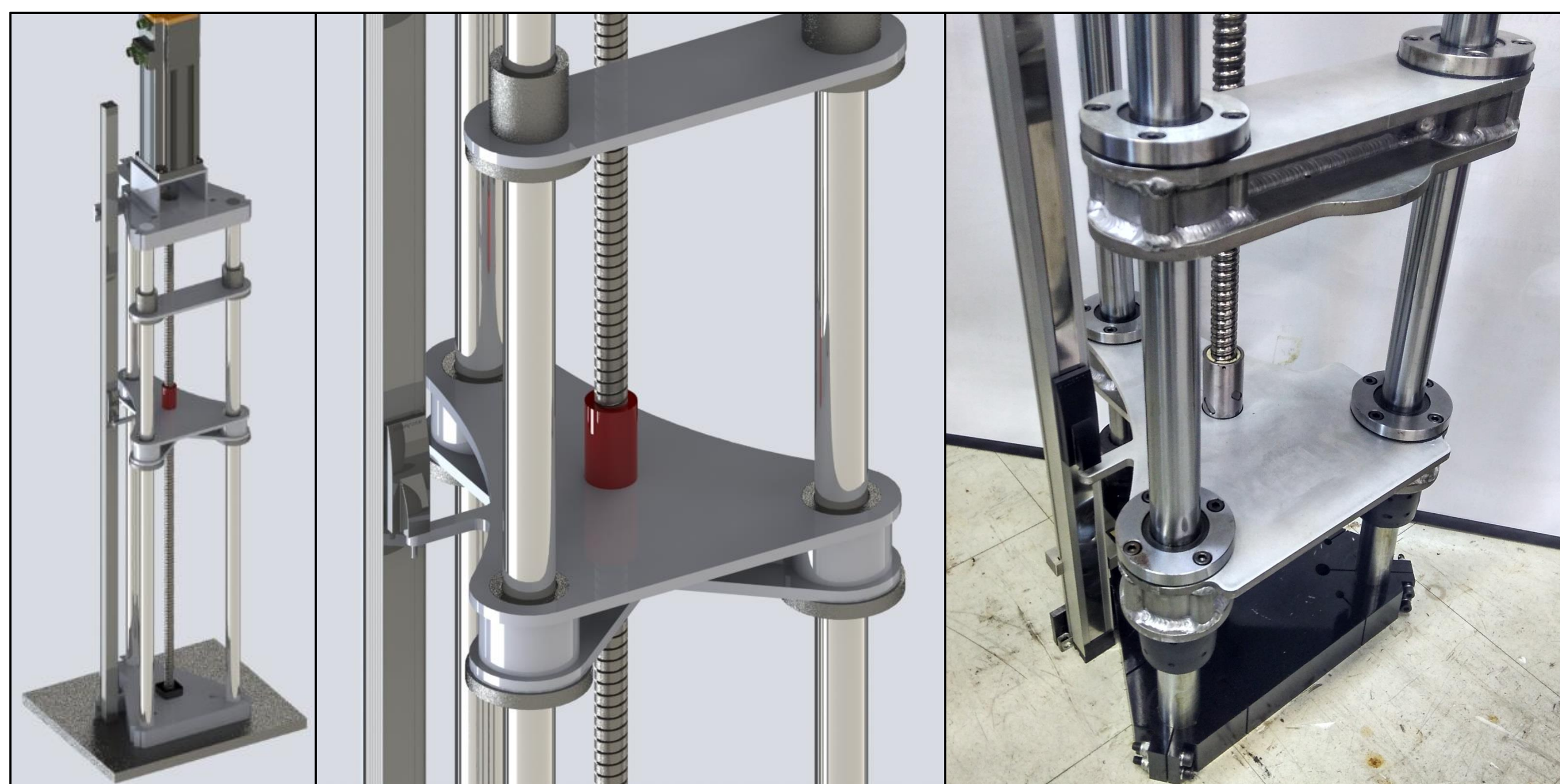


Fig. 1 Projeto em SolidWorks (a) e (b), fotografia (c).

A figura 1 detalha a plataforma de excitação engastada à castanha (em vermelho). O fuso de esferas recirculantes está mancalizado na base e acoplado diretamente ao eixo de um servo-motor na parte superior da estrutura de modo que, quando é acionado, torna-se o responsável pelo movimento vertical da plataforma. Este arranjo tende a minimizar os efeitos da inércia sobre a massa móvel e, em conjunto com as guias lineares robustas, garantem a integridade da estrutura e dá-lhe forma.

## Construção da estrutura

Além do projeto, a usinagem das peças e o processo de montagem se deu no Laboratório de Máquinas Elétricas, Acionamentos e Energia. Nele dispomos de uma vasta gama de ferramentas e, principalmente, contamos com uma máquina de eletroerosão a fio onde grande parte dos elementos da estrutura foi trabalhada.

Ao final da montagem, instalou-se no mecanismo um kit servo-conversor/motor dimensionado de forma a atender os projetos paralelos e quaisquer outros semelhantes que venham a necessitar do mesmo tipo de ensaios no futuro.

- Excursão linear máxima = 1,25 m
- Conjugado nominal do motor = 25 N.m
- Velocidade linear máxima = 0,333 m/s
- Força máxima = 15,7 kN

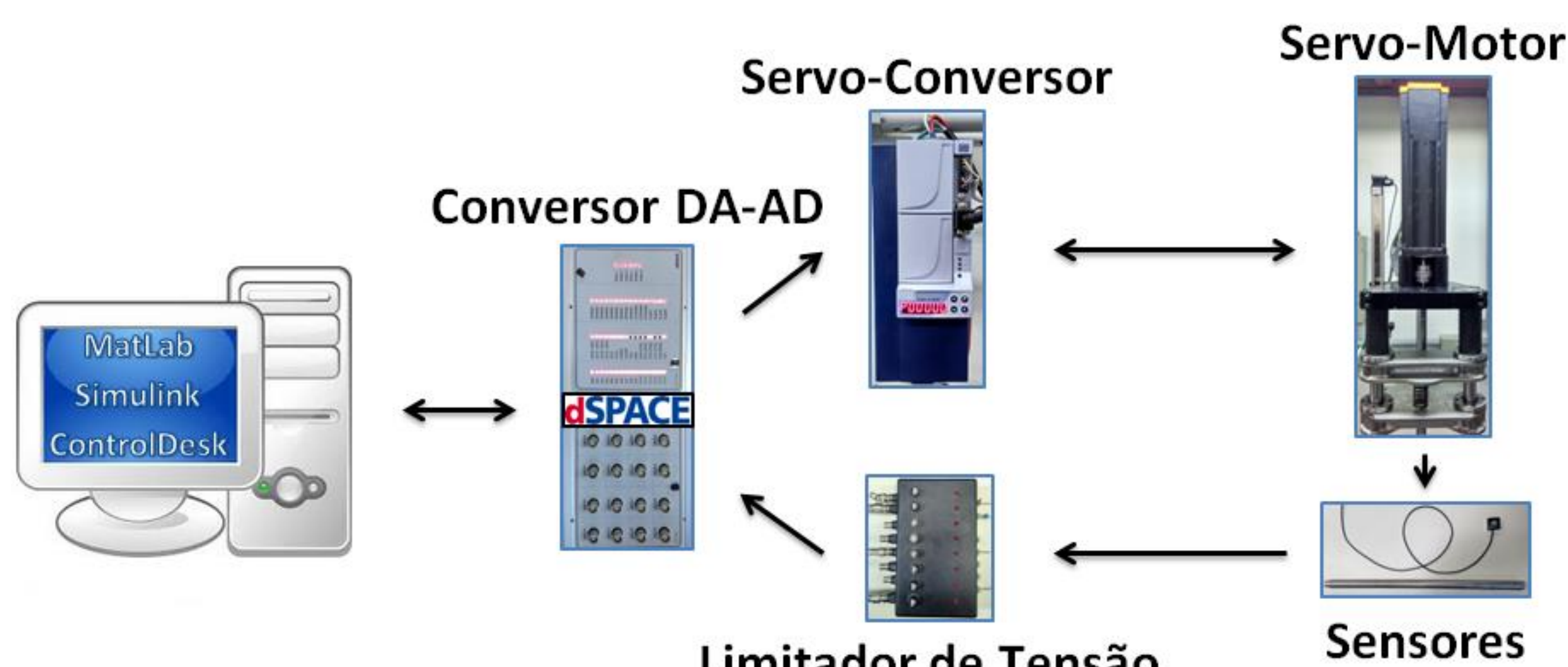


Fig. 2 Diagrama do funcionamento.

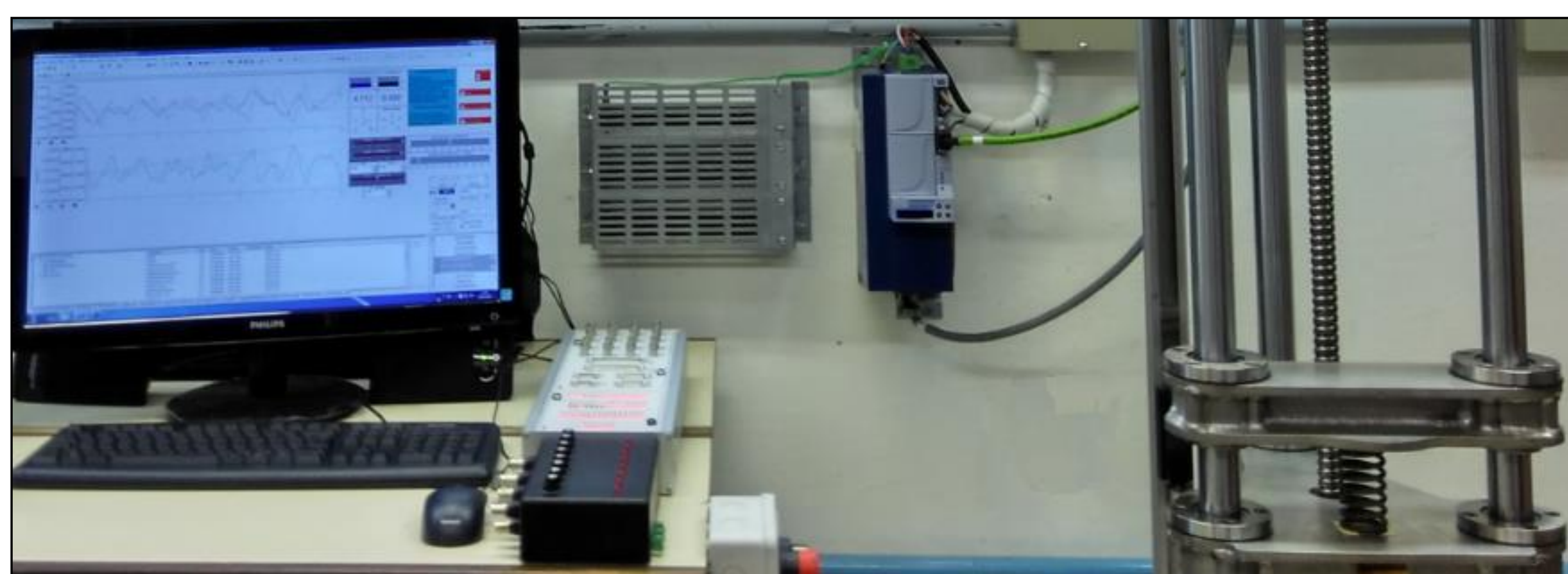


Fig. 3 Produto final e estação de trabalho.

## Controle da estrutura

A condição de operação da bancada pressupõe que os parâmetros de frequência  $f$  (Hz) e amplitude de oscilação  $\Delta x$  (m) serão inicialmente estipulados pelo operador do mecanismo. Com isso, assumindo que uma referência senoidal de velocidade deve ser gerada a partir dos parâmetros especificados, o módulo desta se calcula da seguinte forma:

Seja a velocidade dada por

$$v(t) = v_p \sin(\omega t)$$

Por conseguinte

$$\Delta x = \int_0^{T/2} v_p \sin(2\pi f t) dt \quad \therefore \quad v_p = \frac{\Delta x}{\int_0^{T/2} \sin(2\pi f t) dt}$$

Finalmente, para que a referência tenha as características desejadas, se faz necessária a inclusão de outros parâmetros de transdução como o passo do fuso de esferas em relação a velocidade de rotação do eixo do motor (10mm/rotação) e o ganho  $G$  programado no servo-conversor.

$$10 V = 2000 \text{ rpm}$$

$$v_p = A \cdot G \cdot \frac{200}{60} \cdot 0,01$$

Deste modo o módulo da senóide de referência deve assumir o valor de  $A$ , tal que:

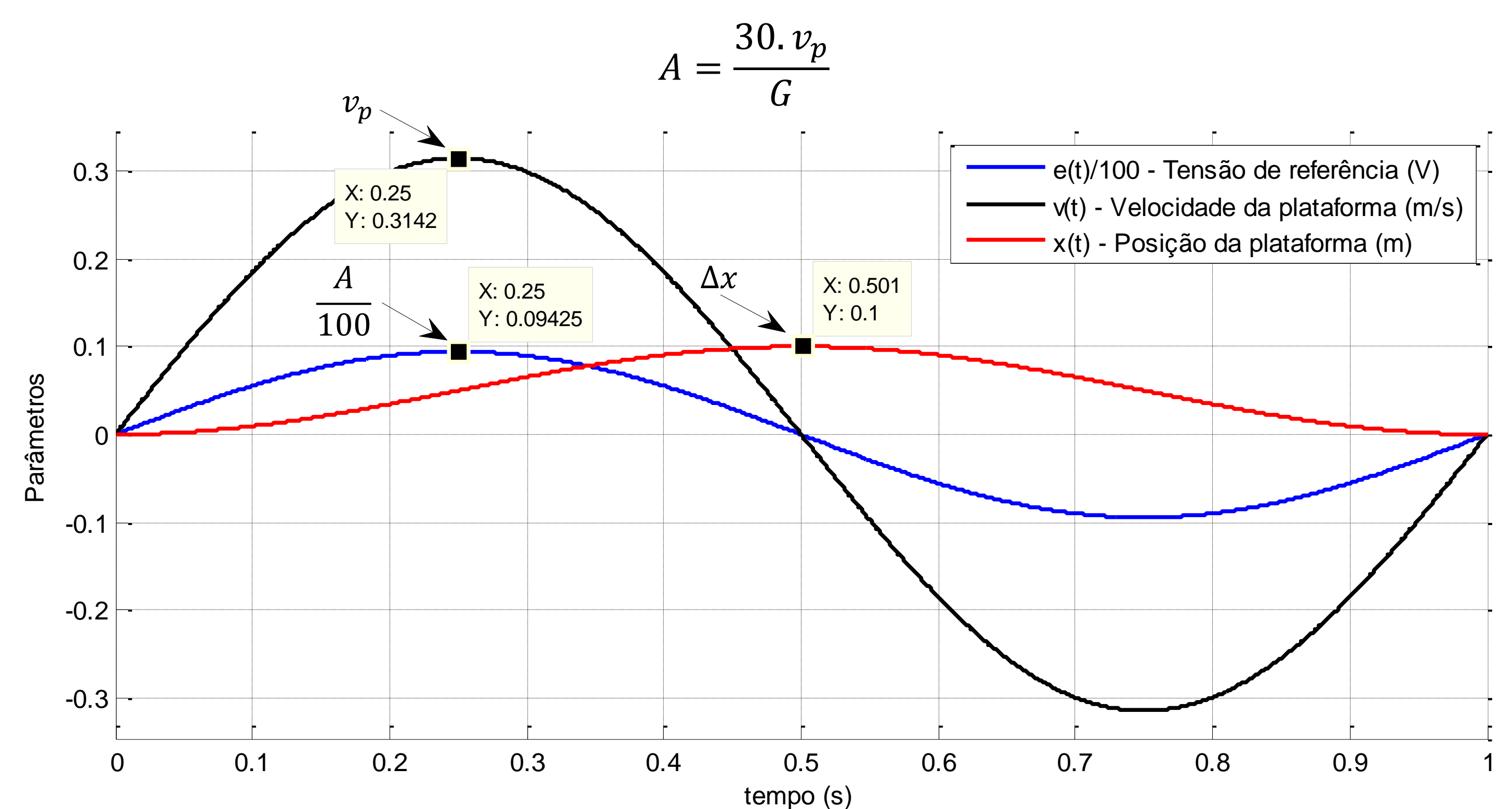


Fig. 4 Simulação de excitação senoidal ( $f = 1\text{Hz}$ ,  $\Delta x = 10\text{cm}$ ).

As situações limítrofes são atingidas se o valor nominal de velocidade angular do servo-motor for imposto como limite máximo de velocidade, pode-se então estabelecer a relação entre frequência  $f$  e amplitude máxima de excursão  $\Delta x_m$ , dada por:

$$f = \frac{1}{6 \cdot \pi \cdot \Delta x_m}$$

Graficamente:

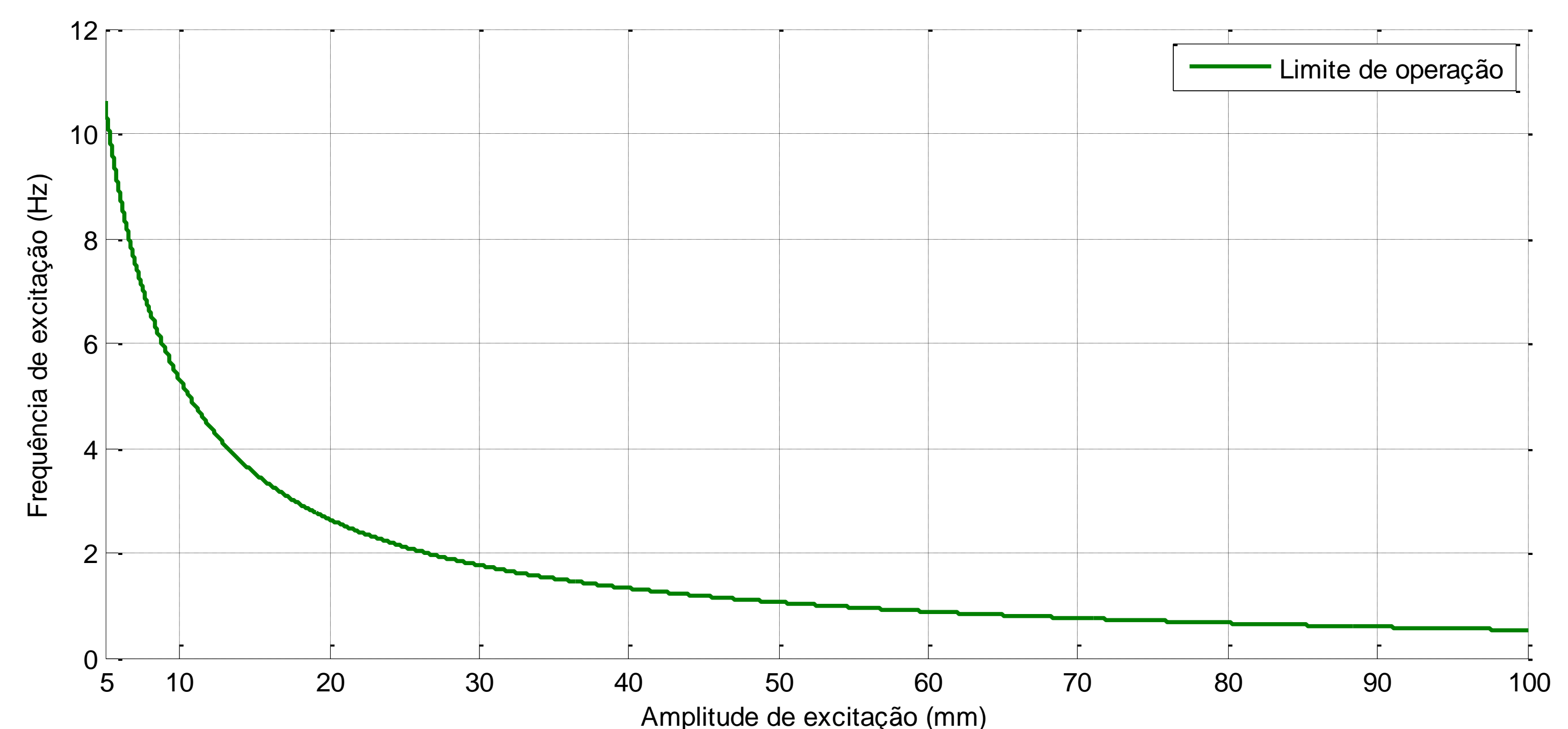


Fig. 5 Restrição imposta pelo servo-motor em função da sua velocidade nominal.

Com a modelagem matemática do funcionamento do mecanismo finalizada, deu-se início à etapa de controle da bancada. Utilizando em paralelo a programação no servo-conversor e a programação em MatLab e Simulink, o controle do servo-motor e consequentemente da plataforma móvel foi viabilizado através da placa DSpace responsável pela interação analógica-digital entre máquinas.

## Conclusão

A bancada de ensaios ao final de sua montagem foi equipada com diversos sensores tais como, LVDTs, acelerômetros, régua potenciométrica e sensores integrados no servo-conversor possibilitando um amplo estudo sobre os mecanismos que serão a ela acoplados em defesas de tese e outros projetos fruto do trabalho desenvolvido pelo Laboratório de Máquinas Elétricas, Acionamentos e Energia.