

## SLIDE 1

1. OLÁ, TODOS E TODAS! MEU NOME É JHONAT HEBERSONN AVELINO DE SOUZA, E AGORA FAREI A DEFESA DA DISSERTAÇÃO DO MEU MESTRADO.
2. SOU ALUNO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECATRÔNICA, PELA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE.
3. SOB ORIENTAÇÃO DO PROF. DR CARLOS EDUARDO TRABUCO DÓREA E COORIENTAÇÃO DO PROFESSOR DR. JOSÉ MÁRIO ARAÚJO.
4. GOSTARIA DE AGRADECER A TODOS QUE ESTÃO ACOMPANHANDO ESSE TRAMISSÃO, EM ESPECIAL AOS PROFESSORES, QUE COMPOEM A BANCO, DR JURIOS E DR MENEGHETTI.
5. O TEMA DO MEU TRABALHO É:

## SLIDE 3

1. O SISTEMA MASSA-MOLA DE SEGUNDA ORDEM É AMPLAMENTE UTILIZADO PARA MODELAR DIVERSOS SISTEMAS FÍSICOS E ENGENHARIA, COMO SISTEMAS DE SUSPENSÃO DE VEÍCULOS, SISTEMAS MECÂNICOS SUJEITOS A AMORTECIMENTO E OUTROS SISTEMAS DINÂMICOS QUE ENVOLVEM OSCILAÇÕES.
2. ESTA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO TRATA DO PROJETO DE CONTROLADORES PROPORCIONAL INTEGRAL DERIVATIVO (PID) PARA SISTEMAS DINÂMICOS LINEARES COM ATRASO, MODELADOS POR EQUAÇÕES DIFERENCIAIS MATRICIAIS DE SEGUNDA ORDEM.

## SLIDE 5

1. (PID) UNE AS AÇÕES PROPORCIONAL, INTEGRAL E DERIVATIVA NUM SÓ CONTROLADOR, ATUANDO TANTO NO REGIME TRANSITÓRIO QUANTO NO REGIME PERMANENTE, QUE POSSUI A CAPACIDADE INERENTE DE RASTREAMENTO PARA REFERÊNCIAS CONSTANTES COM ERRO DE REGIME PERMANENTE NULO
2. POR SE BASEAR NA RESPOSTA EM FREQUÊNCIA DO SISTEMA, PERMITE TRATAR DA ESTABILIDADE EM MALHA FECHADA DE FORMA EXATA, SEM A NECESSIDADE DE RECORRER A APROXIMAÇÕES DO TERMO DE ATRASO NEM A VERIFICAÇÕES A POSTERIORI.

### 1. TRADE-OFF ENTRE ROBUSTEZ E DESEMPENHO:

- a. GANHO DO CONTROLADOR: PARA MELHORAR O DESEMPENHO DO SISTEMA, GERALMENTE É NECESSÁRIO AUMENTAR O GANHO DO CONTROLADOR, O QUE TORNA O SISTEMA MAIS SENSÍVEL ÀS MUDANÇAS E INCERTEZAS NO PROCESSO. ISSO PODE LEVAR A INSTABILIDADES OU COMPORTAMENTOS INDESEJADOS DO SISTEMA EM CONDIÇÕES MENOS CONHECIDAS OU ESTÁVEIS.
- b. ROBUSTEZ E TOLERÂNCIA A PERTURBAÇÕES: POR OUTRO LADO, SE O CONTROLADOR FOR PROJETADO PARA SER MAIS ROBUSTO E TOLERANTE A INCERTEZAS, ELE PODE TER UM DESEMPENHO INFERIOR EM TERMOS DE RESPOSTA RÁPIDA E PRECISÃO EM RELAÇÃO AO SETPOINT OU REFERÊNCIA DESEJADA.

2. EM RESUMO, A ROBUSTEZ E O DESEMPENHO SÃO FREQUENTEMENTE CONCORRENTES EM SISTEMAS DE SEGUNDA ORDEM PORQUE MELHORAR UM ASPECTO PODE AFETAR NEGATIVAMENTE O OUTRO. ENCONTRAR O EQUILÍBRIO CERTO ENTRE ESSAS DUAS CARACTERÍSTICAS É ESSENCIAL PARA O BOM FUNCIONAMENTO E ESTABILIDADE DO SISTEMA CONTROLADO.

### SLIDE 8

1. O MÉTODO DA RECEPTÂNCIA É UMA TÉCNICA UTILIZADA NA ENGENHARIA ESTRUTURAL PARA ANALISAR E CONTROLAR SISTEMAS DINÂMICOS COMPLEXOS. O MÉTODO É BASEADO NA IDEIA DE QUE UM SISTEMA DE SEGUNDA ORDEM PODE SER REPRESENTADO POR UM SISTEMA DE PRIMEIRA ORDEM COM MÚLTIPLOS GRAUS DE LIBERDADE. DETERMINAÇÃO DA MATRIZ RIGIDEZ ( $K$ ) E DE MASSAS ( $M$ ) PODE SER OBTIDA USANDO MÉTODOS VARIACIONAIS.
2. A REGRA DE RAYLEIGH É UM MÉTODO AMPLAMENTE UTILIZADO PARA ESTIMAR A MATRIZ DE AMORTECIMENTO ( $C$ ) EM UM SISTEMA DINÂMICO.
3. A MATRIZ DE RECEPTÂNCIA É DEFINIDA COMO A RELAÇÃO ENTRE AS RESPOSTAS DE UM SISTEMA (POR EXEMPLO, DESLOCAMENTOS, VELOCIDADES OU ACELERAÇÕES) E AS FORÇAS APLICADAS EM VÁRIAS LOCALIZAÇÕES. A MATRIZ  $H$  É UMA FUNÇÃO DA FREQUÊNCIA E REPRESENTA A RESPOSTA DO SISTEMA À EXCITAÇÃO EM DIFERENTES FREQUÊNCIAS.

## SLIDE 10

1. A FÓRMULA DE SHERMAN-MORRISON É UMA FÓRMULA MATEMÁTICA IMPORTANTE EM ÁLGEBRA LINEAR USADA PARA ATUALIZAR A INVERSA DE UMA MATRIZ QUANDO UMA PEQUENA PERTURBAÇÃO É APLICADA À MATRIZ ORIGINAL. A FÓRMULA NOS PERMITE OBTER A INVERSA ATUALIZADA DE FORMA MAIS EFICIENTE USANDO INFORMAÇÕES DA INVERSA ORIGINAL E DAS PERTURBAÇÕES APLICADAS.

## SLIDE 12

$$Z = N + P = 0$$

1. O CRITÉRIO DE ESTABILIDADE DE NYQUIST É UMA TÉCNICA UTILIZADA NA ANÁLISE DE SISTEMA DE CONTROLE PARA DETERMINAR A ESTABILIDADE DE UM SISTEMA DE MALHA FECHADA COM BASE NO DIAGRAMA DE NYQUIST.
2. (P) É O NÚMERO DE POLOS DE MALHA ABERTA NO SEMIPLANO DIREITO
3. (Z) É O NÚMERO DE POLOS DE MALHA FECHADA NO SEMIPLANO DIREITO.
4. (N) É O NÚMERO DE VOLTAS QUE O DIAGRAMA DE NYQUIST FAZ EM TORNO DO PONTO CRÍTICO  $-1 + j0$  NO SENTIDO HORÁRIO.

## SLIDE 27 – EXEMPLO 2

1. CASO CRÍTICO, SITUAÇÃO LIMITE PORQUE PASSA NO EIXO IMAGINÁRIO, E REALIZAMOS UMA PERTURBAÇÃO PARA QUE POLO SEJA DESLOCADO SPE
2. MATRIZ DE ENTRADAS (B')
3. CONSTANTE DE ATRASO (TAU)
4. RAIOS DA CIRCUNFERÊNCIA (MS)

## SLIDE 25 – EXEMPLO 5

1. EXEMPLO DE MODELAGEM QUE REPRESENTA GARRA ROBOTICA
2. PICO DE PRESSÃO PODE ESMAGAR O OBJETO QUE GARRA ROBOTICA ESTÁ SEGURANDO
3. DOIS POLOS DE MALHA ABERTA LOCALIZAM-SE NO SPD

# SLIDE 30

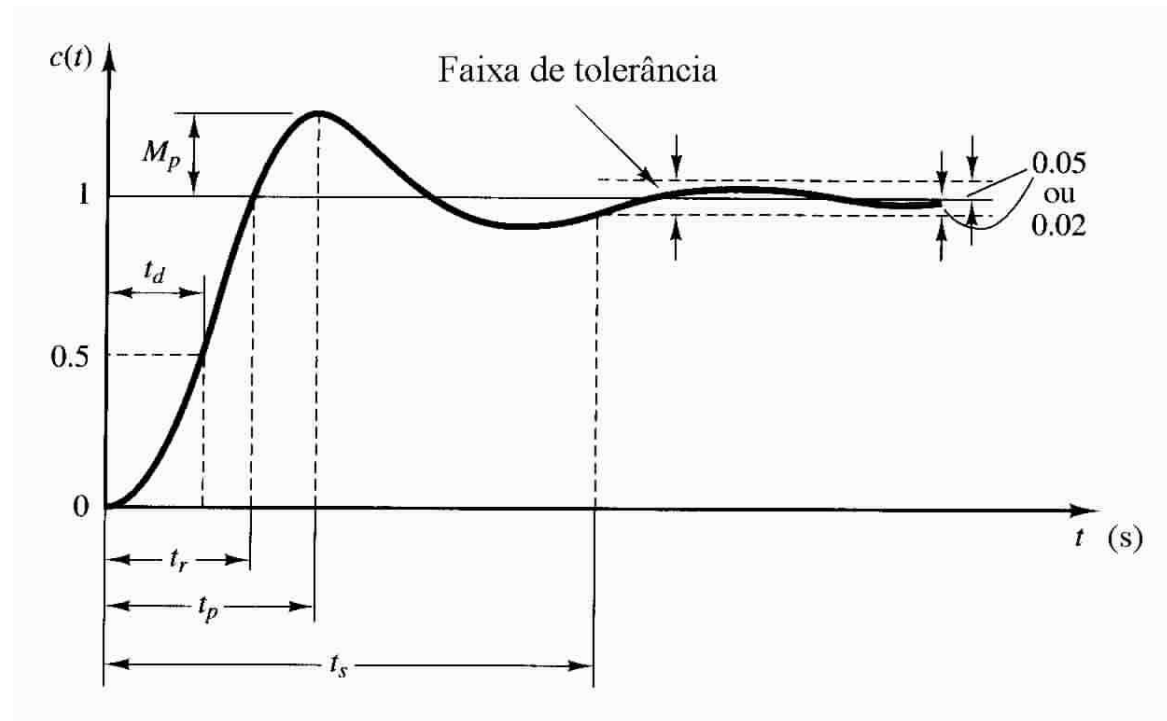


FIGURA 2: DEFINIÇÕES DE ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DA RESPOSTA AO DEGRAU:

$M_p$  - MÁXIMO OVERSHOOT PERCENTUAL:  $M_p := \{ [C(T_p) - C(T_{\infty})] / C(T_{\infty}) \} \cdot 100\%$  ;

$T_R$  - TEMPO DE SUBIDA (*RISE TIME*);

$T_S$  - TEMPO DE ASSENTAMENTO (*SETTLING TIME*);

$T_D$  - TEMPO DE ATRASO (*DELAY TIME*);

$T_P$  - TEMPO DO PICO (*PEAK TIME*).