

SIMCOMP

I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MODELAGEM
COMPUTACIONAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

15 A 18 DE ABRIL - TERESINA

AUDITÓRIO DO CENTRO DE TECNOLOGIA - UFPI

MINICURSOS

PALESTRAS

MESA REDONDA

TEMAS

**MODELAGEM COMPUTACIONAL
AUTOMAÇÃO E CONTROLE
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**

**ENGENHARIA AEROESPACIAL
CIÊNCIA, TECNOLOGIA E CARREIRA
REFRIGERAÇÃO E AR CONDICIONADO**

PALESTRANTES

PROF. DR. CARLOS D'ANDRADE SOUTO
INSTITUTO DE AERONÁUTICA E ESPAÇO - IAE

DR. MARCO ADOLPH
TROX USA

PROF. DR. JOSUÉ LABAKI
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP

PROF. DR. PAULO SOLLERO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP

PROF. DR. RENATO PAVANELLO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP

PROF. DR. PAULO ROBERTO GARDEL KURKA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP

DR. CORNELIS VAN DER POEL FILHO
GE MOTORS

PROF. DR. RENATO PICELLI SANCHES
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP

REALIZAÇÃO:



PATROCÍNIO:



APOIO:



ANAIS DO I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MODELAGEM COMPUTACIONAL EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA - SIMCOMP

Desenvolvimento de Ferramentas Computacionais	pg. 1
Engenharia Aeronáutica	pg. 7
Eficiência Energética	pg. 11
Método dos Elementos de Contorno	pg. 16
Método dos Elementos Finitos	pg. 18
Modelagem e Identificação de Sistemas	pg. 25
Nanotecnologia	pg. 30
Sistemas Inteligentes	pg. 36
Teoria de Controle e Aplicações	pg. 40

DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

DFC01 - Aplicativo Android para Verificação de Elementos de Aço sob Força Axial	pg. 2
DFC02 - Dimensionamento de Redes de Distribuição de Água Envolvendo o AutoCAD e o EPANET	pg. 3
DFC03 - Ferramenta Computacional para Dimensionamento de Cobertura em Madeira	pg. 4
DFC04 - Modelagem Computacional de Sistemas Elevatórios	pg. 5
DFC05 - Programação Aplicada à Inserção de Elementos Gráficos em Ambiente AutoCAD	pg. 6

APLICATIVO ANDROID PARA VERIFICAÇÃO DE ELEMENTOS DE AÇO SOB FORÇA AXIAL.

Rodrigo Diniz Filgueiras (Formando/UFPI); rxdrygu@gmail.com.

Prof. Dr. Eduardo Martins Fontes do Rêgo (Orientador, Departamento de Estruturas – CT/UFPI); e_eduardofontes@ufpi.edu.br

Introdução

Considerando-se a crescente utilização de estruturas metálicas na modernidade e a popularização dos smartphones, pensou-se na implementação de um aplicativo Android a fim de executar as situações de verificação e dimensionamento de elementos de aço submetidos à força axial, cujas diretrizes de cálculo são baseadas na ABNT NBR 8800 (2008).

O objetivo deste trabalho é que o aplicativo, chamado SteelApp, desenvolvido no ambiente do Android Studio, utilizando a linguagem de programação Java, apresente resultados confiáveis tais como os obtidos em softwares para desktop. A ferramenta gratuita destinar-se-á aos estudantes de engenharia civil como também poderá auxiliar profissionais da área que lidam com questões práticas de dimensionamento.

Metodologia

Linguagem de programação Java e Android Studio

Java é uma linguagem de programação orientada a objetos muito parecida com C++, desenvolvida pela Sun Microsystems, capaz de criar tanto aplicativos para desktop, aplicações comerciais, softwares robustos, completos e independentes, quanto aplicativos para Web e smartphones (CLARO; SOBRAL, 2008).

O Android Studio foi lançado pela Google em 2014 para o desenvolvimento de aplicativos para o sistema operacional Android. É um editor de código com muitos recursos, capaz de permitir o desenvolvimento de um app Android de forma mais produtiva. A interface do software e aplicativo são mostradas na Figura 1.



Figura 1: Tela inicial do aplicativo emulado no Android Studio

Elementos de aço sobre força axial

As Figuras 2 e 3 mostram a interface do SteelApp para verificação de cálculo à tração e compressão. A força axial de tração resistente de cálculo, $N_{t,Rd}$, a ser usada no dimensionamento, é o menor dos valores obtidos, considerando-se os estados-limites últimos de escoamento da seção bruta e ruptura da seção líquida, de acordo com as expressões indicadas a seguir:

- Para o escoamento da seção bruta:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}} \quad (1)$$

- Para ruptura da seção líquida:

$$N_{t,Rd} = \frac{A_e \cdot f_u}{\gamma_{a2}} \quad (2)$$

A força axial de compressão resistente de cálculo, $N_{c,Rd}$, de uma barra, associada aos estados-limites últimos de instabilidade por flexão, por torção ou flexo-torção e de flambagem local, deve ser determinada pela expressão:

$$N_{c,Rd} = \frac{\chi \cdot Q \cdot A_g \cdot f_y}{\gamma_{a1}} \quad (3)$$

onde A_g e A_e são as áreas bruta e líquida da seção transversal do perfil; f_y e f_u são as resistências ao escoamento e à ruptura do aço; γ_{a1} e γ_{a2} são os coeficientes de ponderação das resistências para escoamento e ruptura; χ é o fator de redução associado à resistência à compressão; e Q é o fator de redução total associado à flambagem local.



Figura 2: Verificação de elemento de aço sob tração



Figura 3: Verificação de elemento de aço sob compressão

Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta a comparação de resultados obtidos no SteelApp e por exemplos de FAKURY (2016). Observou-se que não houve uma variação significativa, exceto para o Exemplo 7.8.1 (FAKURY, 2016), que pode ser explicada pela aproximação feita pelo autor em relação à máxima tensão nominal de compressão (f_y), evitando o processo iterativo que é facilmente efetuado pelo aplicativo.

Tabela 1: Comparativo de resultados do aplicativo

ELEMENTO DE AÇO SOB COMPRESSÃO					ELEMENTO DE AÇO SOB TRAÇÃO				
Exemplo 7.8.1 (FAKURY, 2016)	SteelApp NBR8800	Var. (%)	Dados do Exercício		fy	345 kN	Lkx	480 cm	
			fu	450 kN					
Perfil VS 650 x 84					Ct	1	Ligação		Soldada
Ne	8003 kN	Ne	8003.1 kN	0.0%					
$\lambda_{m, \acute{a}x}$	55.86	$\lambda_{m, \acute{a}x}$	55.9	0.1%	Resolução Manual		SteelApp NBR8800	Var. (%)	
Q	0.43	Q	0.46	7.0%	Perfil VS 650 x 84				
χ	0.908	χ	0.9	0.9%	λ_x	17.54	λ_x	17.54	0.0%
Ncrd	1549 kN	Ncrd	1658 kN	7.0%	λ_y	26.82	λ_y	26.82	0.0%
Exemplo 7.8.7 (FAKURY, 2016)					Ncrd	3966.9	Ncrd	3966.9	0.0%
Perfil HP 310 x 93					Resolução Manual		SteelApp NBR8800	Var. (%)	
Ne	9579 kN	Ne	9580 kN	0.0%	Perfil HP 310 x 93				
$\lambda_{m, \acute{a}x}$	49.56	$\lambda_{m, \acute{a}x}$	49.6	0.1%	λ_x	37.35	λ_x	37.35	0.0%
Q	1	Q	1	0.0%	λ_y	32.79	λ_y	32.79	0.0%
χ	0.833	χ	0.84	0.8%	Ncrd	3738.6 kN	Ncrd	3738.6 kN	0.0%
Ncrd	3114 kN	Ncrd	3124 kN	0.3%					

Conclusão

A ferramenta pode ser considerada aceitável para utilizações básicas e resolução de exercícios. Porém, são necessários mais verificações para que o aplicativo seja utilizado como ferramenta auxiliar no cálculo estrutural, bem como a criação de uma interface mais elegante e a inclusão de uma quantidade maior de perfis estruturais.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8800**: Projeto de Estruturas de Aço e de Estruturas Mistas de Aço e Concreto de Edifícios, Rio de Janeiro, 2008.
- CLARO D. B.; SOBRAL J. B. M. **Programação em Java**. Copyleft Pearson Education, Florianópolis-SC, 2008.
- FAKURY, Ricardo; SILVA, Ana Lydia R. Castro E; CALDAS, Rodrigo B. **Dimensionamento de elementos estruturais de aço e mistos de aço e concreto**. Pearson Education do Brasil. São Paulo-SP, 2016.

DIMENSIONAMENTO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA ENVOLVENDO O AUTOCAD E O EPANET.

José Paulo da Silveira Neto (UFPI); Alessandro de Araújo Bezerra (UFPI); Renata Shirley de Andrade Araújo (UFPI); Jordana Madeira Alaggio Ribeiro (UFPI).
email: js_silveirant@hotmail.com

Introdução

Segundo Gomes (1997), dentre os componentes de um sistema de abastecimento de água, a rede de distribuição é responsável por distribuir água potável ao consumidor final. Para auxiliar no dimensionamento dessas redes, existem softwares como o Epanet, que executa simulações hidráulicas de redes de distribuição pressurizadas, conforme explica Rossman (2000).

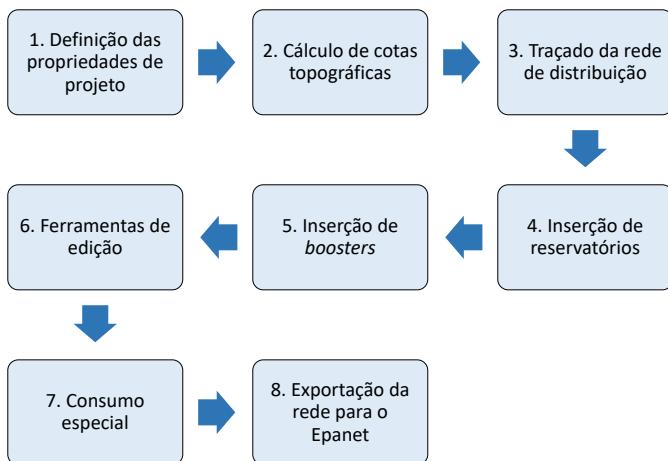
No entanto, a composição do traçado no programa implica em atividades bastante repetitivas e que demandam um grande esforço por parte do projetista. A automação, como sugere Castro (2004), surge então como uma alternativa para solucionar esse problema, permitindo maior economia de tempo e esforço e reduzindo significativamente o risco de erros no projeto.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um pacote computacional para otimizar o processo de simulações hidráulicas de redes de distribuição de água no Epanet, através de uma interface interativa com o AutoCAD que promova rapidez e confiabilidade na entrada de dados e traçado da rede.

Metodologia

Foi realizado, inicialmente, o levantamento de informações necessárias à composição do programa, referentes aos materiais utilizados nas tubulações de redes de distribuição de água e seus respectivos diâmetros comerciais, coeficientes de Hazen-Williams e rugosidades absolutas; além dos coeficientes de variação de vazão de projeto k_1 e k_2 .

O pacote computacional é constituído por um conjunto de rotinas que foram desenvolvidas através da utilização conjunta dos recursos gráficos do AutoCAD e das linguagens de programação AutoLISP e Visual Basic for Applications (VBA).



Essas rotinas podem ser executadas através de ícones de acesso, organizados em uma barra de ferramentas carregada no AutoCAD e apresentada na figura 1.



Figura 1 – Palheta com ícones de acesso

Resultados e discussão

O "Default" é uma rotina que permite a configuração das propriedades físicas das tubulações, das opções gráficas do projeto da rede e dos parâmetros de cálculo para as simulações hidráulicas, como mostra a figura 2.

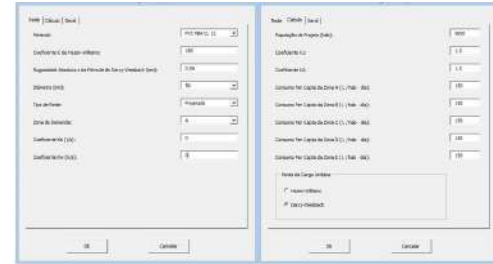


Figura 2 - Caixa de diálogo da função "Default"

A rotina "Traçado da rede" insere o desenho da tubulação com suas respectivas legendas.

As funções "Reservatório" e "Booster" promovem a inserção e a configuração de reservatórios e boosters, respectivamente, como mostram as figuras 3 e 4.

A rotina "Demanda Especial" possibilita a determinação de consumos especiais na rede, enquanto a função "Edit" disponibiliza ferramentas de edição para seus componentes (trechos, reservatórios e boosters).



Figura 3 - Exemplo de aplicação da rotina "Reservatório"

Figura 4 - Exemplo de aplicação da rotina "Booster"

A exportação da rede de distribuição de água desenhada e configurada no AutoCAD para o Epanet é realizada através da função "Exportar", cuja aplicação é apresentada na figura 5.

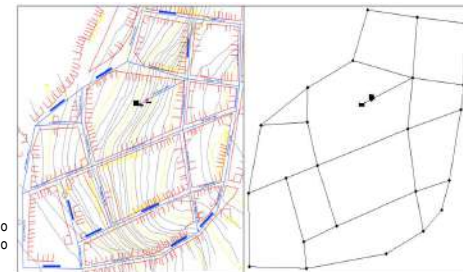


Figura 5 - Traçado de uma rede de distribuição fictícia realizado com o programa e exportado para o Epanet.

Conclusão

A ferramenta computacional possui uma interface simples, de fácil interpretação, que facilita a interação entre os softwares AutoCAD e Epanet. Os elementos gráficos da rede de distribuição são inseridos e configurados de forma rápida e dinâmica.

O cálculo automatizado das cotas e dos consumos nos nós, além da exportação da rede do AutoCAD para o Epanet, promovem um significativo ganho produtivo no processo de simulação e dimensionamento hidráulico.

Para fazer o dimensionamento de uma rede, seria viável através de tais ferramentas programar interações limitadas pelos parâmetros estabelecidos pelas NBRs dentro do Epanet, para depois ser exportada novamente a rede para o AutoCAD.

Agradecimento

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Piauí - FAPEPI pelo apoio financeiro.

Referências

- CASTRO, M. A. H. (2004). "Uso conjunto do autocad e do epanet para projeto, simulação e dimensionamento de redes de abastecimento de água" in Anais Eletrônicos do IV Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água, João Pessoa, Nov. 2004.
GOMES, H. P. (1997). "Dimensionamento de sistemas de abastecimento urbano de água a partir de técnicas de otimização econômica" in Anais Eletrônicos do XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Foz do Iguaçu, pp. 1037-1048.
ROSSMAN, L. A. (2000). Epanet 2: Users Manual. U. S. Environmental Protection Agency, Cincinnati - OH.

FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA DIMENSIONAMENTO DE COBERTURA EM MADEIRA.

João Pedro Silva Soares (bolsista PIBIC/UFPI); joapedrosilva_soares@outlook.com
Prof. Dr. Eduardo Martins Fontes do Rêgo (Orientador, Departamento de Estruturas – CT/UFPI); e_eduardofontes@ufpi.edu.br

Introdução

As estruturas de madeira são empregadas na construção civil desde a antiguidade, principalmente devido à sua disponibilidade na natureza e à sua capacidade de isolamento térmico (PFEIL, 2003). Essas estruturas também possuem tipos de conexões fáceis de serem executadas e a capacidade de serem ampliadas de acordo com futura necessidade.

Na atualidade, a madeira como material estrutural é utilizada principalmente em coberturas de determinadas estruturas, cujo dimensionamento é facilitado pela utilização de programas computacionais (*software*) de cálculo estrutural.

Visando otimizar o cálculo de estruturas de cobertura em madeira, este trabalho se propõe a desenvolver um *software* em C# apto a dimensionar a capacidade da estrutura de cobertura de resistir aos esforços solicitantes. Tal dimensionamento é embasado nas considerações e orientações presentes na norma específica.

Metodologia

Modelo de cobertura a ser dimensionada

As coberturas executadas em madeira são principalmente compostas por ripas, caibros, terças e a treliça. Todos esses elementos possuem seções padronizadas disponíveis no mercado cabendo ao dimensionamento estabelecer qual seção é capaz de atender as solicitações às quais a estrutura está submetida. Na figura abaixo temos um modelo do tipo de cobertura dimensionada pela ferramenta desenvolvida por esta pesquisa:

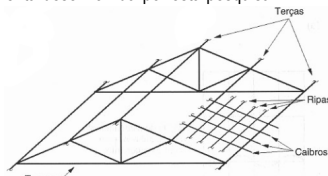


Figura 1: Modelo do tipo de cobertura a ser dimensionada. Fonte: Pfeil, 2003.

Método de cálculo

O dimensionamento proposto pela NBR 7190/97: Projeto de estruturas de madeira é o método dos Estados Limites, no qual o valor solicitante tem que ser menor que o valor resistente, ambos ajustados por coeficientes de ponderação. Os valores das cargas solicitantes são combinados, sendo usado no dimensionamento o valor da situação mais desfavorável à segurança da estrutura.

A resistência da peça de madeira, conforme a NBR 7190 (1997) é:

$$R_d = k_{mod} \frac{R_k}{\gamma_w} \quad (1)$$

A equação (1) corresponde à determinação da resistência aos diversos esforços que um elemento pode estar sujeito, necessitando aplicar os coeficientes e conversões correspondentes à resistência a cada tipo de esforço. Para a verificação da capacidade de resistência do elemento às tensões axiais, de acordo com Pfeil (2003) tem-se:

$$\sigma_d = \frac{N_d}{A} \leq f_d \quad (2)$$

As solicitações podem ser determinadas nas mesmas unidades do valor da capacidade de resistência, tornando imediata a análise segurança fornecida pelo elemento dimensionado. Nos casos de solicitação à compressão além da verificação da tensão é avaliado também o critério de esbeltez, já que quando não satisfeito reduz a capacidade resistente do elemento.

A condição de flexão da seção é verificada com a equação (3) (PFEIL, 2003):

$$\sigma_d = \frac{M_d \cdot y}{I} \leq f_d \quad (3)$$

Em casos com mais de uma direção de flexão o valor solicitante para cada direção é feito de forma separada, situação comum nas terças de cobertura. De forma semelhante pode ser analisado a resistência do elemento aos esforços tangenciais a partir da fórmula (4) de Pfeil (2003):

$$\tau_d = \frac{V_d \cdot S}{I \cdot b} \leq f_{vd} \quad (4)$$

Igualmente ao cálculo da flexão, o cisalhamento deve ser analisado de forma distinta para cada direção se as forças atuantes estiverem em mais de um plano. O valor da solicitação tangencial e à flexão, são variáveis ao longo da seção geométrica, assim para o dimensionamento do elemento é adotado o valor obtido no ponto com o efeito mais adverso.

Análise de elementos solicitados em múltiplas direções

Como mencionado na seção anterior, para os elementos de madeira solicitados em mais de uma direção, os esforços aos quais estão submetidos são obtidos separadamente e observando os valores dos parâmetros em cada sentido.

As solicitações tem seus valores geralmente decompostos nas direções principais do elemento, identificados pelas letras x e y , visando facilitar a obtenção dos dados necessários que serão inseridos nas equações. Dessa forma, os efeitos causados pelas solicitações são combinados e então é verificado o cumprimento do requisito de resistência estabelecido na NBR 7190/97.

Para a flexão, a combinação dos esforços é feita a partir das equações (5) e (6), presentes na NBR 7190/97, e ambas devem satisfazer a condição imposta:

$$\frac{\sigma_{xd}}{f_{wd}} + k_M \frac{\sigma_{yd}}{f_{wd}} \leq 1 \quad (5)$$

$$k_M \frac{\sigma_{xd}}{f_{wd}} + \frac{\sigma_{yd}}{f_{wd}} \leq 1 \quad (6)$$

Em seções retangulares o fator k_M das expressões (5) e (6) resulta em combinações de esforços menor que a soma integral dos valores determinados para cada direção. Tal condições não é assegurada para as outras geometrias de seções.

A associação dos esforços tangenciais é realizada conforme equação (7):

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{xd}^2 + \tau_{yd}^2} \leq f_{vd} \quad (7)$$

Dessa forma, as tensões obtidas para cada direção são combinadas vetorialmente para em seguida ser comparadas com a resistência ao cisalhamento que o elemento possui (PFEIL, 2003).

Desenvolvimento do software

A linguagem de programação escolhida, C# (C sharp), foi lançada no ano 2000, como parte da plataforma .NET e criada pela Microsoft, assim como o Visual Studio que é o ambiente escolhido para o desenvolvimento da ferramenta (HELJSBERG, 2011).

A construção desta ferramenta envolve o aprendizado de programação em C#, a revisão da literatura sobre o tema e a programação dos comandos internos e da interface a qual o usuário terá acesso. Essas etapas estão distribuídas em um período de 1 ano.

Resultados e discussão

Para a validação dos resultados obtidos nesta pesquisa, a ferramenta desenvolvida solucionou o exemplo 6.11.8 de Pfeil (2003), que verifica a resistência de uma terça a determinadas solicitações. Na figura seguinte está a interface do *software* após a resolução do problema proposto:

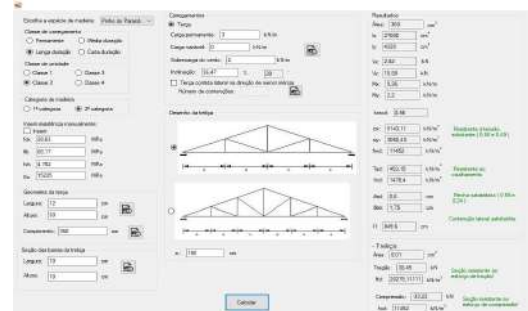


Figura 2: Execução do software desenvolvido para a resolução do problema proposto. Fonte: Autoria própria (2019).

O exemplo se restringe ao dimensionamento da seção da terça, no entanto a ferramenta desenvolvida calcula também as barras de uma treliça, de acordo com o tipo escolhido pelo usuário. Os resultados presentes em Pfeil (2003) e os obtidos com o *software* são comparados na tabela a seguir, incluindo o erro, determinado como a diferença relativa entre os valores obtidos:

Tabela 1: Comparação dos resultados para validação da ferramenta desenvolvida

Tensões	Resultado Pfeil (kN/cm ²)	Resultado software (kN/cm ²)	Erro
σ_{xd}	0,51	0,5143	0,84%
σ_{yd}	0,31	0,3060	1,29%
f_{wd}	1,14	1,1452	0,45%
τ_d	0,045	0,0453	0,67%
f_{vd}	0,148	0,1478	0,13%

Fonte: Autoria própria (2019).

Os resultados apresentados pela ferramenta computacional se mostraram bastante válidos, uma vez que os valores das tensões comparadas mostraram certa proximidade, ratificada pelo erro pequeno gerado na comparação dos resultados.

Conclusão

A solução do dimensionamento obtida atestam a eficácia do *software* desenvolvido em dimensionar estruturas de cobertura em madeira, a partir das orientações presentes na NBR 7190/97 e na literatura relacionada ao tema. Dessa forma, é possível otimizar o cálculo desse tipo de estrutura com uso do recurso elaborado por esta pesquisa.

Agradecimento

Esta pesquisa faz parte do PIBIC/UFPI: edital 2018/2019. Agradeço à UFPI pelo apoio, principalmente o seu corpo docente, e ao CNPq pelo fomento à pesquisa científica brasileira.

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7190** – Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
HELJSBERG, Anders; TORGENSEN, Mads; WILTMUTH, Scott; GOLDE, Peter. **The C# programming language**. Addison-Wesley Editora, 4ª ed. 2011.
PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de madeira**. LTC Editora, 6ª edição. Rio de Janeiro, 2003.

MODELAGEM COMPUTACIONAL DE SISTEMAS ELEVATÓRIOS

Natanael Basilio Pires (Bacharelado em Eng.Civil/UFPI) - natan_basilio@hotmail.com;
 Profª. Dra. Renata Shirley de Andrade Araújo (DRHGSA/CT, UFPI) - renatashirley@ufpi.edu.br;
 Prof. Dr. Alessandro de Araújo Bezerra (DRHGSA/CT, UFPI) - alessandrobezerra@ufpi.edu.br;

Introdução

A água é um recurso essencial na realização de diversas atividades humanas e seu consumo gera uma demanda por sistemas de infraestrutura urbana, como de esgotamento sanitário e drenagem urbana, por exemplo, nesses sistemas é comum a utilização de fornecedores de energia para o escoamento adequado de fluxo, que são os sistemas elevatórios ou de recalque, formados por tubulações, acessórios e bombas.

Para realização de projetos nessa área vários parâmetros referentes a tubulação e ao conjunto motor-bomba devem ser considerados, o que torna o mesmo uma atividade complexa e trabalhosa, dessa forma, vários projetistas utilizam de softwares computacionais, como o AutoCAD, para realização desse tipo de projeto, entretanto, o mesmo não possui ferramentas específicas para a realização desse tipo de projeto.

Dessa forma, esse trabalho busca utilizar-se da programação presente no AutoCAD, como o AutoLISP e o Visual Basic Applications (VBA) para criar ferramentas que permitam a representação e criação de projetos de sistemas elevatórios de maneira prática e eficiente.

Metodologia

A plataforma para realização desse trabalho foi o AutoCAD, um software do tipo CAD (desenho assistido por computador) amplamente utilizado na realização de projetos, bem como as linguagens de programação AutoLISP e VBA, nas quais, o AutoLISP é uma linguagem baseada no processamento de listas, sendo uma linguagem simples porém bastante ampla, já o VBA é derivado do Visual Basic e pode ser utilizada para criar caixas de diálogo e interagir entre diferentes projetos. Para esse trabalho foram feitas sete funções: default, traçado, estaqueamento, perfil, estação elevatória de água, estação elevatória de esgoto e editar.

O default foi feito com o VBA para salvar as características básicas da tubulação, como material, diâmetro e coeficientes, sendo o levantamento das especificidades de cada material feito a partir do catálogo de empresas como TIGRE e Saint-Gobain. O traçado foi elaborado com o AutoLISP, buscando-se representar a tubulação a partir da seleção de pontos pelo usuário, já o estaqueamento foi formulado de modo a representar as estacas sobre a tubulação, que permitem a análise da distância parcial na tubulação. O perfil foi concebido unindo-se o VBA e o AutoLISP, onde se buscou a partir do traçado da tubulação já existente em um desenho criar um novo desenho que representasse o perfil do terreno e da tubulação, a partir das cotas topográficas do terreno.

A estação elevatória de água de água foi desenvolvida com o VBA de modo a salvar as características básicas da estação e salvá-los no desenho, dentro de uma representação da mesma, de modo que o usuário pudesse ter acesso a essas informações, ademais, a estação elevatória de esgoto foi pensada de forma semelhante, possuindo como diferença as características que o usuário irá inserir, além das características do poço de sucção, necessário em uma estação elevatória de esgoto. Além disso, o editar foi formulado usando o VBA e o AutoLISP de modo a possibilitar a alteração das características das outras funções, respondendo segundo a seleção do usuário.

Resultados e discussão

Default

O default é uma caixa de diálogo que permite ao usuário inserir informações básicas da tubulação (Figura 1), os valores disponíveis para seleção de diâmetro e o valor dos coeficiente mudam automaticamente a partir da seleção de diferentes materiais, o usuário pode salvar as informações no desenho, que serão utilizadas pelas outras funções.

Traçado

O traçado é uma função que cria linhas para representar a tubulação a partir da seleção de ponto do usuário na interface, as linhas são de coloração vermelha e estão todas em uma mesma camada de desenho, possuindo sobre elas uma legenda com as características do tubo (Figura 2).

Estaqueamento

O estaqueamento é uma função que cria representações de estacas sobre as tubulações, separadas por uma distância selecionada na default, a partir da seleção da tubulação inicial pelo usuário, as estacas possuem coloração verde e são todas numeras, no encontro de estacas é adiciona uma estaca no o numero da anterior e a distância até a mesma (Figura 2).

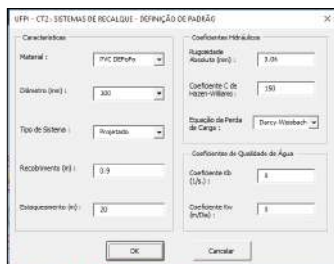


Figura 1: Caixa de diálogo do default.
Fonte: Autor

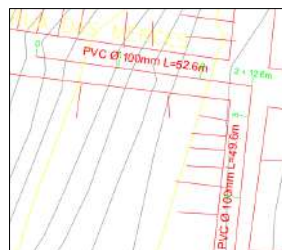


Figura 2: Tubulação criada com a função traçado com estacas.
Fonte: Autor

Perfil

O perfil é a função responsável por desenhar o perfil da tubulação e do terreno e ocorre com o calculo das cotas topográficas da tubulação, enviando esses valores a um novo projeto e desenhando automaticamente o perfil do terreno (marrom) e da tubulação (verde), inserindo, caso necessário, registros de descarga e ventosas, no desenho a escala em X é a real e em Y é 1:10, abaixo do desenho são inseridas informações necessárias a compreensão e análise do perfil (Figura 3)

Estação Elevatória de Água

A função estação elevatória de água é a responsável por salvar as características da estação elevatória de água no desenho e representa-la em um ponto escolhido pelo usuário, ela consiste em uma caixa de diálogo com informações sobre a estação (Figura 5), na qual o valor da cota terreno é o valor da cota calculada no ponto onde será inserida a representação, ademais, o comprimento do tubo edutor só pode ser modificado caso o tipo de captação seja subterrânea, além disso, os valores dos coeficientes K podem ser calculados automaticamente na aba acessórios, a partir da quantidade de cada acessório inserido pelo usuário.



Figura 3: Perfil da tubulação com ventosa criado pela função perfil.
Fonte: Autor

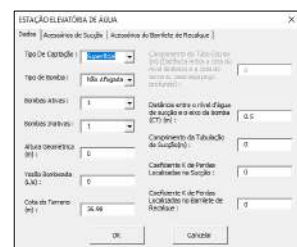


Figura 4: Caixa de diálogo da função estação elevatória de água.
Fonte: Autor

Estação Elevatória de Esgoto

A função estação elevatória de esgoto é a responsável por salvar as características da estação elevatória de esgoto no desenho e representa-la em um ponto escolhido pelo usuário (Figura 5), ela consiste em uma caixa de diálogo com informações sobre a estação (Figura 6), nela, os coeficientes K podem ser calculados de forma semelhante à função "estação elevatória de água", além disso, ela possui uma aba para se inserir os dados do poço de sucção, na quais muitos valores são calculados automaticamente e não podem ser modificados, uma vez que variam de acordo com o inserido pelo usuário em outros campos.

Editar

O editar irá modificar as características salvas pelo usuário nas outras funções, interagindo de forma diferente com cada uma das outras funções.

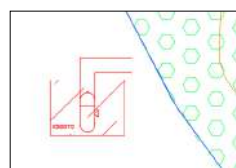


Figura 5: Representação da estação elevatória de esgoto.
Fonte: Autor



Figura 6: Caixa de diálogo da função estação elevatória de esgoto.
Fonte: Autor

Conclusão

O programa criado permite ao usuário maior praticidade e eficiência na realização de projetos de sistemas elevatórios, uma vez que suas funções podem ser executadas de forma conjunta e possuem uma interface dinâmica e organizada, que promove uma maior padronização do projeto, bem como a fácil compreensão e acesso das características básicas do mesmo. Ademais, o programa permite a inserção de novas funções e um futuro aprimoramento do mesmo.

Agradecimento

À Universidade Federal do Piauí, junto ao Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental, pelo apoio a pesquisa por meio do Programa Institucional de bolsas de iniciação científica (PIBIC).

Referências

- OMURA, G. AutoCAD 2002: Using VBA to Create AutoCAD Applications. Alameda: Sybex, 2001. 39 p.
- PORTO, R. M. Hidráulica básica. 4. Ed. São Carlos: EESC-USP, 2006. 540 p.
- SAINT-GOBAIN. Tubo de Ferro Fundido Classe K7. Disponível em: <http://sgpam.com.br/construcao-civil/produtos/tubos-e-conexoes-para-distribuicao-de-agua/tubo-de-ferro-fundido-classe-k7>. Acessado em: 4 de Abril de 2019.
- SUTPHIN, J. AutoCAD 2006 VBA: A Programmer's Reference. 1st Ed. New York: Apress, 2006. 743p.
- TIGRE. Infraestrutura Água: Catálogo Técnico. Disponível em: <https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-infraestrutura-agua.pdf>. Acessado em: 4 de Abril de 2019.

Programação aplicada à inserção de elementos gráficos em ambiente AutoCAD

Paulo Roberto Queiroz de Almeida (bolsista ICV/UFPI)¹;

Prof^a. Dr^a. Renata Shirley de Andrade Araújo (Orientadora, Departamento De Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental - UFPI)²;

Prof. Dr. Alessandro De Araújo Bezerra (Co-orientador, Departamento De Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental - UFPI)³;

rppauloro@gmail.com¹, renatashirley@ufpi.edu.br², alessandrobezerra@ufpi.edu.br³

Introdução

É de conhecimento geral que a água é um recurso fundamental para a sociedade, sendo, portanto, importante objeto de estudo. Pádua (2008) informa que o alto grau de qualidade da água é indicativo de saúde e essencial para a sociedade em geral. Muitos são os fatores que proporcionam uma boa qualidade à água, um deles é a rede de transporte, esta que, segundo Porto (2006), podem ser bastante complexas, devido aos vários componentes da rede e consequentemente o dimensionamento, operação e manutenção desse sistema são considerados uma parte bastante dispendiosa do projeto global de abastecimento.

Nesse contexto, softwares projetados para melhoria dessas redes de distribuição são de grande interesse de estudo, visto que são capazes de simplificar tarefas, ou reduzir esforços repetitivos, provenientes de atividades ligadas à área de projetos. O AutoCAD é um software compatível para o planejamento das redes e já bastante utilizado, pois sua linguagem de programação, AutoLISP, permite personalização de comandos e é de aprendizagem relativamente simples. Valdivino (2011) cita a possibilidade de utilizar seus inúmeros comandos originais e acessar um banco de dados do próprio AutoCAD, facilitando a manipulação das entidades do desenho, como vantagem dessa linguagem de programação.

Este trabalho tem como objetivo a criação de ferramentas de inserção de elementos gráficos que simulam alguns dos acessórios utilizados nas redes de distribuição, na forma de comandos customizados por meio do ambiente integral de desenvolvimento (IDE, sigla em inglês) do software AutoCAD.

Metodologia

Inicialmente foi realizado um levantamento sobre os principais tipos de conexões disponíveis e utilizados em projetos e rede distribuição, utilizando catálogos e manuais técnicos, fornecidos pelas fabricantes. Foram selecionados acessórios como: cruzeta, tê, curva, redução e adaptador.

Definidos quais conexões e materiais de trabalho, avaliou-se as várias combinações de conexão entre as tubulações, visando a melhor organização possível analisando o aspecto financeiro para se obter a configuração mais vantajosa. Esse planejamento foi organizado em diversas planilhas para posterior consulta.

Foram desenvolvidos comandos customizados utilizando a linguagem AutoLisp, os quais, quando solicitados, possibilitam a inserção de elementos gráficos que simulam as conexões e acessórios da rede de distribuição, como cruzeta, cap, curva e tê, por exemplo.

Os comandos customizados foram criados utilizando funções da AutoLISP, onde, por exemplo, o comando "CONEXOES", quando solicitado, irá inserir um elemento gráfico, que representa o acessório de conexão entre os tubos da rede, em um ponto de interseção do traçado da rede, este que foi criado, similarmente aos elementos gráficos aqui apresentados, em trabalhos anteriores de Neto (2016). O elemento gráfico inserido pelo comando "CONEXOES" poderá ser do tipo cruzeta, tê, ou curva. O comando "CAP" irá inserir o elemento gráfico que representa o acessório cap de redes hidráulicas. De maneira semelhante ao comando "CAP" existem os comandos "ADAPTADOR", "JUNCAO", "LUVA" e "REDUCAO".

A representação gráfica de cada elemento usado no programa foi baseada em modelos usados nos projetos da Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE), Figura 1.

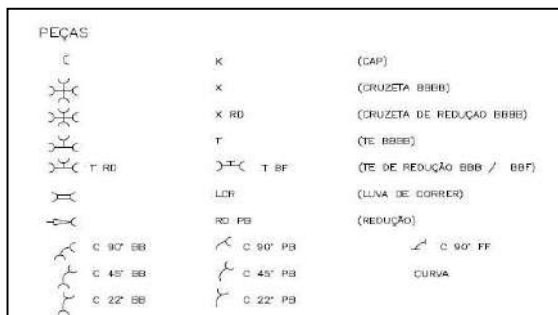


Figura 1: Símbolos representativos para conexões (P = Ponta; B = Bolsa; F = Flange).
Fonte: Cagece (2004).

Resultados e discussão

Comando CONEXOES

Ao ser solicitado, este comando exigirá que o usuário clique no ponto de inserção, o qual deverá ser uma interseção do traçado da rede. Em seguida, o comando avaliará a quantidade de elementos presentes na interseção, ou seja, avaliará quantos tubos fazem parte da interseção, para que possa ser escolhida a conexão correta, esta que poderá ser uma curva, para o caso de dois tubos; um tê, para o caso de três tubos; ou uma cruzeta, para o caso de quatro tubos em interseção.

A Figura 2 (à esquerda) mostra, inicialmente, o primeiro passo do comando "CONEXOES", onde deve-se clicar em um ponto de interseção do traçado da rede (tubos). Em seguida, o comando analisa esse ponto e avalia a quantidade de elementos gráficos, do tipo linha, que estão de encontro ao ponto de interseção.

Após a análise da quantidade de linhas, o comando irá calcular o ângulo entre os tubos, avaliando se é possível que seja inserida a conexão, considerando os limites de tolerância: para curvas de 90° (entre 78°30' e 101°30'); para curvas de 45° (entre 33°30' e 56°30'); para curvas de 22°30' (entre 11° e 34°); entre 78°30' e 101°30' para o tubo central de Tês; entre 78°30' e 101°30' para cruzetas (entre todos os tubos).

Por fim, na Figura 2 (à direita) pode-se conferir a última parte do comando, na qual ocorrerá a inserção automática, com o ângulo correto em relação ao traçado, do elemento gráfico, desde que tenham sido cumpridos todos parâmetros descritos anteriormente. No caso exemplificado tem-se o elemento gráfico do tipo tê.



Figura 2: Ilustração das ações do comando CONEXOES, para uma interseção entre três tubos.
Fonte: Autor.

Comando CAP e comandos semelhantes

O comando "CAP" opera de maneira distinta do comando "CONEXOES", e de maneira semelhante aos comandos "ADAPTADOR", "JUNCAO", "LUVA" e "REDUCAO".

Para exemplificar esses comandos semelhantes, utilizou-se o comando "CAP" (Figura 3), onde, ao ser acionado, este comando solicitará ao usuário que clique no local onde deverá ser inserido o cap, geralmente em finais de rede ou para fechamento de pontos de espera. Em seguida, o comando irá inserir automaticamente o elemento gráfico que representa o cap e sua respectiva legenda.

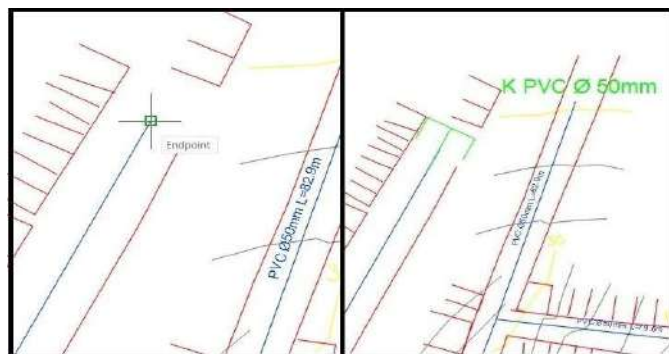


Figura 3: Ilustração das ações do comando CAP.
Fonte: Autor.

Conclusão

Nota-se que a linguagem AutoLISP é de grande valia para a execução das atividades realizadas até aqui. Acredita-se que para a conclusão da ferramenta desejada, novas funcionalidades deverão ser implementadas, como botões de acionamento dos comandos, através da linguagem VBA.

Agradecimento

Agradeço à Universidade Federal do Piauí, junto ao Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental, pelo apoio à pesquisa.

Referências

- CAGECE. Manual de encargos de obras de saneamento. 2004. Companhia de Água e Esgoto do Ceará – Cagece. Disponível em: <https://www.cagece.com.br/wp-content/uploads/PDF/ManualEncargos/Manual-de-Encargos-de-Obras-de-Saneamento.pdf> . Acesso em: 30 de jul. 2018.
- NETO, José, P. S. Computação gráfica e modelagem computacional aplicada à redes de distribuição de água em ambientes AutoCAD e Epanet. Relatório de PROGRAMA ICV UFPI, 2016.
- PÁDUA, Valter L. Abastecimento de água: construção, operação e manutenção de redes de distribuição de água: guia do profissional em treinamento: nível 1. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). Belo Horizonte, ReCESA, 2008.
- PORTO, R. M. Hidráulica Básica, 4ª ed. São Carlos, EESC USP, 2006.
- VALDIVINO, R. S. A. Uma ferramenta computacional para auxílio em projetos de sistemas de abastecimento d'água. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil, área de concentração: Recursos Hídricos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

ENGENHARIA AERONÁUTICA

EA01 - Análise em CFD da Geometria da Garganta de uma Tubeira	pg. 8
EA02 - Estudo Prospectivo sobre a Utilização de Materiais Poliméricos na Engenharia Aeroespacial	pg. 9
EA03 - Nitretação a Plasma com Gaiola Catódica do Aço AISI 444: Investigação e Análise dos Parâmetros de Tratamento	pg. 10

ANALISE EM CFD DA GEOMETRIA DA GARGANTA DE UMA TUBEIRA

Kassio Felipe da Costa Serra (Graduado em Engenharia Mecânica - UEMA, Graduando Licenciatura em Física - IFMA);
 João Manoel Torres Lobato (Graduado, Engenharia Mecânica – UEMA);
 kassio191@gmail.com.
 jmanoelcxma@gmail.com.

Introdução

A tubeira de motor de foguete é um dispositivo que é usado para converter a energia termoquímica gerada na câmara de combustão em energia cinética. O princípio é converter gases de alta pressão e baixa velocidade em gases de baixa pressão e alta velocidade, resultado pela queima do propelente que sai do motor, ampliando o empuxo

O dispositivo é dividido em três partes, subsônica convergente, garganta e supersônica divergente.

Este trabalho tem como objetivo de analisar a geometria da garganta em formato circular e triangular se terá influência na pressão total e na velocidade distribuída na tubeira, com a ajuda do software ANSYS, poderemos utilizar técnicas de simulações computacionais para chegar em melhores resultados.

Metodologia

Geometria da garganta

A Figura 1 mostra o formato triangular da garganta que foi desenhado no software ANSYS e na Figura 2 observamos a forma circular. Nos dois modelos foram adotados as mesmas condições de contorno, comprimento, altura e a área na garganta.



Figura 1 – Garganta formato triangular.

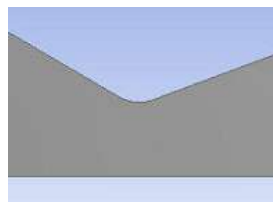


Figura 2 – Garganta formato circular

Com o uso da ferramenta ANSYS Fluent, poderemos adotar as condições para definir o modelo de estudo. As condições limites são um fluxo de massa na entrada, saída e parede.

As especificações de análise foram as mesmas para as duas tuberias, para assim analisar em uma imagem 2D e entender o comportamento dessa mudança na geometria pode ocasionar.

Geometria do bocal de Laval

A propulsão do foguete pode ser influenciada por muitos fatores, a necessidade de estudar esse fatores é para que não haja uma perda de resultados. A análise feita com o tipo de material, combustível, forma geométrica, pressão, temperatura e outras podem influenciar nas respostas dos estudos nessa área. O formato de bocal tem muita influência, na Figura 3 nos mostra os modelos de bocal.

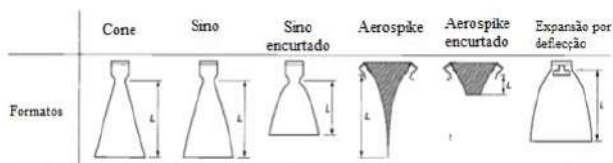


Figura 3: Modelo de bocal (adaptado).
 Fonte: Rocket Element Propulsion *

Para atender as condições da simulação para que não possa ter uma grande influência no resultado final, o tipo cone foi utilizado como padrão na modelagem, pois foi o primeiro a ser produzido e ainda utilizado no setor aeroespacial.

Resultados e discussão

Na Figura 4 possui baixa pressão total na seção convergente-divergente comparada a Figura 6.

A velocidade aumenta quando entra e sai da garganta, e diminui nas paredes na seção divergente. Na figura 5 tem um aumento significativo da velocidade na área da garganta, mas a distribuição da velocidade ao longo da seção divergente é menor em relação a figura 7.

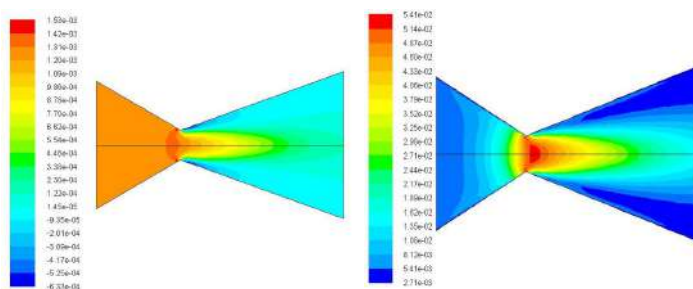


Figura 4 – Resultado da pressão total da tubeira com a garganta formato triangular.

Figura 5 – Resultado da velocidade da tubeira com a garganta formato triangular.

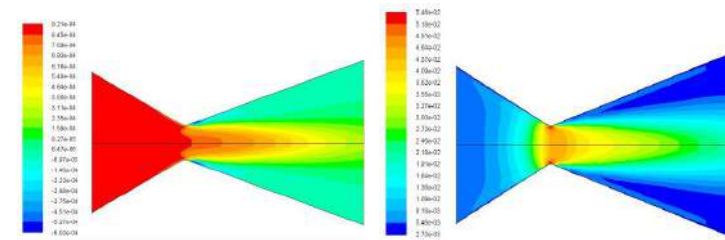


Figura 6 – Resultado da pressão total da tubeira com a garganta formato circular.

Figura 7 – Resultado da velocidade da tubeira com a garganta formato circular.

Conclusão

Pela análise dos resultados obtidos, a geometria da garganta tem influência no processo, a alta velocidade na garganta na Figura 4 gera uma perda de pressão na seção convergente. A confirmação dessa resposta se obteve quando foi gerada a simulação com garganta formato circular que podemos observar na Figura 6 e 7.

Para trabalho futuro, recomendo a análise da intensidade da turbulência e a formação de vórtex na seção divergente.

Agradecimento

Agradeço aos colegas do Carcará Rocket Desing da Universidade Estadual do Maranhão pelo apoio.

Referências

BELEGA, Bogdan-Alexandru; NGUYEN, Trung Duc. Analysis of flow in convergent-divergent rocket engine nozzle using computational fluid dynamics. International Conference of Scientific Paper, Brasov, 6 f. maio 2015.
 CAI, Guobiao; FANG, Jie; XU, Xu; LIU, Minghao. Performance prediction and optimization for liquid rocket engine nozzle. *Aerospace Science and Technology*, v. 11, n. 2-3, p. 155-162, 2007.
 FUTTON, George. P. BIBLARZ, Oscar. *Rocket Propulsion Elements*. n. 7. Estados Unidos, John Wiley & Sons, Inc. 2001. p. 751.
 Natta, Pandhasarathi.; Kumar, V.Ranjith.; Rao, Dr. Y.V. Hanumantha.; Flow Analysis of Rocket Nozzle Using Computational Fluid Dynamics (Cfd). *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*, ISSN: 2248-9622; Vol. 2, Issue 5, September- October 2012, pp.1226-1235
 Pandey, K.M.; Singh, A.P. CFD Analysis of Conical Nozzle for Mach 3 at Various Angles of Divergence with Fluent Software. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*, Vol. 1, No. 2, August 2010, ISSN: 2010-0221.

ESTUDO PROSPECTIVO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS POLIMÉRICOS NA ENGENHARIA AEROESPACIAL

Millena de Cassia Sousa e Silva – mdcsilva94@gmail.com (UFPI); Yvo Borges da Silva – yvo13579@outlook.com (UFPI); Valdivânia Albuquerque do Nascimento – val.Albuquerque@Hotmail.com (UFPI).

Introdução

A facilidade e o baixo custo de processamento fizeram com que os materiais poliméricos se tornassem abundantemente presentes na nossa vida cotidiana, após décadas de uso restrito, devido ao seu custo de obtenção, os compósitos poliméricos, também denominados avançados, têm ampliado a sua utilização em diferentes setores da indústria moderna. ¹

Existe uma gama de tipos de polímeros para aplicações avançadas: polímeros com excelentes estabilidade térmica e oxidativa, para o uso em aplicações aeroespaciais; plásticos utilizados na engenharia. Os termoplásticos reforçados com fibras contínuas têm sido utilizados amplamente no setor aeroespacial por serem mais resistentes que os metais, possuírem baixa absorção de umidade entre outras características. ²

Metodologia

Para a pesquisa nos bancos de dados foram utilizados termos, *Polymer and Modified and "Aerospace Engineering"*. O método de busca, com as palavras em inglês (Bases: Espacenet, Uspto e WIPO). Os artigos foram pesquisados nos bancos de dados Web of Science, Scopus e Science Direct, com os mesmos termos utilizados na busca de patentes.

Resultados e discussão

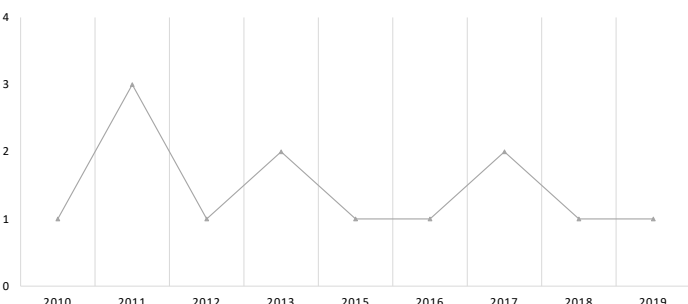
Os resultados obtidos pela busca de patentes foram de no total 01 patente no banco de dados EPO e 20 na USPTO, usando a combinação de final palavras. Na busca por artigo, utilizando todas as palavras-chave na base Web of Science foram encontrados 03 artigos e na base Scopus foram encontrados 13 artigos, na plataforma do Science Direct foram encontrados 3.092 artigos ao utilizar-se todas as palavras-chave pois ele serve de acesso para um numero considerável de revistas. As informações brevemente informadas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Mapeamento de artigos e patentes sobre a utilização de polímeros modificados na Engenharia Aeroespacial.

PALAVRAS-CHAVE	ESPACE T(EPO)	USPTO	WIPO	WEB OF SCIENCE	SCOPUS	SCIENCE DIRECT
POLÍMERO	10.000	119.123	853.788	952.012	1.145.482	1.249.935
POLÍMERO E MODIFICAÇÃO	10.000	51.093	39.287	78.662	78.939	504.468
POLÍMERO E MODIFICAÇÃO E ENGENHARIA AEROESPACIAL	01	20	00	03	13	3.092

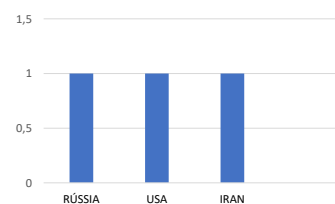
Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 1: Acompanhamento dos depósitos de artigos por ano.



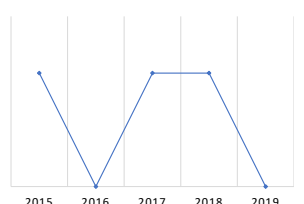
Fonte: Autoria própria (2019), banco de dados USPTO.

Figura 2: Mapeamento dos artigos publicados em diferentes países.



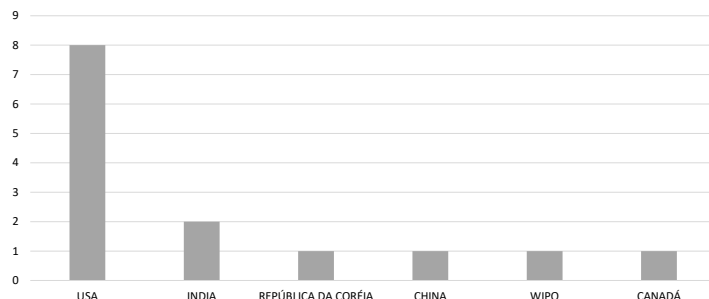
Fonte: Autoria própria (2019), banco de dados W.O.S.

Figura 3: Acompanhamento dos depósitos de artigos por ano.



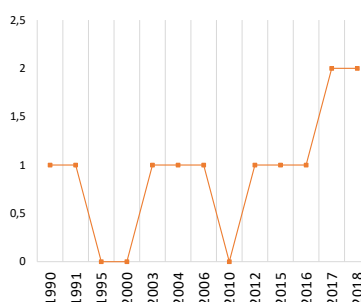
Fonte: Autoria própria (2019), banco de dados W.O.S.

Figura 3: Mapeamento das patentes depositadas em diferentes países.



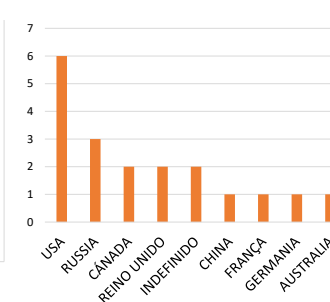
Fonte: Autoria própria (2019), banco de dados USPTO.

Figura 4: Acompanhamento dos depósitos de artigos por ano.



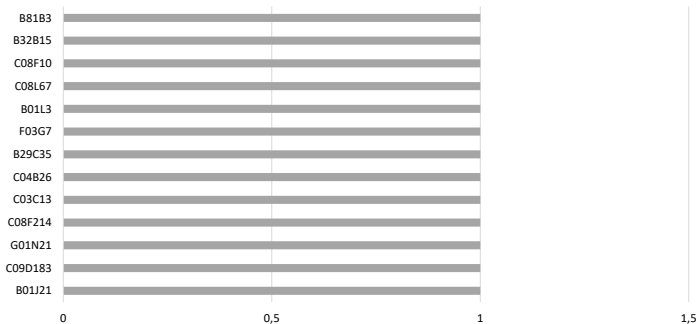
Fonte: Autoria própria (2019), banco de dados SCOPUS.

Figura 5: Acompanhamento dos depósitos de artigos por países.



Fonte: Autoria própria (2019), banco de dados SCOPUS.

Figura 6: Distribuição das patentes de acordo com a classificação internacional de patentes.



Fonte: Autoria própria (2019), banco de dados USPTO.

Conclusão

Os resultados encontrados com a prospecção tecnológica, mostram que o uso de polímeros modificados na área de engenharia aeroespacial é possível, porém de forma muito tímida mas crescente, podendo ser considerado como uma inovação tecnológica. A popularização do material abriria novas possibilidades para as aplicações na indústria aeroespacial, o número de artigos encontrados nos leva a acreditar que estudos na área estão em desenvolvimento.

Referências

- ZOPPI, Rita A.; DE PAOLI, Marco A. Aplicações tecnológicas de polímeros intrinsecamente condutores: perspectivas atuais. *Química nova*, v. 16, n. 6, p. 560-569, 1993.
- Moreira, Amanda; VASCONCELOS, Mayara B. Polímeros na Indústria Aeroespacial. *Universidade do Estado de Santa Catarina*, 2014.

Agradecimento



NITRETAÇÃO A PLASMA COM GAIOLA CATÓDICA DO AÇO AISI 444: INVESTIGAÇÃO E ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE TRATAMENTO

Renan Matos Monção (bolsista PIBIC CNPq/ ICV/UFPI);
renanmatos2010@hotmail.com

Bruno Barbosa de Aquino (Apresentador/UFPI);
brunobar008@gmail.com

Prof. Dr. Rômulo Ribeiro Magalhães (Orientador, Departamento de Engenharia Mecânica – UFPI);
romulorms@gmail.com

Introdução

Tratamentos de superfície têm assumido um papel de crescente importância entre as técnicas de processamento de materiais. A nitretação por plasma convencional é um processo bem aceito industrialmente, porque apresenta várias vantagens em relação aos outros processos de nitretação (a gás e em banho de sais), tais como maior economia de gases e menor duração do processo.

Segundo Bermudez (1999), dentre as várias aplicações industriais da nitretação por plasma, se destaca a indústria de armamento e aeroespacial em que canos de canhão, peças do guiamento de mísseis e outros componentes do mesmo podem utilizar a técnica para aprimorar suas propriedades mecânicas. Além disso, segundo Silva (2016) é possível também utilizar a nitretação a plasma para o compressor de um motor de uma caça aeronáutica.

Uma técnica alternativa de nitretação iônica é a ASPN (Active Screen Plasma Nitriding), onde as amostras ficam envolvidas por uma tela polarizada catodicamente e com ela é possível obter uma camada nitretada perfeitamente uniforme independente da forma da amostra. Desta forma o plasma atua na tela e não nas superfícies das amostras. (Sousa, 2004).

Nesse trabalho será utilizada uma técnica mais recente (2007) de nitretação, denominada de nitretação em gaiola catódica (NGC). Esta técnica é derivada da ASPN, mas que utiliza o efeito do catodo oco para aumentar a eficiência do processo de nitretação, proporcionando um aumento de dureza e espessura de camada. O objetivo deste trabalho é tratar termoquimicamente o aço AISI 444, melhorando suas propriedades como dureza, resistência ao desgaste, rugosidade e resistência a corrosão. Além de descobrir os melhores parâmetros de tratamento.

Metodologia

Amostras cilíndricas de aço AISI 444 foram tratadas termoquimicamente em uma atmosfera de H₂+N₂. Variáveis como pressão, temperatura, fluxo de gases, tempo de tratamento e proporção de gases foram modificadas em busca das melhores condições de tratamento.

Antes de serem tratadas as amostras e a gaiola foram preparadas, essa preparação consiste no lixamento e no polimento das amostras e no lixamento e no polimento das amostras e gaiola em diferentes granulometrias.

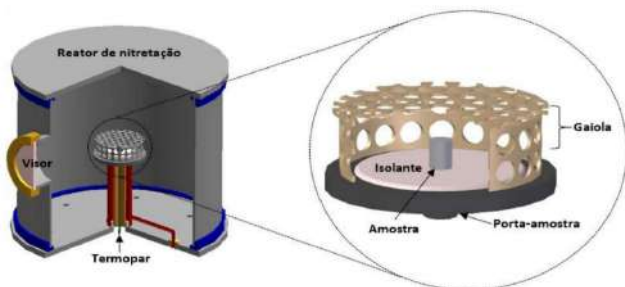
Depois de devidamente preparadas, as amostras foram tratadas nas seguintes condições:

Tabela 1: Parâmetros dos Tratamentos:

Parâmetros	NC	NGC
Tempo (h)	4	4
Temperatura (°C)	450	450
Pressão (TORR)	3,5	3,5
Fluxo de gases (SCCM)	25-H ₂ /75-N ₂	75-H ₂ /25-N ₂

Fonte: Autoria Própria (2018)

Figura 1: Arranjo do conjunto Gaiola Catódica - Amostra no reator de Nitretação



Resultados e discussão

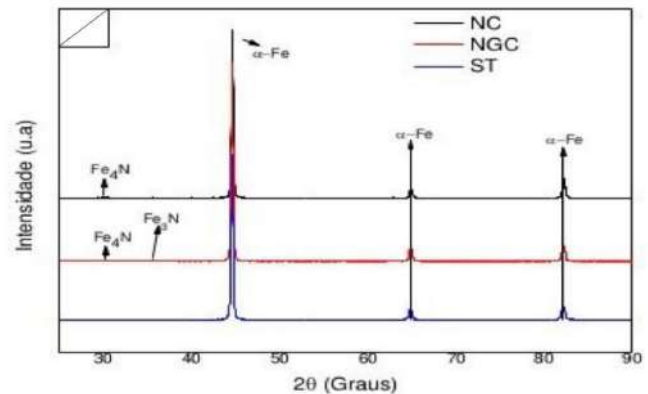
Resultados de microdureza das amostras sem tratamento (ST) e tratadas por nitretação convencional (NC) e com gaiola catódica (NGC) estão dispostos na TABELA 2. Observa-se que em ambas a microdureza média é cerca de 3 vezes maior que a do substrato, notando-se assim a eficácia da técnica.

TABELA 2: Microdureza média das amostras sem tratamento e tratadas por NC e NGC.

Microdureza média (HV)		
NC	NGC	ST
935,72	916,75	300

Fonte: Autoria Própria (2018)

Na Figura 2 estão presentes os difratogramas de DRX de todas as amostras nitretadas. Podemos observar que em todos os espectros está presente a fase Fe₃N e Fe₄N. Este composto é formado a partir da ligação dos íons de nitrogênio com os átomos de ferro retirados da amostra ou da gaiola. Na amostra NC está presente um pico de Fe₄N além dos picos convencionais que estão presentes nos outros espectros. Essas fases possuem alta dureza, boa resistência ao desgaste e excelente resistência a corrosão, provando assim a eficácia do método, bem como podendo transferir para aplicações industriais, armamento ou no setor aeroespacial.



Fonte: Autoria Própria (2018)

Conclusão

Após tratamento de 4 horas, obteve-se uma melhoria significativa na dureza do aço. O tempo de tratamento influencia na difusão do Nitrogênio na estrutura do material, resultando na formação de uma camada de nitretos mais espessa, que gerou o aumento da microdureza superficial das amostras. Além disso, o DRX realizado confirma a formação de nitretos nas amostras, aumentando assim sua dureza, confirmando possíveis aplicações nos setores industriais e aeronáutico.

Agradecimento

Agradeço à UFPI pelo apoio, assim como aos colegas do Laboratório de Plasma da Universidade Federal do Piauí.

Referências

- Bermudez, N.E.; Casteletti, L.C. Nitretação por plasma contínuo e pulsado dos aços DIN X50 CrVmo 51 e DIN 34 CrAlNi 7. Dissertação de mestrado de Ciência e Engenharia de Materiais da Universidade de São Paulo, 1999.
Silva, C.D.; Zavgaglia, C.A. Tratamento Superficial de Implantação Iônica por Imersão a Plasma (IIP) em Palheta do Nono Estágio do Compressor do Motor J85. Faculdade de Engenharia Mecânica, UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2016.
SOUSA, R.M.; DE ARAÚJO, F.O.; BARBOSA, J.C.P.; OLIVEIRA, R.S.; RIBEIRO, K.J.B.; MENDES, M.W.D.; ALVES JUNIOR, C. Nitretação em gaiola catódica: influência do tempo de tratamento. Revista Matéria, v.13, n.1, p.119-124, 2004.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

EE01 - Análise da Eficiência Energética em Rede de Distribuição de Ar Comprimido para uma Fábrica de Bicicletas	pg. 12
EE02 - Avaliação do Monitoramento do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede e seus Impactos na Qualidade de Energia na UFPI	pg. 13
EE03 - Utilização de Materiais Supercondutores de Alta Temperatura em Sistemas de Energia: Uma Prospecção Tecnológica	pg. 14
EE04 - Utilização de Nanocompósitos Metálicos para Eficiência Energética na Produção Industrial: Uma Prospecção Tecnológica	pg. 15

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO PARA UMA FÁBRICA DE BICICLETAS

Luiz Henrique Portela de Abreu (Doutorando – PPGCEM/UFPI); Renan Matos Monção (bolsista PIBIC CNPq/UFPI); Wênio Fhará Alencar Borges (Doutorando – PPGEM/UFPE - IFMA)
luis_henrique92@hotmail.com; renanmatos2010@hotmail.com; wenioborges@hotmail.com

Introdução

O ar comprimido fornece energia para uma intensa variedade de operações fabris, dentre elas podemos destacar o controle e automação de processos, esmerilhar, furar, parafusar, pintar e pressurizar (EP, 2003). Na maioria das indústrias não há uma autocritica do sistema de ar comprimido buscando melhorias constantes e as condições de operação são somente as necessárias para que a produção de ar seja mantida (CAGI, 2004).

Através de observações e estudos preliminares, foi levantada a hipótese de que a linha de distribuição de ar comprimido da unidade avaliada possuía defeitos e irregularidades que estavam influenciando no rendimento das máquinas e ferramentas pneumáticas utilizadas e um aumento nas horas de trabalho do compressor.

Assim, este trabalho, através de uma análise de eficiência energética, visa apresentar o projeto do layout, a análise da queda de pressão e a estimativa da quantidade de vazamentos na rede de distribuição de ar comprimido de uma fábrica de bicicleta em Teresina (PI).

Metodologia

Projeto do layout original da rede de ar comprimido

Para o projeto do layout original da linha de distribuição de ar comprimido da fábrica utilizou-se da seguinte metodologia (PARKER, 2007):

- Aquisição da planta da fábrica em escala 1:200 através do engenheiro responsável;
- Confecção do layout das malhas de distribuição de ar comprimido existentes na planta da fábrica;
- Desenho em CAD das malhas de distribuição de ar comprimido em escala 1:1.

Cálculo da perda de carga na rede de ar comprimido

O seguinte método foi utilizado para o cálculo da perda de carga total na linha de distribuição de ar comprimido (Macintyre, 1997):

- Obtenção do comprimento total da malha de distribuição de ar comprimido através do desenho em CAD em escala 1:1;
- Cálculo do comprimento equivalente relativo a todas as conexões da malha de distribuição de ar comprimido com o auxílio de tabela.
- Obtenção do consumo de ar comprimido, (Q), de todas as máquinas e equipamentos da fábrica através de catálogos, manuais e dimensões dos cilindros pneumático.
- Cálculo da relação de compressão (R);
- Utilização da Eq. (1) (Worthington Corporation *apud* Macintyre, 1997), para o cálculo da perda de carga nas linhas principais e secundárias de distribuição de ar comprimido e no ponto mais afastado da sala de compressores.

$$h_f = 0.842 \cdot \frac{l_{total} \cdot Q^2}{R \cdot d^5} \quad (1)$$

Estimativa da quantidade de vazamentos

Estimar a quantidade de vazamentos na rede de distribuição de ar comprimido é uma boa estratégia para programar manutenções e verificar a eficiência na utilização da capacidade dos compressores (Macintyre, 1997). O vazamento total (porcentagem) pode ser calculado como segue (CAGI, 2004):

$$\text{Vazamento (\%)} = \frac{TC}{TC + TD} \cdot 100 \quad (2)$$

Onde:

TC = Tempo de carga dos compressores para encher o reservatório e a linha de ar comprimido (em segundos).

TD = Tempo de descarga do reservatório e da linha de ar comprimido, com todos os equipamentos desligados (em segundos).

Resultados e discussão

Projeto do layout original da rede de ar comprimido

O layout original foi confeccionado de acordo com os procedimentos descritos na metodologia e segue na Figura 1. De acordo com o layout, não há um projeto adequado da linha de distribuição de ar comprimido, onde em alguns pontos não há sequer o cuidado em se economizar tubulações e conexões, fazendo com que se eleve a perda de carga na malha.

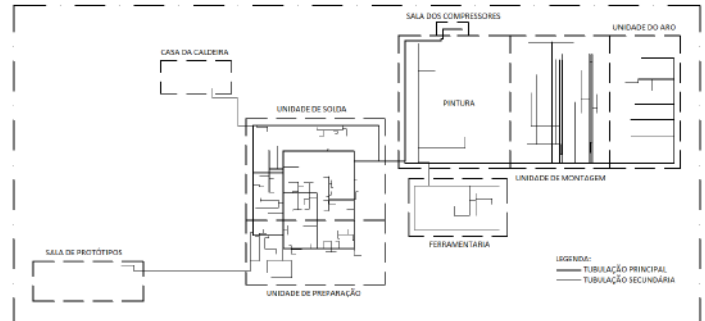


Figura 1 – Layout da linha de distribuição de ar comprimido da unidade avaliada.

Cálculo da perda de carga na rede de ar comprimido

Utilizando-se a Eq. (1), apresentada na metodologia, calculou-se a perda de carga nas linhas de distribuição, como se segue na tabela abaixo:

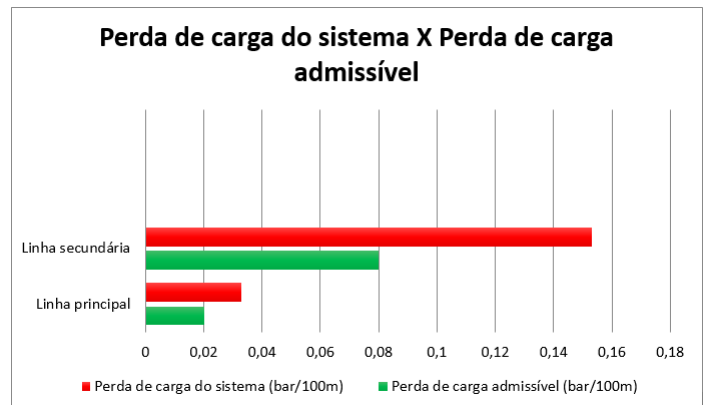


Figura 2 – Comparação entre a perda de carga do sistema com a perda admissível de projeto.

Estimativa da quantidade de vazamentos

Utilizando-se a metodologia proposta, obteve-se o tempo de carga (TC) de 2,15 minutos e o tempo de descarga (TD) de 12,45 minutos. Aplicando a Eq. (2), obteve-se a porcentagem de perda de vazamento na rede de distribuição de ar comprimido igual a:

$$\text{Vazamento (\%)} = \frac{2,15}{2,15 + 12,45} \cdot 100 = 15\%$$

Portanto, a porcentagem de vazamento relativa à capacidade dos compressores é de 15%.

Conclusão

Após a análise dos resultados, foi obtido os valores das perdas de carga nas linhas de distribuição principais e secundárias, esses valores foram comparados aos das perdas de carga admissíveis, de acordo com a bibliografia, e mostraram-se elevados, comprovando a hipótese de que a perda de carga nas linhas estava afetando o rendimento das máquinas mais sensíveis à pressão de trabalho. Também foi elaborado o layout para a rede de distribuição de ar comprimido, que pode servir como ponto de partida para um possível futuro trabalho de alterações na rede.

Agradecimento

Agradeço à UFPI e a CAPES pelo apoio.

Referências

- CAGI - COMPRESSED AIR AND GAS INSTITUTE. *Manual de Ar Comprimido e Gases*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 8820 p., 2004.
MACINTYRE, A.J. *Equipamentos Industriais e de Processos*. São Paulo: LTC, 1997.
PARKER TRAINING. *Tecnologia Pneumática Industrial*. 1ª Revisão, 196 p., 2007.
EP - ENERGY DEPARTMENT. *Improve Compressed Air System Performance*. 128 p., 2003.

AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE E SEUS IMPACTOS NA QUALIDADE DE ENERGIA NA UFPI.

Tatyane Mityko Dias Fussuma (bolsista ICV/UFPI);
Prof. Dr. Fábio Rocha Barbosa (Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – UFPI);
tatyamedias003@gmail.com.

Introdução

O monitoramento de Qualidade de Energia é necessário para caracterizar os fenômenos eletromagnéticos em uma localidade típica, diagnosticar incompatibilidades entre a fonte de energia elétrica e a carga, além de refinar técnicas de modelagem (IEEE, 2009).

No presente trabalho, realiza-se a avaliação do monitoramento de um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede, composto por 114 painéis fotovoltaicos do tipo policristalino, cuja potência nominal é de 36KW, e sua influência na qualidade de energia elétrica na rede de distribuição na UFPI.

Sob uma ótica específica, objetiva-se estimar a economia de energia na instituição após sua instalação e calcular o tempo de retorno financeiro do mesmo. No qual é realizado um estudo de caracterização do perfil da tensão e verificação da injeção de componentes harmônicos na rede, analisando assim a influência da instalação do SFCR na qualidade da rede que atende o local onde está instalado o sistema fotovoltaico.

Metodologia

Monitoramento da Qualidade de Energia

Para a medição e armazenamento de tensão, corrente, frequência e harmônicos foi utilizado o analisador de qualidade de energia ET-5051C da Minipa.

Topview

A interface utilizada para análise dos dados foi o software TOPVIEW, no qual é possível extrair gráficos dos registros e tabelas.



Figura 1: Analisador de Qualidade de Energia Elétrica.
Fonte: Minipa (2011).



Figura 2: Tela de abertura do TOPVIEW.
Fonte: Elaborada pela autora.

Plataforma dos inversores GOODWE

Outra forma para coleta e análise dos dados do monitoramento da geração de energia produzida pelo sistema é a plataforma dos inversores GOODWE, cujo sistema de aquisição de dados internet-based é capaz de verificar:

- Potência instantânea em KW (Power)
- Energia produzida diariamente em kWh (EDay)
- Energia total gerada em MWh (ETotal)
- Economia total em dólar (Total Yield)
- Quantidade total de árvores preservadas (Total Plant)
- Toneladas de CO2 (Total Avoid) que o conjunto de painéis fotovoltaicos estão deixando de emitir no meio ambiente.



Figura 3: Visão global da plataforma GOODWE.
Fonte: Elaborada pela autora.



Figura 4: Análise de uma produção inconstante.
Fonte: Elaborada pela autora.

Resultados e discussão

A partir da coleta de dados do monitoramento da geração de energia produzida pelo sistema, utilizando a plataforma GOODWE, é possível diagnosticar por meio dos gráficos, tabelas e dados a tendência de funcionamento do sistema, bem como a ocorrência de alguma falha.

Já com o analisador de energia, pode-se obter a medição e aquisição de dados de qualidade de energia a partir da análise detalhada das tensões de fase, linha, neutro, além das corrente, frequência e harmônicos. Nas figuras a seguir, é possível a visualização de alguns dados obtidos pelo analisador na coleta dos dias 24 a 28 de setembro de 2018, através do software Topview.

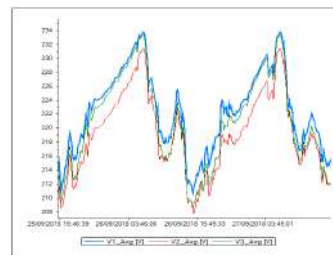


Figura 5: Tensões de fase no TOPVIEW.
Fonte: Elaborada pela autora.

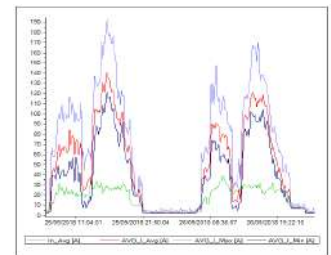


Figura 6: Corrente média no TOPVIEW.
Fonte: Elaborada pela autora.

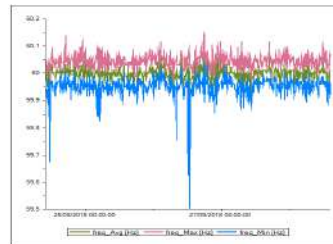


Figura 7: Frequência no TOPVIEW.
Fonte: Elaborada pela autora.

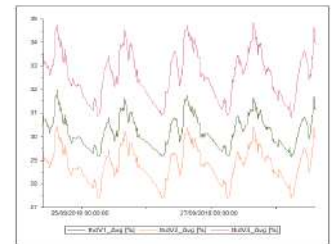


Figura 8: Porcentagem de distorção harmônica total das três fases no TOPVIEW.
Fonte: Elaborada pela autora.

Conclusão

Através do software TOPVIEW e da Plataforma dos inversores GOODWE, obtém-se a coleta e avaliação dos dados do monitoramento da geração de energia elétrica produzida pelo sistema de forma complementar e muito mais segura, reduzindo os prováveis erros advindos da falha dos equipamentos durante esse procedimento.

Quanto a economia de energia na instituição após a instalação final do SFCR e o tempo de retorno financeiro do mesmo, necessita-se de um melhor monitoramento do real valor que é consumido e gerado pelo Bloco de Engenharia Elétrica. Para isso, é imprescindível a instalação de um medidor de energia bidirecional. Desse modo, será possível realizar os cálculos com maior exatidão do tempo de retorno e a economia gerada para a Universidade Federal do Piauí, bem como caracterizar o quão autossuficiente o bloco se tornou.

Agradecimento

Agradeço à UFPI pelo apoio, ao Prof. Dr. Fábio Rocha Barbosa e ao técnico Filipe Bispo Lima do Laboratório de Eficiência Energética.

Referências

- IEEE STANDARDS ASSOCIATION AND OTHERS. IEEE Std.1159: IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. New York, 2009. 91 p.
- MINIPA. Analisador de qualidade de energia ET-5051C/ET5061C. [S.l.]. 2011
- MOREIRA, Yago Borges. Identificação e Avaliação dos Distúrbios Elétricos no Prédio do Departamento de Engenharia Elétrica da UFPI. Universidade Federal do Piauí. 2017

UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS SUPERCONDUTORES DE ALTA TEMPERATURA EM SISTEMAS DE ENERGIA: UMA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Laura Almeida Pereira dos Santos (latpslats@outlook.com/ UFPI); Valdivânia Albuquerque do Nascimento (val.albuquerque@hotmail.com/ UFPI); Felipe Pereira Siqueira e Silva (felipesiqueira999@gmail.com/ UFPI);

Introdução

Os materiais supercondutores de alta temperatura apresentam-se como potenciais promotores de importantes desenvolvimentos na área energética. Algumas das suas características possibilitam o desenvolvimento de novas tecnologias que de outra forma seriam impraticáveis ou impossíveis, tendo como exemplo dessas características as suas propriedades eletromagnéticas e o seu nível de diamagnetismo. Dentre os problemas energéticos com que a sociedade se confronta atualmente e que o emprego desses materiais pode influenciar de maneira positiva podemos citar a necessidade, não só econômica, mas também ambiental, de reduzir as perdas associadas à geração, transporte e distribuição de energia [1]. Esse trabalho tem como objetivo realizar uma busca na literatura de materiais supercondutores de alta temperatura em sistemas de energia.

Metodologia

- Efetuou-se busca de patentes nas bases de dados: Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WIPO); Escritório de Patentes e Marcas dos Estados Unidos (USPTO); Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI); Escritório Europeu de Patentes (EPO).

- Efetuou-se busca de artigos nas bases de dados: Scopus; Scielo.

Resultados e discussão

Tabela 1: Número de pedidos de depósito de patentes e de artigos científicos por base de dados.

Palavras-chaves	WIPO	USPTO	INPI	ESPACE NET (EPO)	SCOPUS	SCIELO
superconducting	23.759	4.857	22	>10.000	191.542	130
Superconducting and materials	1.827	3.465	4	2.443	75.106	34
High-energy and superconducting and materials	91	7	0	20	1.332	2
High-energy and superconducting and materials and power systems	2	0	0	0	71	0

Figura 1- Gráfico dos países dos artigos com as palavras-chave "High-energy and Superconducting and Materials and Power Systems" publicados na base Scopus.

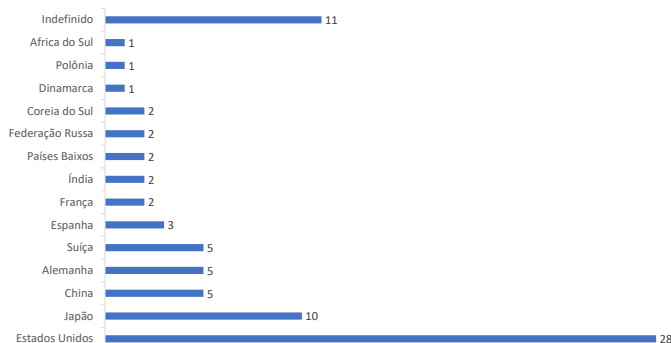


Figura 2- Gráfico dos anos de publicação dos artigos com as palavras-chave "High-energy and Superconducting and Materials and Power Systems" publicados na base Scopus.

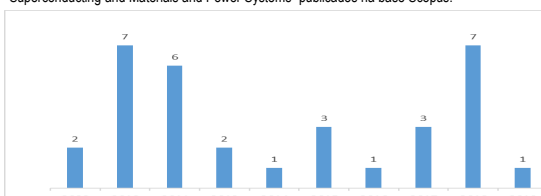


Figura 3 – Gráfico dos países das patentes com as palavras-chave "High-energy and Superconducting and Materials" publicadas nas bases EPO, USPTO e WIPO.

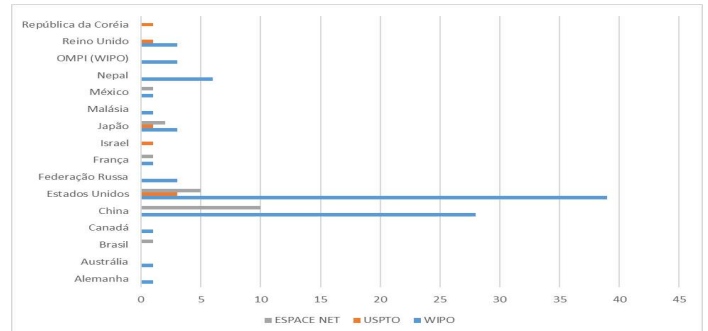


Figura 4- Gráfico CIP das patentes com as palavras-chave "High-energy and Superconducting and Materials" publicadas nas bases EPO, USPTO e WIPO.

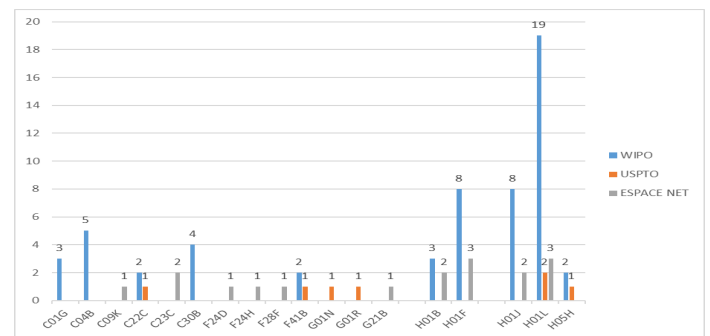
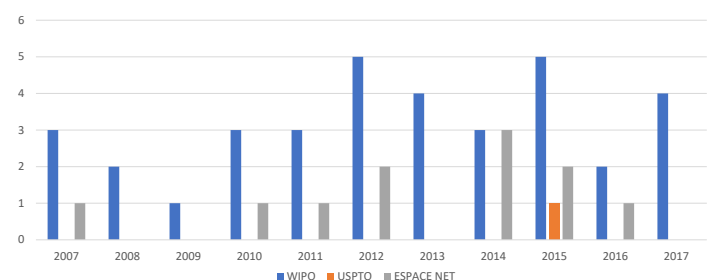


Figura 5- Gráfico das patentes publicadas por ano de 2007 a 2017 com as palavras-chave "High-energy and Superconducting and Materials" publicadas nas bases EPO, USPTO e WIPO.



Conclusão

Tendo em vista os aspectos observados podemos concluir que novas pesquisas devem ser feitas relacionadas a utilização de materiais supercondutores de alta temperatura em sistemas de energia a fim de desenvolver novos materiais, melhorar os já existentes e dar novas aplicações a eles. Podemos concluir também que a maior parte das patentes publicadas têm CIP H01L, H01J e H01F e que o país com maior número de publicações de artigos arrespeito desse tema é os Estados Unidos.

Agradecimento

UFPI, CAPES.

Referências

[1] PINA, João Miguel Murta. Desenho e modelização de sistemas de energia empregando materiais supercondutores de alta temperatura. 2010.

UTILIZAÇÃO DE NANOCOMPÓSITOS METÁLICOS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA PRODUÇÃO INDUSTRIAL: UMA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Yvo Borges da Silva* - UFPI; Millena de Cássia Sousa e Silva – UFPI; Valdivânia Albuquerque do Nascimento – UFPI.
*yvo13579@outlook.com.

Introdução

Os nanocompósitos são materiais em que pelo menos um de seus componentes apresentam dimensões nanométricas.¹ O interesse pelos nanocompósitos metálicos tem crescido acentuadamente, uma vez que estes compostos tendem a apresentar melhores propriedades quando comparados com os compósitos convencionais.²

A preocupação com a elevação do consumo de combustíveis e energia na atividade industrial, tem estimulado o desenvolvimento de técnicas para a quantificação das entradas e saídas de energia na indústria, possibilitando o cálculo do balanço energético.³ Os balanços energéticos são indicadores relacionadores de energia e constituem promissora abordagem técnica para se avaliar e investigar problemas relacionados à sustentabilidade e eficiência de sistemas industriais.⁴

Metodologia

A busca de produção científica/pedidos de patentes foi realizada em bases de dados específicas a cada forma de conhecimento: *World Intellectual Property Organization* (WIPO), *European Patent Office* (EPO), *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) e *Instituto Nacional da Propriedade Industrial* (INPI). A pesquisa foi realizada em 2019 e foram utilizados como palavras-chave os termos metais ou “metals”, nanocompósitos ou “nanocomposites”, eficiência energética ou “energy efficiency” e indústria ou “industry”.

Resultados e discussão

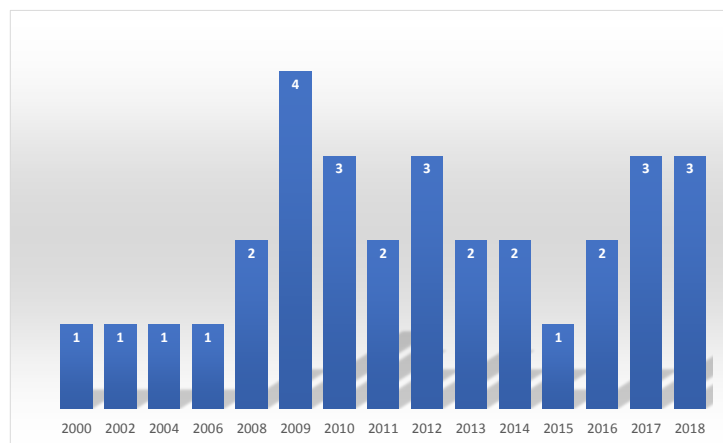
Foram encontrados no total 1 patente na base de dados WIPO e 2 na base de dados EPO, usando a combinação de final palavras. Para as palavras-chaves “Metais, eficiência energética e indústria” foi possível encontrar 31 patentes na base WIPO, 25 patentes na base de dados EPO e nenhuma patente depositada nos outros bancos de dados pesquisadas. Tais informações encontram-se sumarizadas na Tabela 1.

Tabela 1: Palavras-chaves utilizadas e número de patentes encontradas por base de dados.

PALAVRAS-CHAVES	ESPACENET (EPO)	INPI	USPTO	WIPO
METALS	+10,000	3,370	598,486	215,860
METALS AND ENERGY EFFICIENCY	862	1	0	823
METALS AND NANOCOMPOSITES	44	13	4175	74
METALS AND ENERGY EFFICIENCY AND INDUSTRY	25	0	0	31
METALS AND NANOCOMPOSITES AND ENERGY EFFICIENCY AND INDUSTRY	2	0	0	1

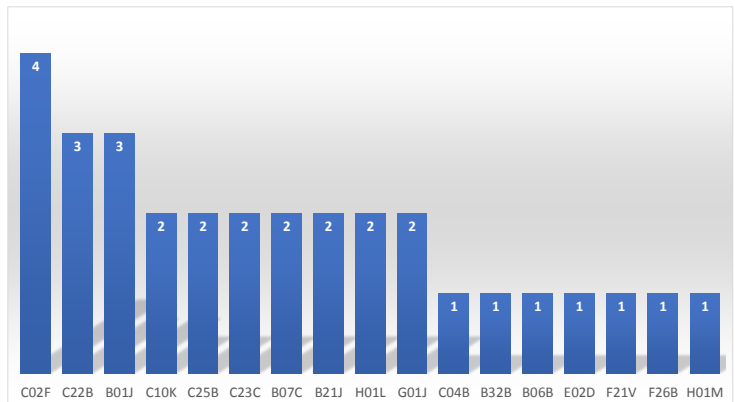
Fonte: Autoria própria (2019).

Gráfico 1: Relação de patentes depositadas por ano.



Fonte: Autoria própria (2019).

Gráfico 2: Distribuição por CIP dos documentos encontrados na base WIPO.



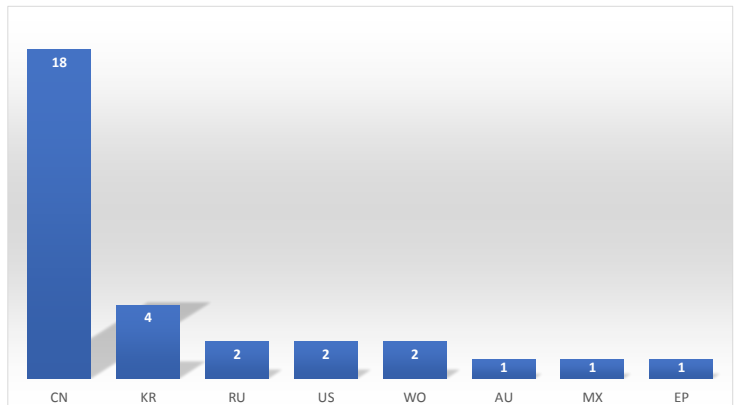
Fonte: Autoria própria (2019).

Tabela 2: Identificação dos códigos CIP dos resultados das buscas realizadas na plataforma WIPO, com as palavras-chaves.

CÓDIGO CIP	ÁREA DO CONHECIMENTO
C02F	Tratamento de águas, de águas residuais, de esgotos ou de lamas e lodos.
C22B	Produção ou refino dos metais.
B01J	Processos químicos ou físicos.

Fonte: Autoria própria (2019).

Gráfico 3: Relação de patentes depositadas com seus países de publicação.



Fonte: Autoria própria (2019).

Conclusão

Os dados apresentados com o levantamento das tecnologias mostraram que o uso de nanocompósitos metálicos para eficiência energética de sistemas na produção industrial é bastante inovador. A disseminação desses materiais é de grande importância devido a sua significativa relevância em aplicações tecnológicas. As patentes encontradas nessa área são de processos químicos ou físicos e de processo ou refino de metais.

Referências

- Souza, M. A.; Pessan, L. A.; Rodolfo Junior, A.; *Polimeros* 2006.
- Nogueira, T.; Bolan, R.; Wypych, F.; Lona, L.; *Composites Part A* 2011.
- Quesada, G. M.; Pereira Filho, O. P.; Beber, J. A. C.; Neumann, P. S. Energia, organização social e tecnologia. *Ciência e Ambiente*, Santa Maria, 1991.
- Giampietro, M.; Cerretelli, G.; Pimentel, D. Energy analysis of agricultural ecosystem management: human return and sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, Amsterdam, 1992.

Agradecimento



MÉTODO DOS ELEMENTOS DE CONTORNO

MEC01 - A Boundary Element Method Formulation to Modeling the Gas
Coning Phenomenon in Oil Wells pg. 17

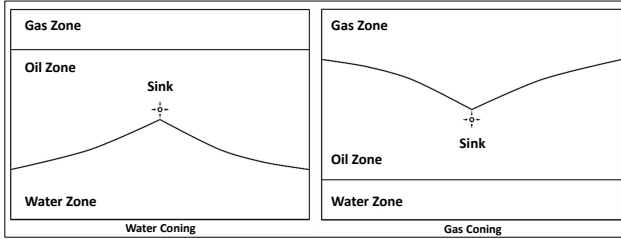
A BOUNDARY ELEMENT METHOD FORMULATION TO MODELING THE GAS CONING PHENOMENON IN OIL WELLS

Pedro Lucas Sanches Fonseca Silva (Eng. de Petróleo - UniCEUMA);
 Jennifer Slayder Santos Sousa (Eng. De Petróleo – UniCEUMA);
 Prof. Dr. Luís Jorge Mesquita de Jesus (Orientador, Departamento de Eng. de Petróleo – UniCEUMA);
 plfonseka@gmail.com; slayder.je@gmail.com; luisjorged25@hotmail.com

Introduction

For years the water/gas coning phenomenon in oil reservoirs has been a big challenge for the upstream industry. It happens because the conification causes serious limitations on the well productivity, increasing the production costs.

Figure 1 - Water and Gas coning formation.



From: Author

Methodology

This research considers the model of a potential two-phases flow in steady state, operating in a homogeneous porous medium with isotropic permeability and incompressible fluid.

Starting by the Darcy's Law, equation that governs fluid flow in porous media, we have the average velocity given by:

$$q = K \nabla \Phi \quad (1)$$

Where q is the apparent velocity, K is the hydraulic conductivity of the porous medium and Φ is the velocity potential given by the piezometric height.

By the principle of mass conservation applied in eq. (1) and, in our case, the addition of a punctual sink, we have a Poisson's equation formulated by:

$$\nabla^2 \Phi = \frac{Q}{K} \delta(x - x_0) \quad (2)$$

Where Q is the volumetric flow rate, δ is the Dirac Delta and x_0 is the sink position.

FUNDAMENTAL SOLUTIONS

The fundamental solution of the potential given by:

$$\Phi^* = -\frac{1}{2\pi K} \ln(r) \quad (3)$$

Where r is the distance of the source point to the field point.

As a fundamental solution of the velocity we have:

$$q^* = \frac{1}{2\pi r^2} [(x - x_0)n_x + (y - y_0)n_y] \quad (4)$$

Where (x_0, y_0) are the coordinates of the source point.

INTEGRAL BOUNDARY EQUATION

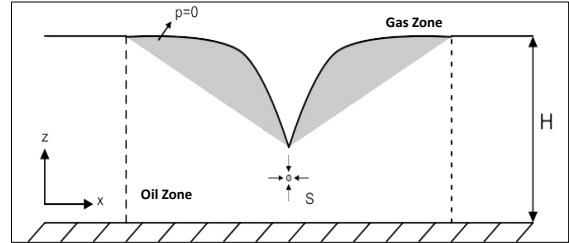
$$c \cdot \Phi(x_d, y_d) = \sum_{j=1}^n \left(\int_{\Gamma_j} \Phi q^* d\Gamma_j \right) - \sum_{j=1}^n \left(\int_{\Gamma_j} q \Phi^* d\Gamma_j \right) \quad (5)$$

Where c is:

$$c = \begin{cases} 0 & \text{• When the source point is out of the domain} \\ \frac{\theta_{int}}{2\pi} & \text{• When the source point is on the boundary} \\ 1 & \text{• When the source point is inside the domain} \end{cases}$$

BOUNDARY CONDITIONS

Figure 2 – Scheme of the conditions adopted



From: Author

Table 1 – Boundary Conditions

Boundary Conditions	Base	Lateral Boundaries	Free Surface
Potential		$\Phi=H$	$\Phi=z(x)$
Velocity	$q * (-\hat{k})=0$		

From: Author

Results and Discussion

Table 2 – Comparison of the results obtained

Simulator	Critical Flow (m³/s)	Error (%)	Center node height (m)	Error (%)
Analytical Result (Gontijo, 2015)	0,00254	-	0,04243	-
Single-phase potential flow (Gontijo, 2015)	0,00259	1,97	0,04228	0,45
Single-phase potential flow (Gauss Quadrature)	0,00263	3,54	0,04298	1,29
Single-phase potential flow (Telles Transform)	0,00260	2,36	0,04220	0,54

From: Author

Conclusion

This research presented a Boundary Element Method (BEM) formulation for modeling the gas coning phenomenon in oil reservoirs. The Laplace's Equation was used as the fundamental solution in the terms of potential and velocity. The developed simulator achieved good and accurate results. The numerical solution of the H and G matrices by the Telles Transform method has proven effective for situations involving fluid flow. These results present the method as a good formulation of the BEM, showing good performance and accuracy in that kind of problem.

Acknowledgements

The authors would like to thank the Laboratory of Modeling and Simulation of Energy Systems and the CEUMA University for all the granted support.

References

- C. A. BREBBIA. & J. DOMINGUEZ. 1992. *Boundary elements - an introductory course*. 2. ed. WIT Press. ISBN 1-85312-160-6.
- GONTIJO, G. S. V. 2013. *Estudo do fenômeno do cone de água em poços de petróleo usando o método dos elementos de contorno*. Tese de graduação, UnB – Universidade de Brasília.
- GONTIJO, G. S. V., Fortaleza, E. L. F. & Albuquerque, E. L. 2014. *Study on the water coning phenomenon in oil wells using the boundary element method*. In: International Conference on Boundary Element and Meshless Techniques XV, 2014, Florença. Advances in Boundary Element & Meshless Techniques XV. Eastleigh: EC Ltd, 2014. p. 201-206.
- TELLES, J. C. F. A. 1987. *Self-adaptive co-ordinate transformation for efficient numerical evaluation of general boundary element integrals*. International Journal for Numerical Methods in Engineering. 24:959-973.

MÉTODO DOS ELEMENTOS FINITOS

MEF01 - Free Vibration Analysis of a Rotating Tapered Beam	pg. 19
MEF02 - Free Vibration of a Beam-Column on Two Parameter Elastic Foundation	pg. 20
MEF03 - Modelagem Numérica de Problema de Contato	pg. 21
MEF04 - Nonlocal Finite Element Analysis of Euler-Bernoulli Nanobeams	pg. 22
MEF05 - Simulação numérica para análise estrutural dos cavaletes suporte de viradores de vagão por meio do método dos elementos finitos	pg. 23
MEF06 - Vibration Response of a Beam-Column on Pasternack Foundation ...	pg. 24

FREE VIBRATION ANALYSIS OF A ROTATING TAPERED BEAM

Juan Gabriel Queiroz Blanche (Curso de Engenharia Mecânica – UFPI);
 Simone dos Santos Hoefel (Orientadora, Curso de Engenharia Mecânica – UFPI);
 Laboratório de Métodos de Modelagem Computacional – LaMeC;
 juanblanche2@gmail.com.

Introduction

Rotating beams are widely found in several engineering structures such as wind turbine blades, industrial fans and gas turbine engine. Blade is one of the most critical mechanical component in rotating machines, as result, the behavior of rotating beams structures has received a lot of attention. Therefore, different configurations of blades was investigated with classical theory of beam by many researchers, such as Euler-Bernoulli and Timoshenko. Since blades rarely has uniform area along the length, a non-prismatic analysis becomes more accurate and reliable motivating several authors to investigate the effect of tapering on rotating beams.

In this paper, the vibration frequency of a tapered rotating beam is investigated. The finite element method is used, a non-constant flexural rigidity and mass per unit over the element is developed using a cubic polynomial. The effects of taper ratio and rotational speed are analyzed and the mode shapes are determined for some values of taper parameters. The results obtained shown that Rayleigh-Ritz method for Finite Elements finds the natural frequencies of a rotating tapered cantilever Euler-Bernoulli beam with high precision.

Methodology

Tapered Euler-Bernoulli model

The governing differential equations of motion of the rotating tapered beam in free vibration are derived for the general case by applying Hamilton's principle which requires the expressions for potential and kinetic energies of the beam as fundamental prerequisites. Considering an element beam with constant rotation speed in a plane normal to the axis, the potential energy and kinetic energy are given, respectively, by GANGULI (2017):

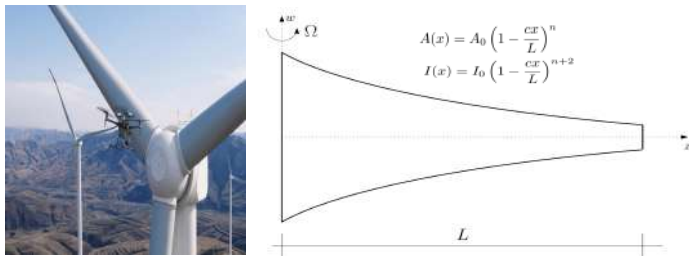


Figure 1: Model of a rotating tapered beam.

$$U = \int_0^L \left[EI(x) \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)^2 \right] dx + \frac{1}{2} \int_0^L \left[P(x) \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 \right] dx \quad (1)$$

$$T = \frac{1}{2} \int_0^L \left[\rho A(x) \left(\frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 \right] dx. \quad (2)$$

Where E is the modulus of elasticity, ρ , is the mass per unit volume, $I(x)$, the moment of inertia of cross section varying along the beam length, $A(x)$, the cross-sectional area varying along the beam length and A_0 and I_0 are, respectively, the initial area and moment of inertia.

For a constant rotate speed Ω , the centrifugal force will given by:

$$P(x) = \int_x^L \rho A(x) \Omega^2 x \, dx. \quad (3)$$

Finite element formulation

Nonuniform beam element consists of two nodes and each node has two degrees of freedom: w , the total deflection, θ , the slope due to bending, r is the element axis and $\xi = \frac{r}{L}$.

Figure 2 shows the variation of the cross-sectional area, moment of inertia and centrifugal force in a generic element i . Where N is the total number of elements and m is the element before the i -th element analyzed.

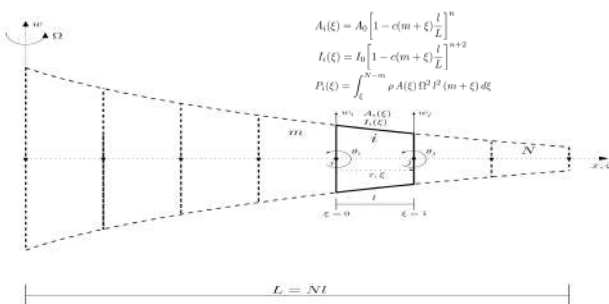


Figure 2: Finite element model for a rotating tapered beam.

Results and discussion

This section presents numerical examples for rotating tapered beam subjected to boundary conditions clamped-free. In order to investigate the influence the effects of rotational speed parameter (η) and taper ratio (c), natural frequencies are calculated to various values of (η) and (c). Table 1 shows the results obtained by present work using FEM and the results obtained by RASAJEKARAN (2013) and BANERJEE et al. (2006), using Differential Transformation Method(DTM) and Dynamic Stiffness Method (DSM).

$\eta = \Omega L^2 \sqrt{\frac{\rho A_0}{EI_0}}$	ω_n (rad/s)								
	FEM 70e.			DTM ⁽¹⁾			DSM ⁽²⁾		
	ω_1	ω_2	ω_3	ω_1	ω_2	ω_3	ω_1	ω_2	ω_3
0	3.8238	18.3173	47.2648	3.8238	18.3173	47.2648	3.82379	18.3173	47.2648
4	5.8788	20.6852	49.6456	5.8788	20.6852	49.6456	5.87877	20.6851	49.6456
8	9.55396	26.5437	56.1595	9.554	26.5437	56.1595	9.55396	26.5437	56.1595
10	11.5015	30.1827	60.5639	11.5015	30.1829	60.5643	11.5015	30.1827	60.5639

(¹) RASAJEKARAN (2013)
 (²) BANERJEE (2006)

Table 1: Influence of angular velocity on the natural frequencies of vibration of a tapered beam with $c = 0.5$ and $n = 1$.

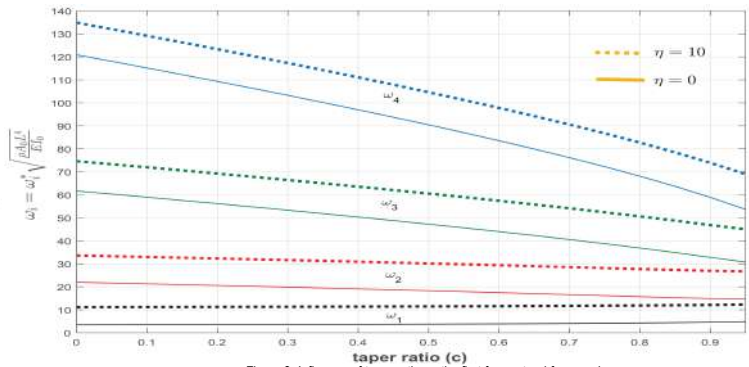


Figure 3: Influence of taper ratio on the first four natural frequencies.

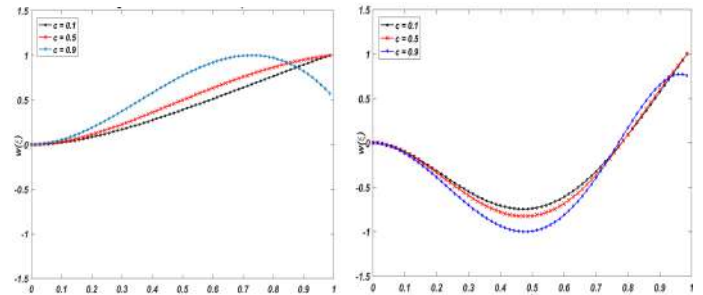


Figure 4 –First mode shape of a rotating tapered beam (with $\eta = 10$ and $n = 1$).

Figure 5 –Second mode shape of a rotating tapered beam (with $\eta = 10$ and $n = 1$).

Conclusion

We have investigated the effects of taper ration and rotational speed on classical beam theory. Results shows that natural frequencies increases as angular velocity becomes higher. This occurs due to increased stiffness of the system caused by the centrifugal force.

Futhermore, it was observed an interesting behavior related with taper ratio parameter. First frequency increases while frequencies for higher modes decreases as taper ratio arises. Finally, it was shown on numerical examples that finite elements results were in well agreement with literature.

References

- BANERJEE, J.R.; SU, H.; JACKSON, D.R. "Free vibration of rotating beams using the dynamic stiffness method. *Journal of Sound and Vibrations*, Vol. 298, p.1034-1054, 2006.
 GANGULI, R. *Finite Element Analysis of Rotating Beams*. Springer, 2017.
 RAJASEKARAN, S. Differential transformation and differential quadrature methods for centrifugally stiffened axially functionally graded tapered beams. *International Journal of Mechanical Sciences*, Vol. 74, p. 15-31, 2013.

FREE VIBRATION OF A BEAM-COLUMN ON TWO PARAMETER ELASTIC FOUNDATION

Lucas Oliveira Siqueira; Rômulo Luz Cortez and Profa. Dra. Simone dos Santos Hoefel (Professor Advisor, Mechanical Engineering Department – UFPI); lucasoliveira13@gmail.com; romulocortez10@gmail.com and simone.santos@ufpi.edu.br

Introduction

The behavior of the Euler-Bernoulli beam on elastic foundation has been extensively studied in the modern engineering. There are many applications for beam on elastic foundation mainly in mechanical and civil engineering, like shafts supported on ball, roller, or journal bearings, vibrating machines on elastic foundations, network of beams in the construction of floor systems for ships, buildings, submerged floating tunnels, buried pipelines, railroad tracks etc.

The purpose of this work is to analyze the influence of the axial load on the dynamic response of an axial-loaded Euler-Bernoulli beam resting on two-parameter foundation. Some examples presents the influence of the axial load and the foundation in the natural frequencies of the beam. Also, mode shapes were determined for some classical boundary conditions. The results obtained by FEM are discussed and compared with the exact solution.

Methodology

Classical Theory

Consider an Euler-Bernoulli beam of length L , resting on two-parameter foundation subject to an axial load p as shows the scheme in the Fig. 1. The parameters of the foundation are given by k_1 and k_2 , that are the elastic linear springs coefficient and the shear layer stiffness coefficient, respectively.

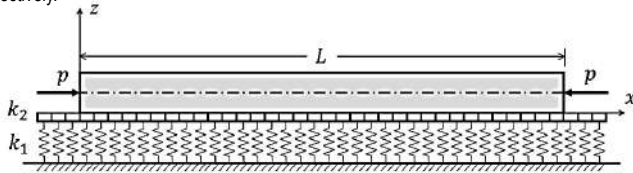


Figure 1: Euler-Bernoulli beam resting on two-parameter foundation subject to an axial load.

The potential and kinetic energy of the system can be expressed as (Soares and Hoefel, 2015):

$$U = \frac{1}{2} \int_0^L EI \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)^2 dx + \frac{1}{2} \int_0^L k_1 w^2 dx + \frac{1}{2} \int_0^L k_2 \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 dx + \frac{1}{2} \int_0^L p \left(\frac{\partial w}{\partial x} \right)^2 dx, \quad (1)$$

$$T = \frac{1}{2} \int_0^L \rho A \left(\frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 dx, \quad (2)$$

where E is the Young's modulus, I the moment of inertia of the cross-section about the y axis, ρ the mass density, A the cross-section area and w the displacement dependent of the axial location x and of the time t .

Using the Hamilton's principle and after some manipulations, is obtained the differential equation for free vibration response:

$$EI \left(\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} \right) + \rho A \left(\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \right) + k_1 w - k_2 \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) + p \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right) = 0. \quad (3)$$

Finite Element Formulation

Consider an uniform axial-loaded Euler-Bernoulli beam element on two-parameter foundation as shown in Fig. 2. The beam element consists of two nodes and each node has two degrees of freedom: w , the total deflection, and θ , the slope due to bending. Applying the Rayleigh-Ritz method, the displacement w is approximated for a polynomial function with four constants, so that α_i are constants (Pety, 2010).

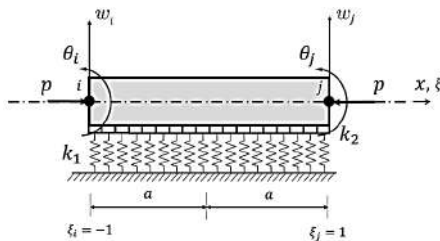


Figure 2: Beam element.

Using the non-dimensional coordinate ξ , the element length $2a$, and applying the boundary conditions on the points $\xi = -1$ and $\xi = 1$, the matrix form of the displacement can be written as: $w = [\mathbf{N}(\xi)]\{\mathbf{v}\}_e$, where $[\mathbf{N}(\xi)]$ are the shape functions and \mathbf{v} is the vector of nodal coordinates. The subscript e represents expressions for a single element. Therefore, the shape functions and the vector of nodal coordinates, can be expressed as:

$$[\mathbf{N}(\xi)]^T = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 2 - 3\xi + \xi^3 \\ \alpha(1 - \xi - \xi^2 + \xi^3) \\ 2 + 3\xi - \xi^3 \\ \alpha(-1 - \xi + \xi^2 + \xi^3) \end{bmatrix}, \{\mathbf{v}\}_e^T = [w_1 \ \theta_1 \ w_2 \ \theta_2]. \quad (4)$$

The potential and kinetic energy for an element length $2a$ are given by (Azevedo *et al.*, 2016):

$$U_e = \frac{1}{2} \frac{EI}{a} \int_{-1}^1 \left(\frac{\partial^2 w}{\partial \xi^2} \right)^2 d\xi + \frac{1}{2} k_1 a \int_{-1}^1 w^2 d\xi + \frac{1}{2} \frac{k_2}{a} \int_{-1}^1 \left(\frac{\partial w}{\partial \xi} \right)^2 d\xi + \frac{1}{2} p \int_{-1}^1 \left(\frac{\partial w}{\partial \xi} \right)^2 d\xi, \quad (5)$$

$$T_e = \frac{1}{2} \rho A a \int_{-1}^1 \left(\frac{\partial w}{\partial t} \right)^2 d\xi. \quad (6)$$

Substituting the Eq. (4) into Eqs. (5) and (6). The elementary stiffness and elementary inertia matrix are given by:

$$[\mathbf{k}]_e = \frac{EI}{a} \int_{-1}^1 [\mathbf{N}(\xi)]''^T [\mathbf{N}(\xi)]'' d\xi + k_1 a \int_{-1}^1 [\mathbf{N}(\xi)]^T [\mathbf{N}(\xi)] d\xi + \frac{k_2}{a} \int_{-1}^1 [\mathbf{N}(\xi)]^T [\mathbf{N}(\xi)] d\xi + \frac{p}{a} \int_{-1}^1 [\mathbf{N}(\xi)]^T [\mathbf{N}(\xi)] d\xi, \quad (7)$$

$$[\mathbf{m}]_e = \rho A a \int_{-1}^1 [\mathbf{N}(\xi)]^T [\mathbf{N}(\xi)] d\xi. \quad (8)$$

Numerical Results and Discussion

This section present a numerical example for various load (P), elastic (K_1) and shear layer stiffness (K_2) coefficients. Consider an uniform Euler-Bernoulli beam with hinged-hinged ends, such that $E/G = 2.5$, $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$, $r_g = 0.05 \text{ m}$, $I = 0.05^2 \text{ m}^4$, $A = 1 \text{ m}^2$, $\nu = 0.25$ and $L = 0.5 \text{ m}$. Frequency parameter calculated using FEM (discretizations with 10 and 20 elements) are compared with the exact solution presented by Yokoyama (1996) for the first three vibration modes as shown in the Tab. 1.

Table 1: Values of frequency parameters of the first three vibration modes.

Parameters	b_1			b_2			b_3				
	K_1	K_2	Exact ⁽¹⁾	K_1	K_2	Exact ⁽¹⁾	K_1	K_2	Exact ⁽¹⁾		
0	0	0	9.87	9.87	9.87	39.48	39.48	39.48	88.87	88.83	88.83
0.6	0	0	6.24	6.24	6.24	36.4	36.4	36.4	85.86	85.82	85.81
0.6	$0.6\pi^4$	0	9.87	9.87	9.87	37.2	37.19	37.19	86.2	86.15	86.15
0.6	$0.6\pi^4$	π^2	13.96	13.96	13.96 ⁽²⁾	42.11	42.11	42.25 ⁽²⁾	91.15	91.1	92.60 ⁽²⁾

⁽¹⁾ (Yokoyama, 1996)

⁽²⁾ (Results of Yokoyama using FEM.)

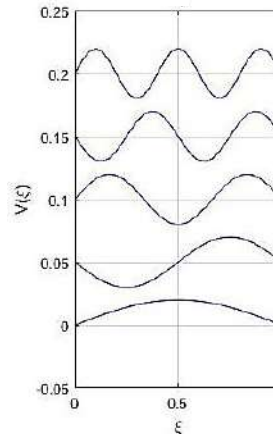


Figure 3 – Lowest five mode shapes with hinged-hinged ends.

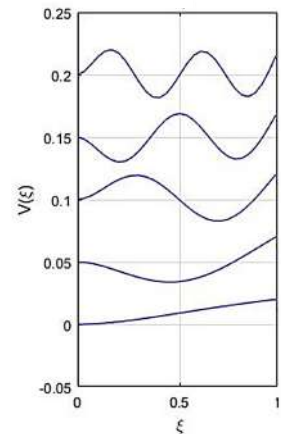


Figure 4 – Lowest five mode shapes with Clamped-Free ends.

Conclusion

The presence of an axial compressive load decrease the frequency parameter, this occurs because the contribution of the vertical component of the axial load cause an increase in the shear stiffness. The addition of the Winkler foundation, cause a significant increase in the frequency parameter in the first mode, although become less significant for higher modes. Finally, for the two-parameter foundation, the frequency parameters presents a remarkable increase for all modes of vibration showed, being superior than those presented by the Winkler foundation parameter.

Acknowledgments

Thank to Profa. Dra. Simone dos Santos Hoefel for the excellent orientation, as well as to Rômulo Luz for all the effort in the development of our works and to the colleagues of the Laboratório de Métodos de Modelagem Computacional (LAMEC).

References

- Azevedo, A., Soares, A. and Hoefel, S., 2016. "Finite element analysis of shear-deformation and rotatory inertia for beam vibration". *Revista Interdisciplinar de Pesquisa em Engenharia-RIPE*, Vol. 2, No. 34, pp. 86-103.
- PETY, Maurice. "Introduction to finite element vibration analysis". Cambridge university press, 2010.
- Soares, A. and Hoefel, S., 2015. "Modal analysis for free vibration of four beam theories". In *Proceedings of the 23rd International Congress of Mechanical Engineering-COBEM2015*. Rio de Janeiro, Brazil.
- Yokoyama, T., 1996. "Vibration analysis of timoshenko beam-columns on two-parameter elastic foundations". *Computers & Structures*, Vol. 61, No. 6, pp. 995-1007.

MODELAGEM NUMÉRICA DE PROBLEMA DE CONTATO.

Vinicius da Silva Costa¹ (Bolsista, ICV/UFPI);
 Prof. Dr. Eduardo Martins Fontes do Rêgo² (Orientador, Departamento de Estruturas, Centro de Tecnologia, UFPI);
¹viniciusengcosta@outlook.com; ²e_eduardofontes@ufpi.edu.br

Introdução

O principal mecanismo causador de falha nos cabos condutores é a fadiga provocada pela ação contínua do vento, e ocorre frequentemente nos pontos de fixação do cabo, como por exemplo, grampos de suspensão.

No ponto de fixação, há a restrição do movimento do cabo, além do contato entre seus fios constituintes e o grampo. Ambos são sujeitos ao movimento relativo entre si, gerando o processo de *fretting* entre os mesmos e induzindo, por fadiga, a nucleação e crescimento de trincas. A consequência é o rompimento dos componentes ou do próprio cabo, que se materializa em transtornos à população atendida (FADEL, 2010).

O problema de contato é simplificado para um modelo numérico bidimensional (2D), onde o custo computacional é reduzido. Para isso utiliza-se o *software* ANSYS, que baseia-se no método dos elementos finitos. Desta forma, pretende-se obter computacionalmente as tensões de contato.

Metodologia

Modelagem computacional de contato bidimensional

A modelagem computacional baseia-se nos modelos realizados por Talemi *et al.* (2014) e Fontes do Rêgo & Miranda (2016), em duas dimensões, do contato entre cilindro (sapata) e um retângulo (amostra). A Figura 1 apresenta as dimensões dos corpos e região de contato a ser refinada visando aumentar a eficiência do custo computacional.

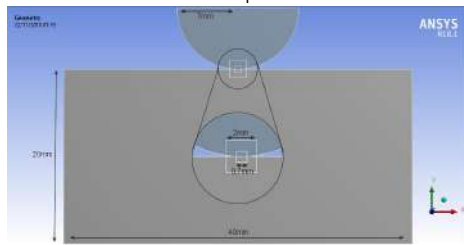


Figura 1: Geometria do modelo numérico realizado no ANSYS®.
 Fonte: Autoria própria (2019)

A Figura 2 apresenta as condições de contorno aplicadas ao modelo 2D. Restringiu-se o movimento em relação ao eixo y da extremidade inferior do corpo retangular e aplicou-se um suporte fixo (engaste) na borda esquerda. No cilindro restringiu-se apenas a rotação da extremidade superior em relação ao eixo z.

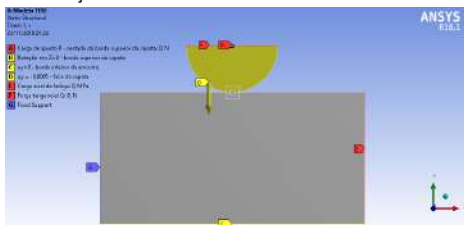


Figura 2: Condições de contorno aplicadas ao modelo.
 Fonte: Autoria própria (2019)

A análise consiste em três etapas, como mostrado na Figura 3. Primeiro é imposto um deslocamento ao cilindro para garantir o contato, após isso a carga de pressão é aplicada na metade da borda superior do cilindro, e por último são aplicadas as cargas tangencial e axial, em sentidos contrários, na extremidade superior do cilindro e borda direita da superfície retangular, respectivamente.

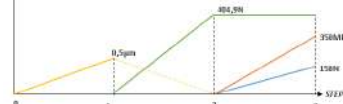


Figura 3: Passos de carga.
 Fonte: Autoria própria (2019)

Para refino da malha, utilizou-se elementos com tamanho de até 5µm. Fez-se ainda um refinamento nessa região a fim de uniformizar os elementos da malha. As demais regiões da malha são configuradas de acordo com o modelo de contato apresentado por Fontes do Rêgo (2016) (Figura 4).

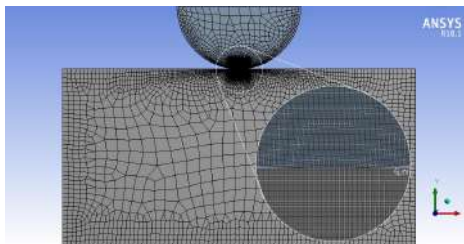


Figura 4: Malha gerada na modelagem.
 Fonte: Autoria própria (2019)

Os corpos são definidos como superfícies deformáveis. Na análise considera-se o atrito entre as superfícies com um valor de 0,65. O comportamento e a formulação do contato são mantidos nas configurações padrões do programa, como *Asymmetric* e *Augmented Lagrange*. Para a rigidez de contato adota-se um valor de 0,75 de acordo com estudo da sua influência nos resultados de Fontes do Rêgo (2016).

Resultados e discussão

A Tabela 1 mostra o erro associado a cada parâmetro do contato.

Tabela 1: Resultados numéricos e analíticos para o deslocamento da zona de adesão, e, tamanho da zona de adesão, c, tamanho do contato, a, e pressão de pico, p0.

	numérico	analítico	Erro (%)
e (mm)	0,0398	0,0465	14,49
c (mm)	0,2139	0,189	11,77
a (mm)	0,3085	0,299	3,22
p0 (MPa)	865,18	863,42	0,2

Fonte: Autoria própria (2019)

Verificou-se maior acurácia do modelo numérico para os resultado da semi-largura de contato, *a*, e pressão de pico, *p0*. Para o resultado da semi-largura, a precisão pode ser associada ao tamanho dos elementos na região do contato, de 0,005mm, 1,62% do valor desta. Para o tamanho da zona de adesão e do deslocamento da mesma, os erros são maiores, pois o tamanho dos elementos corresponde, respectivamente, a 2,65% e 10,74% do valor numérico encontrado. O aumento significativo do erro, evidencia a instabilidade do modelo numérico frente às cargas cisalhante e de fadiga. Para diminuir estes erros seria necessário utilizar elementos menores na região do contato.

Nas Figuras 5 a 8 tem-se as distribuições de tensões normais e cisalhantes na superfície do contato, e o campo de tensões subsuperficiais, em gráficos normalizados.

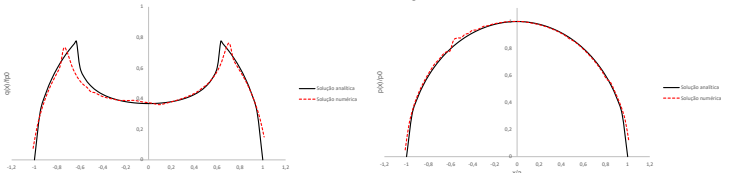


Figura 6: Gráfico normalizado da distribuição de tensões tangenciais na superfície do contato.
 Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 5: Gráfico normalizado da distribuição de tensões normais na superfície do contato.
 Fonte: Autoria própria (2019)

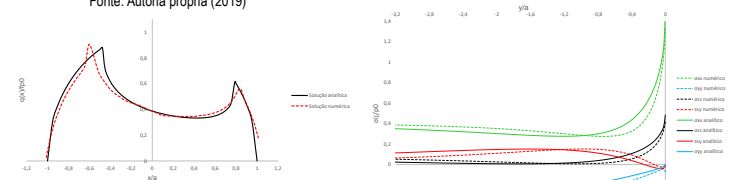


Figura 7: Gráfico normalizado da distribuição de tensões tangenciais na superfície do contato considerando o efeito da carga axial de fadiga.
 Fonte: Autoria própria (2019)

Figura 8: Gráfico normalizado das componentes do campo de tensões sob a superfície do contato em x=a.
 Fonte: Autoria própria (2019)

Conforme mostrado na Tabela 2, os valores numéricos das tensões subsuperficiais se ajustaram bem aos cálculos analíticos, apesar dos erros para os parâmetros relacionados à zona de adesão.

Tabela 2: Erros dos resultados numéricos de tensões subsuperficiais normais e cisalhantes em três profundidades normalizadas, y/a.

y/a	0	-1,6865	-3,3224
<i>σ_{xx}</i>	-0,25%	-1,01%	-0,82%
<i>σ_{yy}</i>	45,22%	-0,94%	-0,07%
<i>σ_{zz}</i>	-2,04%	-1,5%	-1,75%
<i>τ_{xy}</i>	-60,65%	1,19%	1,56%

Fonte: Autoria própria (2019)

O ANSYS apresentou resultados bastante satisfatórios, com erros inferiores a 2%, exceto para as componentes *σ_{yy}* e *τ_{xy}* em profundidades muito próximas à superfície, onde verifica-se erros de até 60%. A causa dessas variações é a interpolação que o *software* faz para calcular os valores próximos à superfície do contato.

Conclusão

A modelagem computacional do problema de contato mostrou-se eficiente com resultados similares aos obtidos através das formulações analíticas, apesar dos erros mais elevados em parâmetros relacionados às cargas de *fretting*. Para melhorar a acurácia dos resultados deve-se refinar a malha, porém, tem-se maior custo computacional.

Agradecimento

À PROPESQ/UFPI pelo lançamento do edital 2018/2019 de Iniciação Científica Voluntária (ICV), da qual esta pesquisa faz parte.

Referências

ANSYS. I. Customer Training Material. ANSYS Mechanical Structural Nonlinearities, 2010.
 Fadel, A. A., Avaliação do Efeito de Tração em Elevados Níveis de EDS Sobre a Resistência em Fadiga do Condutor Ibis (Caa 397,5 MCM). Dissertação de Doutorado em Ciências Mecânicas, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.
 Fontes do Rêgo, E. M., Miranda, A. C. O., 2016. Análises Numéricas Para Estudo de Fretting em Cabos, IX Congresso Nacional de Engenharia Mecânica.
 Hills, D. A.; Nowell, D., 1987. —Mechanics of fretting fatigue test. J. htech. Ser. Vol. 29, No. 5.
 Hajjati-Talemi, R., Abdel Wahab, M., De Pauw, J., & De Baets, P., 2014. —Prediction of fretting fatigue crack initiation and propagation lifetime for cylindrical contact configuration, Tribology International, 76, 73–91.

NONLOCAL FINITE ELEMENT ANALYSIS OF EULER-BERNOULLI NANOBEAMS

Aldemar Pontes de Siqueira Neto (Curso de Engenharia Mecânica – UFPI);
 Simone dos Santos Hoefel (Orientadora, Curso de Engenharia Mecânica – UFPI);
 Laboratório de Métodos de Modelagem Computacional – LaMeC;
 aldemarpsn@gmail.com

Introduction

Nanostructured materials present outstanding features like elevated modulus of elasticity and yield strength, high flexibility and conductivity. These materials are widely applied to nanoelectronics, nanodevices, nanosensors and nanocomposites.

Various nonclassical elasticity theories were developed to study the mechanical behaviour of nanostructures, among them, nonlocal elasticity theory (ERINGEN, 1983) is the most used. In this theory, a nonlocal parameter which accounts for small scale effects is included in the constitutive equations. Carbon nanotubes are an extensively studied nanostructure often modelled as an Euler-Bernoulli nanobeam.

In the present work, governing equations for bending, buckling and free vibration of an Euler-Bernoulli nanobeam are presented. A finite element model is developed to investigate the influence of nonlocal parameter, slenderness, rotational inertia and boundary conditions on deflections, buckling loads and natural frequencies. Numerical results obtained are discussed and compared with results obtained by other researchers.

Methodology

Governing equations of an Euler-Bernoulli beam

The governing equations for a local Euler-Bernoulli beam are given by Reddy (2007):

$$\frac{\partial N}{\partial x} + f = I_0 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad \text{and} \quad (1)$$

$$\frac{\partial^2 M^E}{\partial x^2} + q \frac{\partial}{\partial x} \left(\bar{N}^E \frac{\partial w^E}{\partial x} \right) = I_0 \frac{\partial^2 w^E}{\partial x^2} - I_2 \frac{\partial^4 w^E}{\partial x^2 \partial t^2}, \quad (2)$$

where u is the axial displacement, w is the transverse displacement, f and q are the longitudinal and transverse distributed loads, \bar{N}^E is the applied axial compressive load, the stress resultants N e M^E are defined as

$$N = \int_A \sigma_{xx} dA, \quad M^E = \int_A z \sigma_{xx} dA, \quad (3)$$

where σ_{xx} is the normal stress and the mass inertias are given by:

$$I_0 = \int_A \rho dA, \quad I_2 = \int_A \rho z^2 dA, \quad (4)$$

where ρ is the specific mass of the beam.

Nonlocal elasticity theory and governing equations for a nonlocal Euler-Bernoulli

The differential formulation of the nonlocal elasticity theory is given by Eringen (1983):

$$(1 - e_0^2 l_i^2 \nabla^2) \sigma = t, \quad (5)$$

where e_0 is the nonlocal parameter, l_i is the internal characteristic length, σ is the nonlocal stress tensor and t is the macroscopic stress tensor at a given point. For an Euler-Bernoulli beam this relation is reduced to the following constitutive equation:

$$\sigma_{xx} - \mu \frac{\partial^2 \sigma_{xx}}{\partial x^2} = E \varepsilon_{xx}, \quad (6)$$

where $\mu = e_0^2 l_i^2$, ε_{xx} is the normal strain and E is the material Young modulus. This relation can be used to write the following governing equations in the axial and transverse directions for a nonlocal Euler-Bernoulli beam:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(EA \frac{\partial u}{\partial x} \right) + f - \mu \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = I_0 \left(\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - \mu \frac{\partial^4 u}{\partial x^2 \partial t^2} \right), \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2} \left(-EI \frac{\partial^2 w^E}{\partial x^2} \right) + \mu \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(\bar{N}^E \frac{\partial w^E}{\partial x} \right) - q + I_0 \frac{\partial^2 w^E}{\partial x^2} - I_2 \frac{\partial^4 w^E}{\partial x^2 \partial t^2} \right] + q - \frac{\partial}{\partial x} \left(\bar{N}^E \frac{\partial w^E}{\partial x} \right) = I_0 \frac{\partial^2 w^E}{\partial t^2} - I_2 \frac{\partial^4 w^E}{\partial x^2 \partial t^2}. \quad (8)$$

Finite element formulation

The finite element model is developed based upon the Hamilton's principle from the governing equations and the nonlocal constitutive relation. A beam element with two nodes and three degrees of freedom per node is used in the domain discretization.

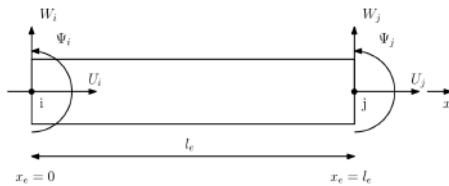


Figure 1 – Nanobeam element.

Numerical Results and Discussion

Table 1: Beam properties.

Young modulus (E)	Specific mass (ρ)	Length (L)	Poisson's coefficient (ν)
30 GPa	1 kg/m ³	10 m	0,3

Table 2: Comparison of non-dimensional quantities for a simply supported nanobeam.

L/h	μ	$\bar{w}^{(1)}$	\bar{w} (present)	$\bar{N}_{cr}^{(1)}$	\bar{N}_{cr} (present)	$\bar{\omega}_1^{(1)}$	$\bar{\omega}_1$ (present)
100	0	1,3021	1,3021	9,8696	9,8696	9,8696	9,8696
	1	1,4271	1,4271	8,9830	8,9830	9,4159	9,4159
	1,5	1,4896	1,4896	8,5969	8,5969	9,2113	9,2113
20	0	1,3021	1,3021	9,8696	9,8696	9,8696	9,8696
	1	1,4271	1,4271	8,9830	8,9830	9,4159	9,4159
	1,5	1,4896	1,4896	8,5969	8,5969	9,2113	9,2113

(1) PRADHAN (2012)

Table 3: Influence of nonlocal parameter μ and rotational inertia I_2 for various boundary conditions for a nanobeam with L/h = 20.

μ	C. C.	\bar{w}	\bar{N}_{cr}	$\bar{\omega}_1$	$\bar{\omega}_1$ present
0	Simply Supported	1,3021	9,8696	9,8696	9,8595
	Cantilever	12,5000	2,4674	3,5160	3,5143
	Clamped-Supported	0,5416	20,1907	15,4182	15,3997
	Clamped-Clamped	0,2604	39,4784	22,3733	22,3447
1	Simply Supported	1,4271	8,9830	9,4159	9,4062
	Cantilever	12,0000	2,4080	3,5313	3,5295
	Clamped-Supported	0,5769	16,7989	14,5992	14,5803
	Clamped-Clamped	0,2604	28,3043	21,1090	21,0751

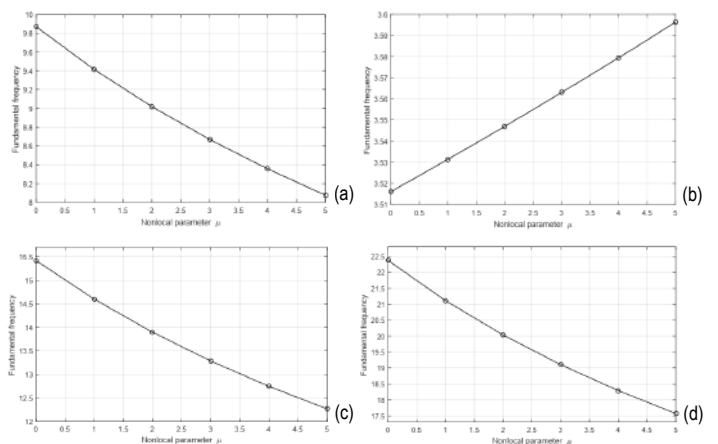


Figure 2 – Influence of nonlocal parameter μ in fundamental frequency for (a) simply supported, (b) cantilever, (c) clamped-supported and (d) clamped-clamped nanobeam with L/h = 100.

Conclusion

Numerical results obtained show that the inclusion of nonlocal effects in the Euler-Bernoulli theory increases the magnitudes of deflections and decreases buckling loads and natural frequencies. Slenderness ratio has no effect on the deflection results and the rotational inertia, when included, decreases fundamental frequencies. The effect of the parameters vary for different boundary conditions.

References

- ANSARI, R.; TORABI, J.; NOROUZZADEH, A. Bending analysis of embedded nanoplates based on the integral formulation of Eringen's nonlocal theory using the finite element method. *Physica B: Condensed Matter*, Vol. 534, pp. 90–97, 2018.
- DEMIR, C.; CIVALEK, Ö. A new nonlocal FEM via Hermitian cubic functions for thermal vibration of nano beams surrounded by an elastic matrix. *Composite Structures*, Vol. 168, pp. 872–884, 2017.
- ERINGEN, A. Cemal. On differential equations of nonlocal elasticity and solutions of screw dislocation and surface waves. *Journal of applied physics*, Vol. 54, n. 9m
- PRADHAN, S. Nonlocal finite element analysis and small scale effects of cnts with timoshenko beam theory. *Finite Elements in Analysis and Design*, Vol. 50, pp. 8–20, 2012.
- REDDY, J. N. Nonlocal theories for bending, buckling and vibration of beams. *International Journal of Engineering Science*, Vol. 45, n. 2-8, pp. 4703–4710, 1983.

Simulação numérica para análise estrutural dos cavaletes suporte de viradores de vagão por meio do método dos elementos finitos.

Rodrigo da Silva Melo (rodrigo145889@Hotmail.com, UniCEUMA); Leonardo Vinícius Lisboa da Cruz (lisboaleo77@gmail.com, UniCEUMA); Anaximandro Souza (anaxec1@gmail.com, UEMA).

Introdução

A modelagem computacional é uma área de conhecimento que se baseia no processo de aplicação de modelos matemáticos, com técnicas de computação, para o entendimento de problemas complexos, que incluem diversas áreas da ciência. Nesse sentido, foram analisados cavaletes por meio de modelagem computacional que servem de suporte para os viradores de vagões da empresa Vale, dispositivos para descarga de minério em pátios de estocagem da empresa.

O objetivo do presente trabalho é a realização de análises estáticas e análises de fadiga dos cavaletes suporte de viradores de vagão. Com o auxílio da modelagem computacional e simulações numéricas, parâmetros importantes foram analisados com o objetivo de auxiliar nas análises de manutenção, visto que a interpretação dos dados é fundamental, considerando a vida útil e a durabilidade desses elementos que são de grande importância para a rotina da empresa.

Metodologia

Modelagem Computacional

A metodologia utilizada no presente trabalho refere-se ao uso de modelos computacionais para simulação numérica utilizando o Método dos Elementos Finitos (MEF), no intuito de avaliar o comportamento estrutural dos cavaletes suporte de viradores de vagão. Nesse seguimento, utilizou-se o *software* de modelagem e simulação *Femap 11.0* e, como objeto a ser analisado, os cavaletes.

Foram utilizados elementos de casca para modelagem de todo o cavalete, elementos de barra para a ligação do pino da fixação do cabo de aço e elementos rígidos para realizar a ligação do nó fixo com superfícies das bases. Os nós com restrição foram impossibilitados de qualquer movimento a fim de obter cargas resultantes em toda a base. Todas as superfícies inferiores das bases foram inteiramente restritas, a fim de se obter uma simplificação do modelo. A figura 1 expressa os modelos com a malha de elementos finitos e suas restrições.

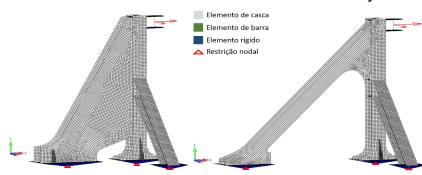


Figura 1: Modelo computacional dos cavaletes VV-311K-01 e VV-311K-02/03. Fonte: Autores 2019.

Os materiais das chapas utilizadas no cavalete VV-3011K-01 são apresentados na figura 2. Vale ressaltar que os materiais do cavalete VV-3011K-02/03 não são apresentados, visto que o mesmo é feito inteiramente de aço Q345C.

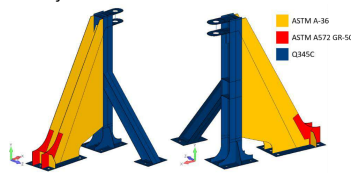


Figura 2: Material do cavalete VV-3011K-01. Fonte: Autores 2019.

As tabelas 1, 2 e 3 discriminam, respectivamente, as propriedades dos materiais dos cavaletes, suas respectivas direções, e também apresentam quatro tipos de carga utilizadas nas análises dos cavaletes.

Tabela 1: Propriedades dos materiais utilizados nos cavaletes.

Aço estrutural	Espessura da chapa [mm]	Limite de escoamento [MPa]	Módulo de elasticidade [GPa]	Peso específico [kg/m³]	Tensão admissível [MPa]
Q345C	≤16	345	200	7850	230
	16<e≤40	335			223
	40<e≤63	325			216
	63<e≤80	315			210
	80<e≤100	305			203
ASTM A572 GR-50	-	345	-	-	230
ASTM A36	-	250	-	-	166

Tabela 2: Valores e direções das cargas atuantes.

Tipo de carga	Valor em x [kN]	Valor em z [kN]
ACD+	648	20
ACD-	648	-20
PCD+	80	20
PCD-	80	-20

Tabela 3: Tipos de Carregamento utilizados nos modelos.

Número	Descrição	Símbolo
1	Acionamento + Carga dinâmica do cabo (+)	ACD+
2	Acionamento + Carga dinâmica do cabo (-)	ACD-
3	Protensão do cabo + Carga dinâmica do cabo (+)	PCD+
4	Protensão do cabo + Carga dinâmica do cabo (-)	PCD-

Resultados e discussão

Análise Estática

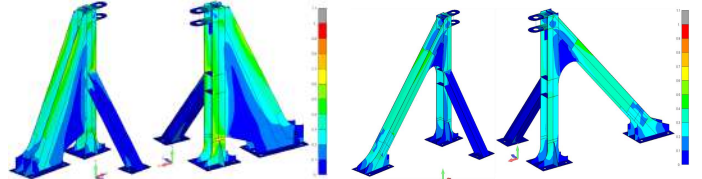


Figura 3: IU VV-311K-01 Análise Estática. Fonte: Autores 2019.

Figura 4: IU VV-311K-02/03 Análise Estática. Fonte: Autores 2019.

Análise de Fadiga – FEM Section II

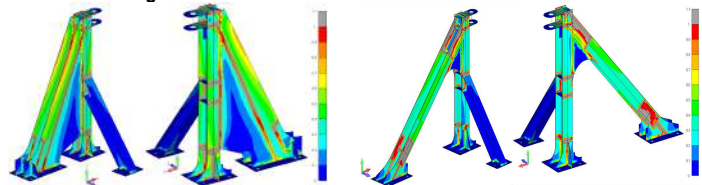


Figura 5: Análise de Fadiga FEM K4, VV-311K-01. Fonte: Autores 2019.

Figura 6: Análise de Fadiga FEM K4, VV-311K-02/03. Fonte: Autores 2019.

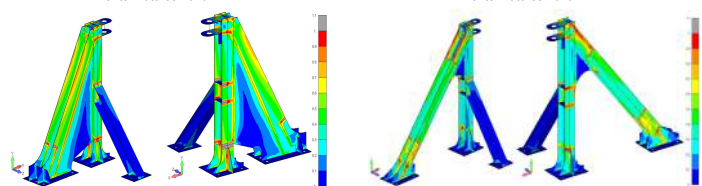


Figura 7: Análise de Fadiga FEM K3, VV-311K-01. Fonte: Autores 2019.

Figura 8: Análise de Fadiga FEM K3, VV-311K-02/03. Fonte: Autores 2019.

Para análise de fadiga foram consideradas 10 composições de 120 vagões por dia, sendo um ciclo a cada dois vagões com uma vida útil de 20 anos. Nessa perspectiva, considerou-se 600 ciclos por dia, totalizando 4.380.000 ciclos ao longo de toda a vida do cavalete. Como normalização, pela capacidade anual dos viradores, o ciclo final nos 20 anos de vida, foi dividido por 1,5 gerando uma vida total de 2.920.000 ciclos. As análises de fadiga seguiram a norma *European Materials Handling Federation* (FEM).

As soldas presentes em ambos os cavaletes foram consideradas como caso K4, onde a concentração de tensão nas soldas é crítica. As figuras 5 e 6 apresentam os resultados para os cavaletes de um concentrador do tipo K4. Para concentradores do tipo K4, quase toda a área foi reprovada na análise de fadiga. Realizando alguns requisitos para que a solda seja considerada como K3 (esmiralhamento e verificação por ultrassom), grande parte das áreas reprovadas foram, por conseguinte, aprovadas nesse feito, o que está expressado nas figuras 7 e 8.

Conclusão

A análise estática da estrutura do cavalete não apontou risco de falha, sendo assim esse considerado aprovado nas análises realizadas. Ressalta-se a necessidade de mais vistorias para que a peça continue em bom estado no que se refere à análise estática.

Porém, com relação à análise de fadiga, foram evidenciadas regiões da estrutura dos cavaletes com vida menor que a requerida em análise (20 anos). Portanto, serviços de manutenção, de acordo com a *FEM Section II*, devem ser prestados para que a referida estrutura apresente resultados que estejam dentro do que é previsto pela norma citada, e o risco de comprometimento do cavalete antes do tempo necessário, seja reduzido.

Agradecimento

Agradeço à Universidade CEUMA, assim como ao Laboratório de Modelagem e Simulação de Sistemas Energéticos na pessoa do Prof. Dr. Luís Jorge Mesquita de Jesus.

Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7165**: Símbolos gráficos de solda para construção naval e ferroviária. Rio de Janeiro, 2014. Rio de Janeiro, 1982
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8800**: projeto e execução de estruturas de edifícios. Rio de Janeiro, 2008
- EUROPEAN MATERIALS HANDLING FEDERATION. **Section II**. Mobile bulk handling. Brussels, 1997.

VIBRATION RESPONSE OF A BEAM-COLUMN ON PASTERNAK FOUNDATION.

Rômulo Luz Cortez; Lucas Oliveira Siqueira and Prof. Dra. Simone dos Santos Hoefel (Professor Advisor, Mechanical Engineering Department – UFPI); romulocortez10@gmail.com; lucasoliveira13@gmail.com and simone.santos@ufpi.edu.br

Introduction

Several researchers over the years have sought describe and analyze problems of soil-structure interaction. For example, Arboleda-Monsalve et al. (2008) used the finite element method (FEM) to analyze the dynamic of a Timoshenko beam-column resting on elastic foundation with general constraints ends, and Abohaddima et al. (2015) investigated the free and forced vibration of an axial-loaded Timoshenko beam resting on a elastic foundation using the Recursive Differentiation Method (RDM). Further, Soares et al. (2017), also using the FEM, investigated the dynamic behave of a Timoshenko beam resting on a Pasternak foundation.

In this context, the purpose of this work is investigate the dynamic behavior of an axial-loaded Timoshenko beam resting on a two-parameter elastic foundation. FEM is developed and compared with the analytical solution. Foundation parameters and the axial load contributions are investigated in several numerical examples for beams with different end restraints.

Methodology

Axial-loaded Beam On Elastic Foundation Formulation

Differential Equations (1) and (2) express the motion for a free vibration beam, accordingly to the Timoshenko formulation taking into account the foundation and the axial load, as show in Fig. 1, where L is the length of the beam, P the axial load, kw the elastic linear spring parameter and G_p the shear layer parameter (Wang and Stephens, 1977; Wu, 2013).

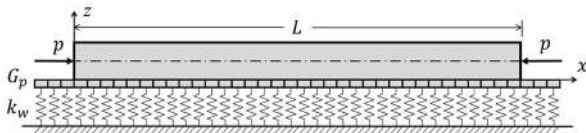


Figure 1: Sketch of an axial-loaded beam resting on a Pasternak foundation (image elaborated by the authors).

$$EI \left(1 + \frac{G_p - p}{\kappa GA} \right) \frac{\partial^4 w(x,t)}{\partial x^4} + \left(\rho A + \frac{\rho I k_w}{\kappa GA} \right) \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial t^2} - \left(\frac{EI k_w}{\kappa GA} + G_p - p \right) \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial x^2} - \rho I \left(1 + \frac{E}{\kappa G} + \frac{G_p - p}{\kappa GA} \right) \frac{\partial^4 \psi(x,t)}{\partial x^2 \partial t^2} + \frac{\rho^2 I}{\kappa G} \frac{\partial^4 \psi(x,t)}{\partial t^4} + k_w w(x,t) = 0, \quad (1)$$

$$EI \left(1 + \frac{G_p - p}{\kappa GA} \right) \frac{\partial^4 \psi(x,t)}{\partial x^4} + \left(\rho A + \frac{\rho I k_w}{\kappa GA} \right) \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial t^2} - \left(\frac{EI k_w}{\kappa GA} + G_p - p \right) \frac{\partial^2 \psi(x,t)}{\partial x^2} - \rho I \left(1 + \frac{E}{\kappa G} + \frac{G_p - p}{\kappa GA} \right) \frac{\partial^4 w(x,t)}{\partial x^2 \partial t^2} + \frac{\rho^2 I}{\kappa G} \frac{\partial^4 w(x,t)}{\partial t^4} + k_w \psi(x,t) = 0, \quad (2)$$

where, E is the Young's modulus, G the shear modulus, I the moment of inertia, ρ the mass density, A the cross-sectional area, t the time, κ the shear factor, $w(x,t)$ is vertical displacement and $\psi(x,t)$ is total slope.

Finite Element Method

Consider a uniform axial-loaded Timoshenko beam element on Pasternak Foundation with length $2a$ as showed in Fig. 2. The beam element consists of two nodes and each node has two degrees of freedom: w , the total displacement and ψ , the total slope.

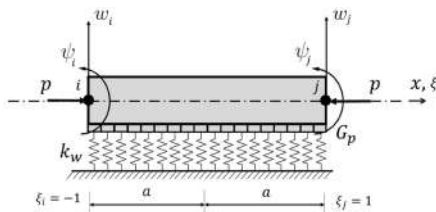


Figure 2: Beam element (image elaborated by the authors).

Applying the Rayleigh-Ritz method using polynomial functions approximations and applying the boundary conditions at the points $\xi_i = -1$ and $\xi_j = 1$, the shape functions and the vector of nodal coordinates can be expressed as:

$$[N(\xi)]_w^T = \frac{1}{4(1+3\beta)} \begin{bmatrix} 2 - 3(1+2\beta)\xi + 6\beta + \xi^3 \\ a(1 - \xi - (1+3\beta)\xi^2 + 3\beta + \xi^3) \\ 2 + 3(1+2\beta)\xi + 6\beta - \xi^3 \\ a(-1 - \xi + (1+3\beta)\xi^2 - 3\beta + \xi^3) \end{bmatrix}, \quad (7)$$

$$[N(\xi)]_\psi^T = \frac{1}{4(1+3\beta)} \begin{bmatrix} (-3 + 3\xi^2)/a \\ -1 - (2+6\beta)\xi + 6\beta + 3\xi^3 \\ (3 - 3\xi^2)/a \\ -1 + (2+6\beta)\xi + 6\beta + 3\xi^3 \end{bmatrix} \text{ and } \{v\}_e^T = [w_i \quad \psi_i \quad w_j \quad \psi_j], \quad (8; 9)$$

where $\beta = EI/(\kappa GA a^2)$.

Therefore, the elementary stiffness and mass matrices, $[k_e]$ and $[m_e]$, respectively are given by:

$$[k_e] = \frac{EI}{a} \int_{-1}^1 [N'(\xi)]_\psi^T [N'(\xi)]_\psi d\xi + \frac{\kappa GA}{a} \int_{-1}^1 [N(\xi)]_w - a[N(\xi)]_\psi \left[[N'(\xi)]_w - a[N(\xi)]_\psi \right] d\xi + k_w a \int_{-1}^1 [N(\xi)]_w^T [N(\xi)]_w d\xi + \frac{G_p}{a} \int_{-1}^1 [N'(\xi)]_\psi^T [N'(\xi)]_\psi d\xi + \frac{\rho}{a} \int_{-1}^1 [N'(\xi)]_w^T [N'(\xi)]_w d\xi \text{ and} \quad (11)$$

$$[m_e] = \rho A a \int_{-1}^1 [N(\xi)]_w^T [N(\xi)]_w d\xi + \rho I a \int_{-1}^1 [N(\xi)]_\psi^T [N(\xi)]_\psi d\xi. \quad (12)$$

Numerical Results And Discussion

In this section, a numerical example presented by Abohaddima et al. (2015) is analyzed. A uniform beam of uniform cross-section area such that $\nu = 1/4$, $E/G = 2.5$, the shear factor given by $\kappa = 2/3$, $\rho = 2500 \text{ kg/m}^3$, $I = 0.05^2 \text{ m}^4$ and $A = 1 \text{ m}^2$. First three frequencies parameters obtained for immersed and non-immersed cases are presented on Tab. 1. Finite elements (discretization with 30 and 50 elements) results were in well agreement with literature (Abohaddima et al., 2015).

Table 1: First three frequencies parameters for a hinged-hinged beam (table elaborated by the authors).

Parameters			30 ele.	50 ele.	Exact ⁽¹⁾	
n	e	p				
0	0	0	b_1	2.866	2.866	2.866
			b_2	4.925	4.923	4.922
			b_3	6.454	6.449	6.446
0.6	0	0	b_1	1.862	1.862	1.863
			b_2	4.387	4.384	4.384
			b_3	5.932	5.926	5.923
0.6	$0.6\pi^4$	0	b_1	2.866	2.866	2.866
			b_2	4.540	4.538	4.538
			b_3	5.997	5.991	5.988
0.6	$0.6\pi^4$	π^2	b_1	3.555	3.555	3.555
			b_2	5.296	5.294	5.294
			b_3	6.785	6.779	6.777

⁽¹⁾(Abohaddima et al., 2015).

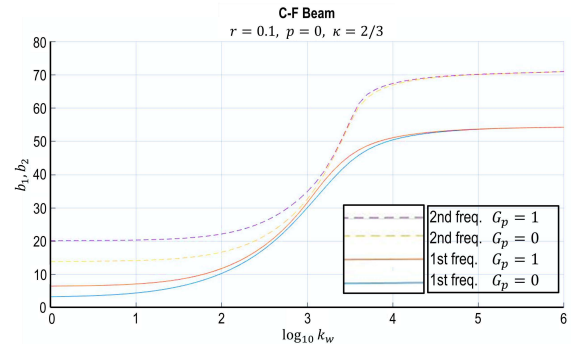


Figure 3: First two frequencies parameters for a Clamped-Free beam on a Pasternak foundation.

Conclusions

Notice that Tab. 1 show that the presence of axial load decreases the frequency parameters b_i . This behavior occurs because the transverse component of the axial load causes an increase in shear force. Also, is observed the influence of foundation into free vibration of a hinged-hinged beam subjected to axial load. The addition of the first foundation parameter causes a significant increase in the frequency parameter in the first mode, although become less significant for higher modes. Further, results for second foundation parameter (Pasternak foundation) presents a remarkable increase for all modes of vibration showed, being superior than those presented by the first foundation parameter. In addition, the variations in the frequency parameter decreases as the mode number increases. For higher modes, as expected, the difference between FEM and analytical solutions decreases as the number of elements is increased. Finally, the major error was 0.152%, perceived into third frequency using 30 elements.

Acknowledgement

Thanks to Prof. Dra. Simone for the excellent orientation, as well as for Lucas Oliveira Siqueira for all the effort in the development of our work and to the colleagues of the LAMEC - UFPI

References

- Abohaddima, S., Taha, M. and Abdeen, M., 2015. "General analysis of Timoshenko beams on elastic foundation". Mathematical Problems in Engineering, Vol. 2015.
- Arboleda-Monsalve, L.G., Zapata-Molina, D.G. and Aristizabal-Ochoa, J.D., 2008. "Timoshenko beam-column with generalized end conditions on elastic foundation: Dynamic-stiffness matrix and load vector". Journal of Sound and Vibration, Vol. 310, No. 4-5, pp. 1057-1079.
- Soares, L. S., Bezerra, W. K. S. and Hoefel, S. S., 2017. "Dynamic response of Timoshenko beams on Pasternak foundation". COBEM 2017.
- Wang, T. and Stephens, J., 1977. "Natural frequencies of Timoshenko beams on Pasternak foundations". Journal of Sound Vibration, Vol. 51, pp. 149-155.
- Wu, J.S., 2013. Analytical and numerical methods for vibration analyses. John Wiley & Sons.

MODELAGEM E IDENTIFICAÇÃO DE SISTEMAS

MIS01 - Estudo e Aplicação do Sensor LIDAR em Carros Autônomos	pg. 26
MIS02 - Modelagem Baseada em Agentes para Derrame de Óleo na Costa Maranhense	pg. 27
MIS03 - Modelagem de um Modelo Didático para um Servomotor	pg. 28
MIS04 - Modelando a Atitude de um Drone Quadrotor	pg. 29

ESTUDO E APLICAÇÃO DO SENSOR LIDAR EM CARROS AUTÔNOMOS

Darieldon de Brito Medeiros (UFPI); Denilson Alves de Sousa (UFPI); José Maria Pires de Menezes Júnior (UFPI); darieldonbm99@outlook.com, denilalvessousa@gmail.com, josemenezesjr@ufpi.edu.br

Introdução

Segundo Santos e Khoshelham (2015), o crescimento de sistemas de sensores de imageamento e navegação tornou o mapeamento tridimensional uma tarefa essencial para diversas áreas da engenharia, tais como o sistema de localização e mapeamento simultâneo (SLAM), para inspeção de infraestruturas, cartografia, dentre outras.

De acordo com Wang et al. (2017) para os casos que os veículos autônomos operam com certa proximidade com pedestres, o reconhecimento e o rastreamento de pedestres em movimento são funções básicas do sistema de prevenção de colisão.

Metodologia

Montagem do circuito para a realização dos mapeamentos

No presente trabalho, foi utilizado a plataforma Arduino integrada ao software Matab para realizar mapeamentos de ambiente bidimensional e tridimensional utilizando o sensor LIDAR lite v3 da empresa Garmin junto com um suporte PAN/TILT para realizar o mapeamento bidimensional e tridimensional do ambiente à sua volta

Dentre os diversos sensores LIDAR disponíveis no mercado, foi escolhido para o projeto o sensor LIDAR lite v3 da Garmin (Figura 1), visto que sensores laser comerciais normalmente são caros. Este sensor da Garmin tem um alcance de detecção de 40 metros e outras especificações podem ser encontradas na Tabela 1.



Figura 1: Sensor LIDAR lite v3.
Fonte: (GARMIN, 2018)

Tabela 1: Condições de Contorno.

Especificações	Medidas
Alcance máximo	40 m
Precisão ≥ 5 m	± 10 cm
Resolução	± 1 cm
Taxa de repetição	500 Hz

Após a escolha do sensor, foi necessário o uso de um suporte PAN/TILT para realizar o mapeamento de ambientes tanto no eixo horizontal quanto no eixo vertical, Figura 2.



Figura 2: Suporte PAN/TILT utilizado.
Fonte: (TECNOTRONICS, 2018)

Através do suporte PAN/TILT, foi realizado a montagem do circuito, utilizando a plataforma Arduino para o mapeamento de ambientes 2D e 3D.

Mapeamento 3D e 2D

Através do software Matlab, integrado com a plataforma Arduino por sua comunicação serial, os dados obtidos pelo sensor LIDAR foram enviados diretamente para o Matlab e, após o término do mapeamento foi criada a imagem 3D do ambiente mapeado. Após a coleta dos dados, realizou-se a conversão das coordenadas obtidas do sensor LIDAR de esféricas, Figura 4, para cartesianas, Figura 5. O local utilizado para medição foi próximo a Biblioteca setorial do Centro de Ciências Humanas e Letras da Universidade Federal do Piauí.

Após o mapeamento 3D do ambiente, foi realizado o mapeamento 2D do ambiente para a detecção de movimentos. Cada mapeamento gera uma figura 2D do ambiente, sendo repetido um total de 20 vezes. Os dados de coloração laranja correspondem a uma distância de até 2,5 metros do sensor e os pontos além dessa distância são coloridos de azul.

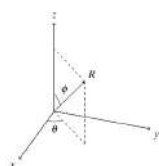


Figura 4: Sistema de coordenadas esféricas.
Fonte: Elaborado pelo Autor

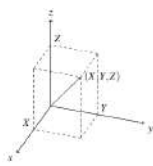


Figura 5: Sistema de coordenadas cartesianas.
Fonte: Elaborado pelo Autor

$$X = R \cos \theta \sin \varphi \quad (1)$$

$$Y = R \sin \theta \sin \varphi \quad (2)$$

$$Z = R \cos \varphi \quad (3)$$

Resultados e discussão

Resultados em ambiente 3D e 2D

Foram realizados diversos testes, incluindo o mapeamento 3D e 2D do ambiente com dois carros e um pedestre. O ambiente mapeado pode ser observado na Figura 6. A Figura 7 mostra o mapeamento tridimensional realizado com a utilização do sensor. A Figura 8 mostra os mapeamentos bidimensionais do sensor com um pedestre se deslocando atrás do carro (seta).



Figura 6: Ambiente aberto com dois carros e um pedestre.
Fonte: Elaborada pelo Autor

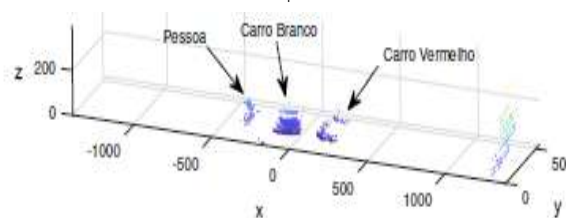


Figura 7: Mapeamento 3D do ambiente aberto.
Fonte: Elaborada pelo Autor

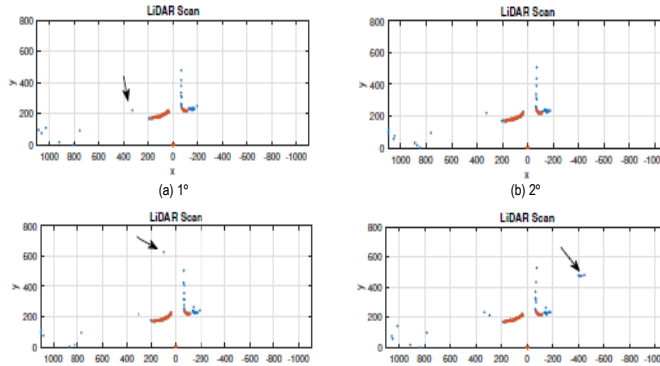


Figura 8: Mapeamento 2D do ambiente aberto, seta identifica onde está o pedestre.
Fonte: Elaborada pelo Autor

Conclusão

A respeito dos resultados obtidos, no mapeamento 3D com o LIDAR os gráficos ficaram muito semelhantes com a realidade. Como o alcance do sensor não era tão alto, não foi possível mostrar as árvores no mapeamento em ambiente aberto. Nos resultados obtidos do mapeamento 2D o LIDAR foi capaz de perceber a movimentação de pedestres em ambos os ambientes com uma boa precisão se comparado com a imagem do ambiente testado.

Agradecimento

Agradeço à UFPI pelo apoio, assim como aos meus amigos e companheiros de curso de Engenharia Elétrica.

Referências

- SANTOS, D. R. dos; KHOSHSELHAM, K. Mapeamento 3d de ambientes internos usando dados rgb-d. *Boletim de Ciências Geodésicas*, p. 442-464, 2015
- GARMIN. Lidar Lite v3 Operation Manual Manual and Technical Specifications. 2016. Disponível em: <http://static.garmin.com/puvmao/LIDAR_Lite_v3_Operation_Manual_and_Technical_Specifications.pdf>. Acesso em: 08 out. 2018.
- HABERMANN, D. Detecção e rastreamento de obstáculos com uso de sensor laser de varredura. *Dissertação (Mestrado)* — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2010.
- ZANCHIN, B. C. et al. On the instrumentation and classification of autonomous cars. In: 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), [S.l.: s.n.], 2017. p. 2631-2636.
- TECNOTRONICS. Pan Tilt Com 2 Servos Fpv De Camera Arduino Drone Gimbal. 2018. Disponível em: <https://www.tecnotronics.com.br/pan-tilt-com-2-servos-fpv-de-camera.html>. Acesso em: 09 jul. 2018.
- WANG, H. et al. Pedestrian recognition and tracking using 3d lidar for autonomous vehicle. *Robotics and Autonomous Systems*, v. 88, p. 71 - 78, 2017. ISSN 0921-8890. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921889015302633>.

MODELAGEM BASEADA EM AGENTES PARA DERRAME DE ÓLEO NA COSTA MARANHENSE

Pedro Lucas Sanches Fonseca Silva (Eng. de Petróleo - UniCEUMA);

Jennifer Slayder Santos Sousa (Eng. De Petróleo – UniCEUMA);

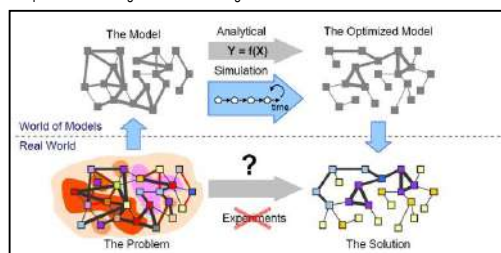
Prof. Dr. Luís Jorge Mesquita de Jesus (Orientador, Departamento de Eng. de Petróleo – UniCEUMA);

plfonseka@gmail.com; slayder.je@gmail.com; luisjorged25@hotmail.com

INTRODUÇÃO

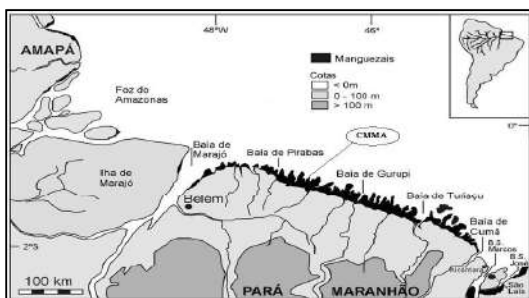
A Modelagem Baseada em Agentes (MBA) é uma técnica de modelagem extremamente rica que permite lidar com sistemas complexos a partir de suas unidades constituintes e gerar resultados através das interações entre estas.

Figura 1 – Esquema de Modelagem Baseada em Agentes



Fonte: BORSHCHEV (2004)

Figura 2 - Mapa de localização da Costa de Macromaré de Manguezais da Amazônia (CMMA)



Fonte: FILHO (2005)

A área conhecida como Reentrâncias Maranhenses é caracterizada pela sua expressiva faixa contínua de manguezal, sendo responsável por 50% da maior extensão do mundo deste tipo.

METODOLOGIA

ESTRUTURA DO SIMULADOR (NETLOGO)

ESPAÇO FÍSICO / FLOW MODULE

MAR + TERRA → DIVIDIDOS EM CÉLULAS QUADRADAS

COMPORTAMENTO DO ÓLEO / TRANSPORT-FATE MODULE

Volume de Óleo dividido em uma série de pequenas partículas (células menores)

Cada partícula de óleo se movimenta de acordo com um campo de velocidades discreto, com um vetor velocidade atribuído a cada célula. Cada partícula se movimenta com base nos processos de **advecção** e **espalhamento** e está sujeita a processos de **evaporação**, **emulsificação**, **dispersão** e **mudanças na densidade e viscosidade**, cuja intensidade depende da atribuição de condições externas à célula onde a partícula está localizada. Cada processo foi descrito matematicamente para a simulação.

As partículas de óleo podem ainda ser modificadas por mudanças na massa, teor de água, volume, evaporação e taxa de dispersão. Processos que serão as saídas do simulador.

Como valores iniciais são definidas condições do tipo: **temperatura**, **ventos** e **correntes marinhas**, que representam as condições externas atribuídas a cada célula de representação do espaço físico (mar ou terra).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

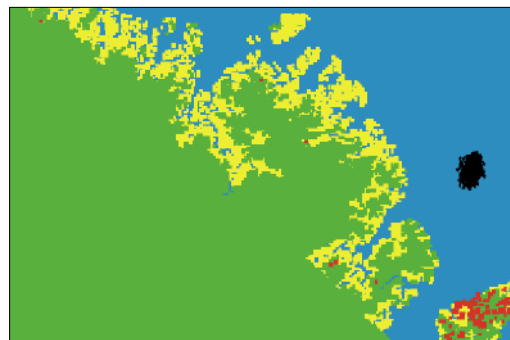
Várias simulações foram feitas para as condições apresentadas pela topologia variando o tamanho do passo de tempo, a quantidade de óleo derramada e o tempo de interação água/óleo.

Tabela 1 – Condições iniciais da simulação apresentada

Condições iniciais	
tamanho da célula	10 m
massa inicial de óleo	1 t
time step	600 s
densidade do óleo	835 kg/m ³
massa inicial de cada partícula	10 kg
tempo total	200 h

Fonte: Autor

Figura 3 – Topologia da área de estudo dividida em células ativas



Fonte: Autor

A figura 3 mostra a interface gráfica do software NetLogo com a topologia da área de estudo plotada em células ativas (agentes), as quais foram divididas em AMARELO (ecossistema manguezal), VERDE (demais vegetações) e VERMELHO (áreas antropizadas). A parte em PRETO apresenta a pluma de óleo que interage com as células da topologia regidas pelos fenômenos já citados.

CONCLUSÃO

Diante do panorama exposto, podemos concluir que os dados e resultados aqui apresentados, ainda que parciais, mostram o potencial da pesquisa, bem como o seu alto grau de importância para o monitoramento de possíveis acidentes envolvendo o derrame de óleo na costa Maranhense. Os resultados obtidos com as simulações estão em acordo com os presentes na literatura, metodologia utilizada como validação. A intenção é construir um simulador amplamente funcional, que poderá ser aplicado a quaisquer tipos de topologias para estudos futuros.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao Laboratório de Modelagem e Simulação de Sistemas Energéticos e à Universidade Ceuma pelo apoio a esta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BORSHCHEV, Andrei, and Alexei Filippov. "From system dynamics and discrete event to practical agent based modeling: reasons, techniques, tools." *Proceedings of the 22nd international conference of the system dynamics society*. Vol. 22. Oxford: System Dynamics Society, 2004.
- WOLFRAM, S. 1983. *Statistical mechanics of cellular automata*. *Reviews of Modern Physics*, Vol. 55, No. 3: 602-644.
- BEZERRA, D. S. O ecossistema manguezal em meio urbano no contexto de políticas públicas de uso e ocupação do solo na baía do Rio Anil, São Luís-MA. Dissertação de mestrado apresentada ao programa de pós-graduação em Saúde e Ambiente da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), 122 p. 2008.
- SOUZA FILHO, RW.M. Costa de manguezais de macromaré da Amazônia: cenários morfológicos, mapeamento e quantificação a partir de dados de sensores remotos. *Rev. Bras. Geof.*, v.23, p.427-435, 2005.

MODELAGEM DE UM MODELO DIDÁTICO PARA UM SERVOMOTOR.

Luan da Silva Bezerra (ICV/UFPI);

Prof. Dr. José Medeiros de Araújo Júnior (Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – UFPI);
luan.gd@hotmail.com

Introdução

Os servomotores são máquinas eletromecânicas, cujos eixos apresentam movimentos rotacionais proporcionais a um sinal de entrada, como por exemplo, sinais do tipo PWM. Esses servos são utilizados em aplicações que exigem um movimento rotativo preciso, sendo bastante utilizados em impressoras, sistemas de controle como o *Ball and Beam*, máquinas-ferramenta, pêndulos e braços robóticos. O interesse neste sistema é motivado por sua precisão, fácil manutenção e baixo custo. Para as mais diversas aplicações com servos, idealmente deve-se utilizar algoritmos de controle, de modo a se otimizar mais ainda a precisão do deslocamento angular gerado pelo seu eixo. Neste caso, é necessário que seja realizado o levantamento do modelo matemático que represente a dinâmica do servomotor, onde esse modelo vai relacionar o sinal de saída (deslocamento angular) em relação a sua entrada (sinal PWM).

A modelagem matemática desses tipos de motores é um fator de real importância na busca de um melhor desempenho. Aplicando leis físicas inerentes a sua natureza, como as leis de Newton e as leis de Kirchhoff, chegamos nas equações que relacionam matematicamente as variáveis do modelo e tornam possível o projeto de controladores.

Dessa forma, o presente trabalho consiste em obter o modelo matemático de um servomotor, e em seguida, aplicar o mesmo em um sistema de controle. Além dessas equações, tem-se também uma implementação computacional de um controlador, e com isso, desenvolvimento de uma ferramenta didática para o estudo e aprimoramento das técnicas de modelagens e de controle.

Metodologia

Modelagem de um Servomotor.

O subsistema elétrico do servomotor (figura 1), tem como variáveis: R_m , que é a resistência da armadura, L_m , que corresponde a indutância do motor DC, I_m , corrente do circuito, "e", a tensão que irá induzir o torque no rotor, e "v", a tensão aplicada a malha. A figura 2 ilustra as relações de torque da caixa de engrenagens do servomotor.

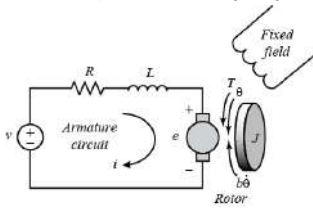


Figura 1: Subsistema elétrico do servomotor.
Fonte: Control Tutorials for Matlab e Simulink.

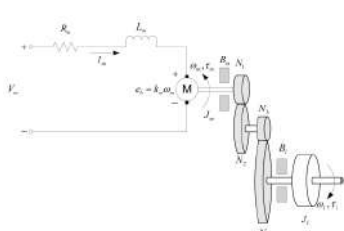


Figura 2: Relações de torque da caixa de engrenagens do servomotor.
Fonte: Quanser

Com técnicas de modelagem e aplicando a transformada de Laplace, que converte a equação do domínio do tempo para o domínio da frequência, foi obtido a função de transferência do comportamento do servo motor.

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{\eta g \cdot Kg \cdot \eta m \cdot Km}{Rm \cdot Je q \cdot s^2 + (Rm \cdot Bm + \eta g \cdot Kg \cdot \eta m \cdot Km \cdot Kce) \cdot s} \quad (1)$$

Utilizando os valores da tabela 1 em (1), que são parâmetros que foram obtidos a partir de trabalhos encontrados na literatura, é obtida a função de transferência em malha aberta do servomotor:

$$P(s) = \frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{0.06677}{0.005408s^2 + 0.3951s} \quad (2)$$

Com (2), é possível agora obter os parâmetros do motor para encontrarmos o Lugar Geométrico das Raízes da função, e com isso, analisar sua estabilidade e dinâmica, visando o desenvolvimento de um controlador. Com a função de transferência (2) em malha fechada, encontrou-se os parâmetros de frequência natural e coeficiente de amortecimento, que estão em (3). Como $\zeta > 1$, estamos diante de um sistema superamortecido.

$$Wn = 3.513 \quad e \quad \zeta = 10.393 \quad (3)$$

Análise com a Adição do Controlador PD.

O projeto do controlador, por meio do método do Lugar Geométrico das Raízes (LGR) baseia-se na especificação da dinâmica do sistema através do posicionamento de um par de polos complexos conjugados que determinarão a resposta em malha fechada. Os parâmetros do controlador deverão ser tais que assegurem que o LGR passe pelos polos especificados. Pelo critério do ângulo e o critério do módulo, é possível obter a função de transferência do controlador PD a ser utilizado.

Tabela 1: Parâmetros do servomotor.

Parâmetro	Variável	Valor
Coef. de Viscosidade Equivalente	Beq	$0.015 \text{ N} \cdot \text{m}/(\text{rad}/\text{s})$
Momento de Inércia Equivalente	$Je q$	$2.08 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$
Razão dos Raios das Engrenagens	Kg	14
Eficiência das Engrenagens	ηg	0.9
Constante de Torque do Motor	Km	$7.68 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}$
Eficiência do Torque	ηm	0.69
Resistência no Motor	Rm	2.6Ω
Const. de contra-força-eletr. m.	Kce	$7.68 \cdot 10^{-3} \text{ V}/(\text{rad}/\text{s})$

Para a implementação do controlador PD, utilizou-se os valores de *overshoot* (Mo) e tempo de assentamento (Ts), dados em (4).

$$Mo = 5\% \quad e \quad Ts = 1s \quad (4)$$

A equação do controlador, $C(s)$, é dada em (5).

$$C(s) = 10.4121 (s + 30.613) \quad (5)$$

Multiplicando a equação (2) pela equação (5), encontrou-se a função de transferência com a presença do controlador em (6), que é representado pelo diagrama de blocos (figura 3), em malha fechada.

$$C(s) \cdot P(s) = \frac{0.7 (s + 30.613)}{0.005408s^2 + 0.3951s} \quad (6)$$

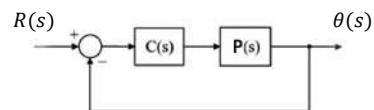


Figura 3 – Diagrama de blocos em malha fechada com a presença do controlador PD.

Resultados e discussão

Para a análise da dinâmica apresentada pelo servomotor, foi aplicado um degrau unitário na função de transferência, inicialmente sem a presença do controlador. Em seguida, aplicou-se o mesmo sinal, mas com o servomotor sendo controlado, através do comando *step*, do software *MATLAB*. Considerando uma excitação constante, que no caso foi o degrau unitário, os resultados encontrados foram satisfatórios e podem ser observados nos gráficos plotados nas figuras 4 e 5, que representam a função de transferência em malha fechada sem o controlador e a função de transferência com a adição do controlador, respectivamente. Observa-se que a resposta tende a um valor limite, sendo portanto estável.

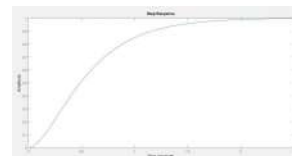


Figura 4 – Resposta em Malha Fechada sem Controlador.

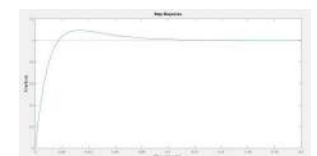


Figura 5 – Resposta em Malha Fechada com Controlador.

Conclusão

Neste trabalho, a obtenção da função de transferência de um servomotor é apresentada. A análise de estabilidade e desempenho do controle do servo é investigada e com ela são estabelecidas parâmetros iniciais de estabilidade e dinâmica do sistema. Os resultados mostram que a dinâmica esperada com o controlador PD foi atendida. Com a proposta do controlador, o sistema que antes era superamortecido, tornou-se subamortecido, com um *overshoot* de 5% e um Tempo de assentamento de 1s, melhorando de maneira satisfatória a dinâmica. Conclui-se que o controle proposto no trabalho pode beneficiar o comportamento dinâmico de sistemas utilizados na engenharia de controle.

Agradecimento

Agradeço à UFPI pelo apoio, assim como aos colegas do Grupo de Automação e Sistemas Inteligentes (GRASI) da Universidade Federal do Piauí.

Referências

- Control Tutorials for MATLAB & SIMULINK, DC Motor Speed: System Modeling. Michigan: Regents of the University of Michigan, 2005.
J. Apkarian, M. Lewis, H. Gurocak, Student Workbook SRV02. Markham: Quanser Inc., 2011.DATTA, Nabanita et al. Free transverse vibration of ocean tower. *Ocean Engineering*, v. 107, p. 271-282, 2015.
NISE, Norman S.; DA SILVA, Fernando Ribeiro. *Engenharia de sistemas de controle*. LTC, 2002.
OGATA, Katsuhiko; SEVERO, Bernardo. *Engenharia de controle moderno*. Prentice Hall do Brasil, 1998.
S. K. Choudhary, Fractional Order Feedback Control of a Ball and Beam System. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical and Computer Engineering*, Vol.8, No.7, 2014.

MODELANDO A ATITUDE DE UM DRONE QUADROTOR

Pedro Iago Carvalho Martins (UFPI);
 Prof. Dr. Otacílio da Mota Almeida (Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – UFPI);
 pjago@protonmail.com.

Introdução

A atitude em um drone quadrotor corresponde aos dois ângulos que localizam o seu plano de atuação em relação à horizontal. O controle de atitude corrige a inclinação de um drone quadrotor através de alterações de velocidade, e portanto de força de propulsão, nas suas quatro hélices. Ajustando a atitude e a propulsão total, é possível equilibrar um quadrotor em uma altura fixa, bem como o locomover de um ponto a outro (BRESCIANI, 2008).

No referente trabalho analisou-se um drone restrito ao balanço horizontal como na Figura 1, no Laboratório de Controle e Automação da UFPI, fixado por cordas em um eixo horizontal, enquanto no outro eixo controlou-se a atitude, acionando-se dois motores de forma simétrica. Assim, identificou-se um modelo de função de transferência por aproximação à curva de Nyquist, obtida com medições de entrada e saída no método do relé (ASTROM, 1995).



Figura 1: Sistema de balanço horizontal analisado, sustentado por cordas.
 Fonte: Martins (2018)

Metodologia

Modelagem do sistema de balanço horizontal e motores

O modelo linear simplificado para o sistema de balanço horizontal da Figura 1 foi obtido aplicando-se a terceira Lei de Newton do movimento rotacional. A equação (1) especifica a influência do torque T , da propulsão resultante de duas hélices, no ângulo de atitude y . O momento de inércia I restringe a aceleração angular y'' , e o torque de arrasto proporcional à C , se opõe a velocidade angular y' . A influência dos nós de sustentação nas cordas introduz ainda o torque restaurador em y , proporcional à K .

$$T = Iy'' + Cy' + Ky = 0 \quad (1)$$

Da entrada de torque U à saída angular Y numeram-se dois sistemas distintos, o sistema G_y da equação (1), referente ao balanço horizontal, e o sistema G_u de atuação dos motores. Na Figura 2 pode-se observar o diagrama de blocos de entrada e saída do sistema final G . Nota-se que as entradas distintas de cada motor são consideradas simétricas, de forma que o torque produzido por cada hélice é complementar e constituem um sistema SISO mais simples. No diagrama de blocos, a equação (1) é substituída por sua função de transferência.

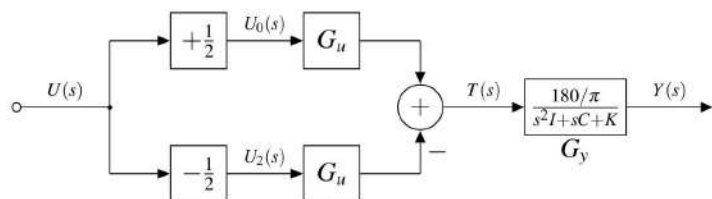


Figura 2: Diagrama de blocos do sistema de atitude com dois atuadores.
 Fonte: Autor

A função de transferência do atuador G_u foi simplificada como uma função de 1º ordem, ao passo que a função de transferência G_y é de 2º ordem. Então, o modelo G resultante é de 3º ordem, e pode ser calculado pela equação (2), desde que se identifique os seus parâmetros.

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = G(s) = G_u G_y(s) = \frac{T_{max}}{1 - s/p} \times \frac{180/\pi}{s^2 I + sC + K} \quad (2)$$

Método do relé e a aproximação da curva de Nyquist

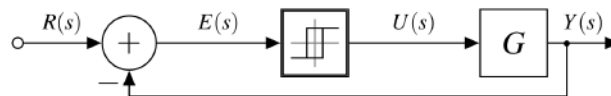


Figura 3: Diagrama de conexão do relé em malha fechada.
 Fonte: Adaptado de Astrom e Hagglund (1995)

Para a identificação dos parâmetros da equação (2), aplicou-se a equação (3) do relé com histerese em pontos de frequência ω , alcançados por aplicação do relé em malha fechada como ilustrado na Figura 3. O relé com histerese é configurado por uma amplitude d de oscilação, e uma histerese ε (ASTROM, 1995). A amplitude d escolhida foi 1% da capacidade de variação total do atuador, na tentativa de manter a amplitude α na saída menor do que 10° . Três valores de histerese diferentes foram utilizados, resultando em três medições distintas da curva de Nyquist da função G , por 10 s. Repetiu-se quatro vezes para cada valor de histerese.

$$G(j\omega) = -\frac{\pi}{4d} \sqrt{a^2 - \varepsilon^2} - j \frac{\pi \varepsilon}{4d} \quad (3)$$

Resultados e discussão

Tabela 1: Valores médios para quatro repetições do relé em cada ponto $G(j\omega)$.

α (°)	ε (°)	ω (rad/s)	$G(j\omega)$ (rad)
5.2578	0.2457	5.0704	-7.1987 - j 0.3368
5.7001	1.2687	4.8722	-7.6170 - j 1.7392
6.7490	2.2298	4.7504	-8.7317 - j 3.0566

Os valores reais e imaginários de $G(j\omega)$, calculados com a equação (3) estão presentes na Tabela 1. Observa-se que com o aumento da histerese ε , a amplitude α aumenta e a frequência de oscilação ω diminui, em um comportamento típico do 3º quadrante da curva de Nyquist. Nas Figuras 4 e 5 posicionam-se os pontos medidos no diagrama de Bode e na curva de Nyquist, respectivamente. O modelo G , aproximado para corresponder às medições, se aproxima dos seus valores médios, marcados na curva de Nyquist com um x. Na Figura 4 têm-se uma estimativa das margens de fase e de ganho. Na Figura 5 observa-se que houve uma certa incerteza apenas na medida de menor valor de histerese, próximo à frequência crítica.

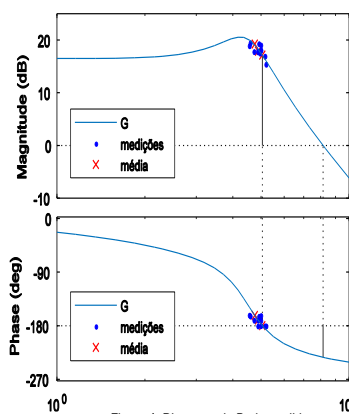


Figura 4: Diagrama de Bode medido e aproximado em G .
 Fonte: Autor

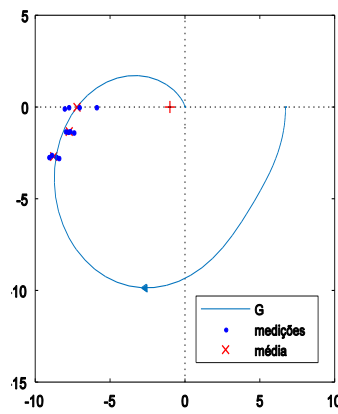


Figura 5: Curva de Nyquist medida e aproximada em G .
 Fonte: Autor

Conclusão

Através do modelo de função de transferência 3º ordem e o método do relé, aproximou-se os parâmetros de um sistema de atitude de um drone quadrotor, tal que que o diagrama de Bode e a curva de Nyquist do modelo matemático, têm pontos próximos àqueles constatados na prática. A partir do modelo identificado, é viável projetar controladores específicos às características do sistema, bem como identificar e corrigir futuras anomalias.

Agradecimento

Agradeço aos amigos do Laboratório de Controle e Automação da UFPI pelo companheirismo.

Referências

MARTINS, P. Atitude em um drone quadrotor: Identificação, Simulação e Controle. 2018. (Trabalho de conclusão de curso).
 BRESCIANI, T. Modelling, Identification and Control of a Quadrotor Helicopter. 2008. (Tese de mestrado).
 ASTROM, K. J.; HAGGLUND, T. PID Controllers: Theory, Design, and Tuning. 2. ed. [S.l.]: Instrument Society of America, 1995.

NANOTECNOLOGIA

N01 - Avanços da Nanotecnologia Farmacêutica Aplicados ao Desenvolvimento de Fármacos de Liberação Controlada: Uma Prospecção Tecnológica	pg. 31
N02 - Electronic Properties of Nitrogen Doped Graphene Nanowiggles	pg. 32
N03 - Electronic Structure of Carbon Nanocage with Bipartite Structure: A DFT study	pg. 33
N04 - Estados magnéticos em nanoflocos de grafeno	pg. 34
N05 - Estados Magnéticos em Nanoflocosde Grafeno Contendo Anti-dot	pg. 35

AVANÇOS DA NANOTECNOLOGIA FARMACÊUTICA APLICADOS AO DESENVOLVIMENTO DE FÁRMACOS DE LIBERAÇÃO CONTROLADA: UMA PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Nayara de Oliveira Sobrinho (Eng. Materiais/UFPI); Moisés das Virgens Santana (PPGCM/UFPI); Hitalo de Jesus Bezerra da Silva (PPGCM/UFPI)
nairaooliveira2011@gmail.com

Introdução

Segundo a literatura, verificou-se que a gama de nanopartículas (NPs) é eficaz na administração de fármacos direcionados (Chow et al., 2015). Ao longo da última década, relatos na literatura descreveram vários tipos de nanopartículas com uma variedade de usos possíveis, incluindo lipossomas, nanocápsulas poliméricas, nanocápsulas de núcleo lipídico, nanopartículas lipídicas sólidas, carreadores lipídicos nanoestruturados, nanoemulsões, nanocristais, nanopartículas metálicas (Islan et al., 2017).

Estes sistemas podem melhorar os perfis de liberação e estabilidade das drogas, mantendo sua concentração dentro de uma faixa terapêutica e superando as barreiras biológicas para captação celular (Canbolat et al., 2014). As nanoestruturas também são adequadas como agentes de imagem que possuem funcionalidade avançada, incluindo resposta a estímulos internos e externos na área de doença alvo. O uso de nanopartículas permite aumentar a eficácia terapêutica com baixos riscos de efeitos colaterais (Contri et al., 2014, Fang e Al-Suwayeh, 2012, Frank et al., 2015). Melhorias na segurança, entrega de fármacos não-viral específica ao alvo, captação celular, bem como estabilidade e atividade intracelular são as principais razões para o desenvolvimento de nanossistemas multifuncionais, inteligentes e comutáveis (Li et al., 2010).

Nesse sentido, esse trabalho tem como objetivo fazer um levantamento de dados com os números de artigos e patentes depositadas nas principais bases de dados, lincando os avanços da nanotecnologia aplicada ao desenvolvimento de fármacos.

Metodologia

Realizou-se buscas nas bases de patentes *European Patent Office (EPO)*, *United States Patent and Trademark Office (USPTO)*, *World Intellectual Property Organization (WIPO)*, *Derwent World Patents Index (DWPI)*, no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), e nas bases de artigos Scielo, SCOPUS e *Web of Science*. Os dados levantados pela pesquisa abrangem os resultados obtidos até o mês de março de 2019, utilizando a seguinte combinação de palavras-chave: *nanotechnology and pharmaceutical and development and drug and delivery and system*.

Resultados

Tabela 1: Número de artigos e número de patentes depositadas nas principais bases de dados.

PALAVRAS-CHAVE	SCIELO	SCOPUS	WEB OF SCIENCE	INPI	EPO	USPTO	DERWENT	WIPO
nanotechnology	329	153.313	39.707	66	2012	156	1686	3864
nanotechnology and pharmaceutical	10	3.889	984	4	87	21	108	126
nanotechnology and pharmaceutical and development	4	1.358	408	1	2	14	4	3
nanotechnology and pharmaceutical and development and drug	3	1129	300	0	0	11	2	0
nanotechnology and pharmaceutical and development and drug and delivery	1	825	256	0	0	10	1	0
nanotechnology and pharmaceutical and development and drug and delivery and system	1	730	179	0	0	0	0	0

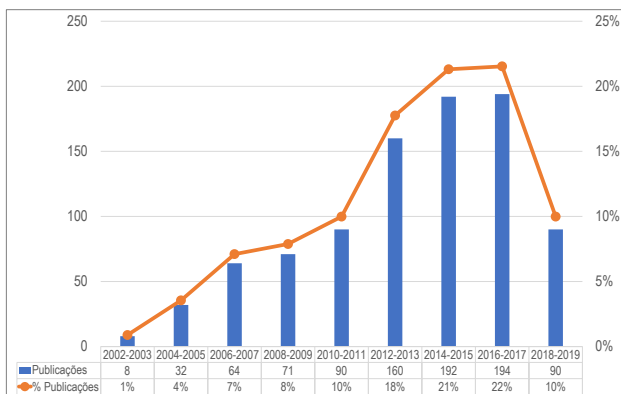


Figura 1: Número de artigos publicados por biênio de 2002 a 2019. Fonte: Autoria própria (2019).

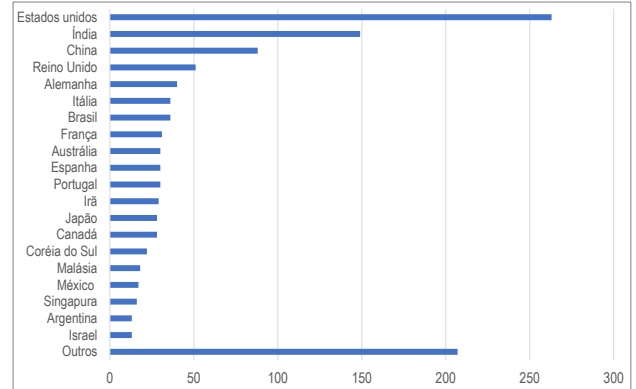


Figura 2: Número de artigos publicados por País. Autoria própria (2019).

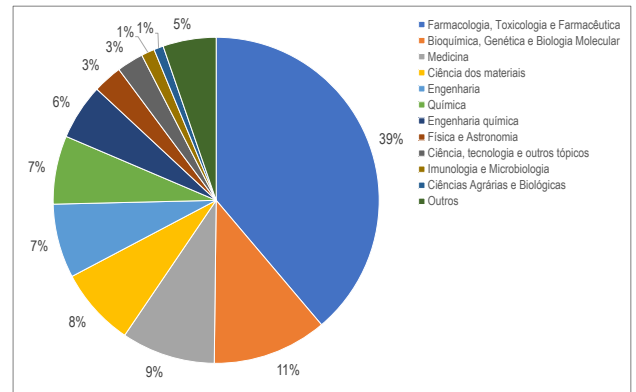


Figura 3: Percentual de artigos por área de publicação. Autoria própria (2019).

Conclusão

O número de artigos por ano com esse tema é crescente, avaliando de 2002 até 2019, e com isso pode-se inferir a alta relevância do tema, que é multidisciplinar. Tendo em vista o grande crescimento dessa tema, as pesquisas correlacionadas a ele tendem a ser de ponta e com uma facilidade maior para o desenvolvimento das pesquisas, visto a grande quantidade de informações. Não obstante, se tratando do viés tecnológico, no que tange o desenvolvimento de novas tecnologias, pode-se notar que é ainda uma área pouco explorada, na medida que não foram encontrados resultados para a combinação de palavras-chave nas bases de patentes, contudo, ressalta-se o grande potencial científico e inovador do tema em estudo.

Agradecimento



Referências

- S.F. Chow, K.Y. Wan, K.K. Cheng, K.W. Wong, C.C. Sun, L. Baum, A.H. Chow, Development of highly stabilized curcumin nanoparticles by flash nanoprecipitation and lyophilization. *Eur. J. Pharm. Biopharm.*, 94 (2015), pp. 436-449
- G.A. Islan, M. Durán, M.L. Cacicedo, G. Nakazato, R.K.T. Kobayashi, D.S.T. Martinez, G.R. Castro, N. Durán, Nanopharmaceuticals as a solution to neglected diseases: is it possible? *Acta Trop.*, 170 (2017), pp. 16-42
- M.F. Canbolat, A. Celebioglu, T. Uyar, Drug delivery system based on cyclodextrin-naproxen inclusion complex incorporated in electrospun polycaprolactone nanofibers. *Colloids Surf., B: Biointerfaces*, 115 (2014), pp. 15-21
- R.V. Contri, T. Katzer, A.F. Ourique, A.L.M. da Silva, R.C.R. Beck, A.R. Pohlmann, S.S. Guterres, Combined effect of polymeric nanocapsules and chitosan hydrogel on the increase of capsaicinoids adhesion to the skin surface. *J. Biomed. Nanotechnol.*, 10 (2014), pp. 820-837
- Fang e Al-Suwayeh, 2012
- L.A. Frank, R.V. Contri, R.C. Beck, A.R. Pohlmann, S.S. Guterres, Improving drug biological effects by encapsulation into polymeric nanocapsules. *Wiley Interdiscip. Rev. Nanomed. Nanobiotechnol.*, 7 (2015), pp. 623-639
- Y. Li, H. Dong, K. Wang, D. Shi, X. Zhang, R. Zhuo, Stimulus-responsive polymeric nanoparticles for biomedical applications. *Sci. China Chem.*, 53 (2010), pp. 447-457

ELECTRONIC PROPERTIES OF NITROGEN DOPED GRAPHENE NANOWIGGLES.

Anderson Soares da Costa Azevêdo (Mestrando da Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais - UFPI);
 Eduardo Costa Girão (Departamento de Física – UFPI);
 anderson4r2@gmail.com.

Introduction

Early researchers demonstrated considerably interest in investigating nanoscale carbon materials. This is due to their remarkable properties and promising potential applications in novel nanoelectronic devices (Son et al., 2006). These materials include: fullerenes, carbon nanotubes and graphene nanoflakes. In this work, we investigate the electronic properties and emergence of magnetic states in periodic nitrogen-doped graphene structures of complex geometry inspired into nanostructures fabricated and reported in the literature (Cai et al., 2010).

Methods

The electronic structure calculations were performed within the framework of density functional theory (DFT) as implemented in the SIESTA code (Soler et al., 2002), which solves Kohn-Sham equations self-consistently. We used a double ξ basis plus a polarization function to expand the electronic wave functions and the generalized gradient approximation (GGA) to account for exchange and correlation effects. A 400 Ry cutoff was used for the grid integration when representing the charge density. All systems were relaxed until Hellman-Feynman forces and stresses reached values no larger than 0.01 eV/Ång and 0.1 GPa, respectively.

Studied structures

The basic building block for the systems studied in this work are graphene nanowiggles characterized by a periodic repetition of hexagonal graphene nanoflakes junctions. We consider the pristine structure formed only by a periodic junction of a hexagonal graphene nanoflake with chemical formula $C_{42}H_{18}$. It is the one depicted in Fig. 1a. which we labelled as Flake-0. Such a flake can be viewed as a central hexagonal ring surrounded by other six similar rings, resulting in a system with an armchair edge geometry. We consider a set of nitrogen-doped versions of this flake, where substitutional doping is set at different sites of the molecule. We consider six possibilities, named as Flake- i , with $i = 1, 2, \dots, 6$. These are illustrated in Figs. 1b-g, where we represented carbon, hydrogen and nitrogen atoms as black, blue and green spheres, respectively. In addition, we consider variations of the Flake- i ($i = 2, 4, 5, 6$) systems for which we remove the hydrogens from nitrogen edge atoms. These systems, named as Flake- i' , are represented in Figs. 1h-k. Figure 2 shows the periodic cells of the pristine structure, W00 (composed of two Flake-0), and four configurations for combinations of Flakes-1. We adopt the notation parallel(P) and oblique(O) to identify a set of wiggles formed by a periodic junction of Flakes-1 (Fig. 1b).

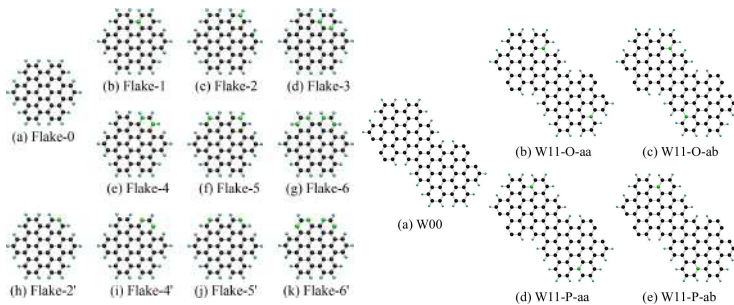


Figure 1: Graphene nanoflakes structures.

Figure 2: Graphene nanowiggles structures.

Results and discussion

This section is dedicated for the description of electronic properties of the investigated structures. Table 1 shows the HOMO-LUMO Gap and Total energy calculated for: a non-polarized (NP) and ferromagnetic (FM) states of the eleven Flakes configurations.

Table 1: Comparative table for Flakes properties.

STRUCTURE	TOTAL ENERGY [eV]	HOMO-LUMO GAP [eV]
FLAKE 0 NP	-6787.3085	2.4570
FLAKE 1 NP	-6901.5867	0.0000
FLAKE 1 FM	-6901.7050	0.6159
FLAKE 2 NP	-6901.6651	0.0000
FLAKE 2 FM	-6901.7660	0.3503
FLAKE 3 NP	-7015.8102	0.0733
FLAKE 3 FM	-7015.9876	0.7704
FLAKE 4 NP	-7016.8465	0.2169
FLAKE 5 NP	-7016.2960	0.2523
FLAKE 6 NP	-7246.5282	0.3409
FLAKE 2' NP	-6886.2864	2.4297
FLAKE 4' NP	-6985.8192	2.2785
FLAKE 5' NP	-6985.2408	2.4305
FLAKE 6' NP	-7183.7923	2.1776

Table 2 shows the total energy and magnetic moment calculated for: a non-polarized (NP), ferromagnetic (FM) and antiferromagnetic (AFM) states of the eleven Wiggles simulations.

Table 2: Comparative table for Wiggles properties.

STRUCTURE	TOTAL ENERGY [eV]	TOTAL MAGNETIC MOMENT [μ_B]
W00 NP	13385.8294	-
W11O-aa NP	13614.6744	-
W11O-aa AFM	13614.7282	-0.000001
W11O-ab NP	13614.6909	-
W11O-ab AFM	13614.7166	-0.000000
W11P-aa NP	13614.6119	-
W11P-aa FM	13614.7336	1.976741
W11P-aa AFM	13614.7438	-0.000049
W11P-ab NP	13614.6445	-
W11P-ab FM	13614.7221	1.942044
W11P-ab AFM	13614.7543	-0.000034

Figures 3 - 6 presents the electronic bands and spin density of non-polarized and polarized configurations for different sets of oblique and parallel Wiggles composed of Flakes 1. We observed only the emergence of an antiferromagnetic for oblique configurations, while for parallels sets both states (FM and AFM) were obtained.

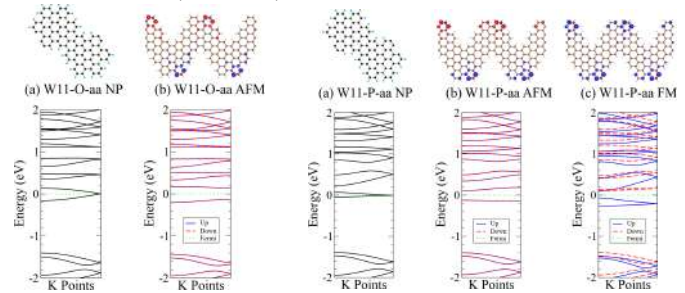


Figure 3: Spin density and energy bands of NP and AFM W11O-aa.

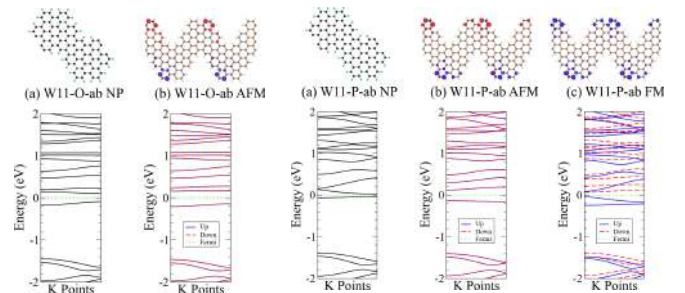


Figure 4: Spin density and energy bands of NP and AFM W11O-ab.

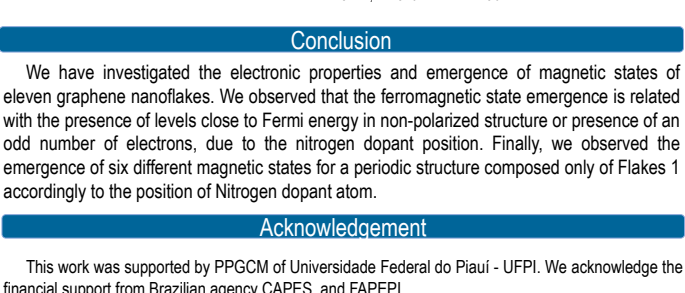


Figure 5: Spin density and energy bands of NP, FM and AFM W11P-aa.

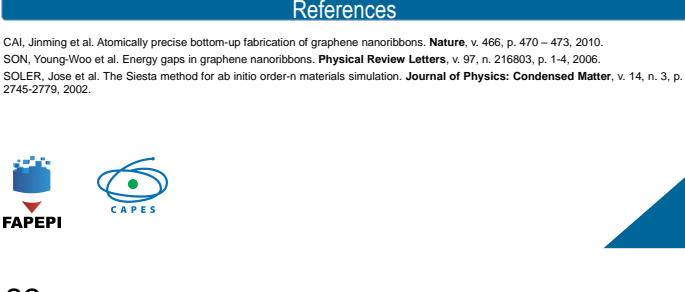


Figure 6: Spin density and energy bands of NP, FM and AFM W11P-ab.

Conclusion

We have investigated the electronic properties and emergence of magnetic states of eleven graphene nanoflakes. We observed that the ferromagnetic state emergence is related with the presence of levels close to Fermi energy in non-polarized structure or presence of an odd number of electrons, due to the nitrogen dopant position. Finally, we observed the emergence of six different magnetic states for a periodic structure composed only of Flakes 1 accordingly to the position of Nitrogen dopant atom.

Acknowledgement

This work was supported by PPGCM of Universidade Federal do Piauí - UFPI. We acknowledge the financial support from Brazilian agency CAPES and FAPEPI.

References

CAI, Jiming et al. Atomically precise bottom-up fabrication of graphene nanoribbons. *Nature*, v. 466, p. 470 – 473, 2010.
 SON, Young-Woo et al. Energy gaps in graphene nanoribbons. *Physical Review Letters*, v. 97, n. 216803, p. 1-4, 2006.
 SOLER, Jose et al. The Siesta method for ab initio order-n materials simulation. *Journal of Physics: Condensed Matter*, v. 14, n. 3, p. 2745-2779, 2002.

ELECTRONIC STRUCTURE OF CARBON NANOCAGE WITH BIPARTITE STRUCTURE: A DFT study

Fábio Nascimento de Sousa (Coordenação de Física - IFPI)
 Eduardo Costa Girão (Departamento de Física - UFPI);
fabio.nascimento@ifpi.edu.br

Introduction

The carbon is one of the chemical elements most found in nature. A of its main characteristics is the formation of polymorphs under various conditions of temperature and pressure. The figure. 1 shows some of the main forms allotropic of the carbon.

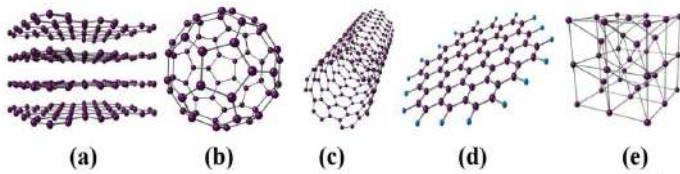


Figure 2 – Schematic representation of different allotropes of carbon: (a) graphite, (b) fullerene, (c) nanotube, (d) graphene e (e) diamond.

Although nanotubes and graphene are the most studied elements of the carbon nanostructures family, cage-like structure, like fullerenes[1], are subject de constant interest in the area. Such structure have potential applications drug delivery(fig. 2a)[2] or as elements in nanojunctions(fig. 2b). For exemple[3].

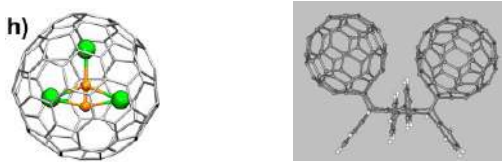


Figure 2 – Schematic illustration of fullerene in applications (a) in drug transport and (b) in heterijunctions.

Metodologia

The figure illustrate the geometric structure(semiocta) constructed from the FORTRAN computational language.

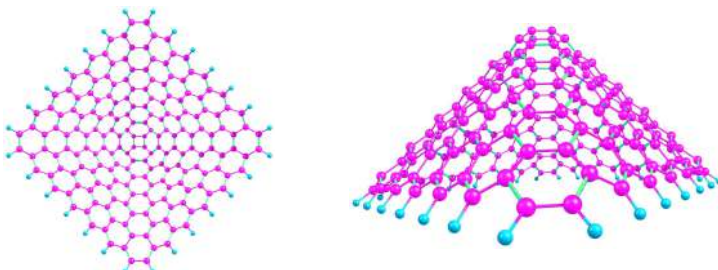


Figure 2 – Schematics illustrations of the geometric structure of the semi-octahedron of size 6 viewed through chamcraft software.

As usual in many-body electronic structure calculations, the nuclei of the treated molecules or clusters are seen as fixed (the Born–Oppenheimer approximation), generating a static external potential V in which the electrons are moving. A stationary electronic state is then described by a wavefunction $\Psi(\mathbf{r}_1 \rightarrow, \dots, \mathbf{r}_N \rightarrow)$ satisfying the many-electron time-independent Schrödinger equation

$$\hat{H}\Psi = \left[\hat{T} + \hat{V} + \hat{U} \right] \Psi = \left[\sum_i^N \left(-\frac{\hbar^2}{2m_i} \nabla_i^2 \right) + \sum_i^N V(\vec{r}_i) + \sum_{i<j}^N U(\vec{r}_i, \vec{r}_j) \right] \Psi = E\Psi$$

This complicated many-particle equation is not separable into simpler single-particle equations because of the interaction term \hat{U} . DFT provides an appealing alternative, being much more versatile as it provides a way to systematically map the many-body problem, with \hat{U} , onto a single-body problem without \hat{U} . In DFT the key variable is the electron density $n(\mathbf{r} \rightarrow)$, which for a normalized Ψ is given by

$$n(\vec{r}) = N \int d^3r_2 \dots \int d^3r_N \Psi^*(\vec{r}, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_N) \Psi(\vec{r}, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_N) \cdot \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V_s(\vec{r}) \right] \varphi_i(\vec{r}) = \varepsilon_i \varphi_i(\vec{r})$$

Resultados e discussão

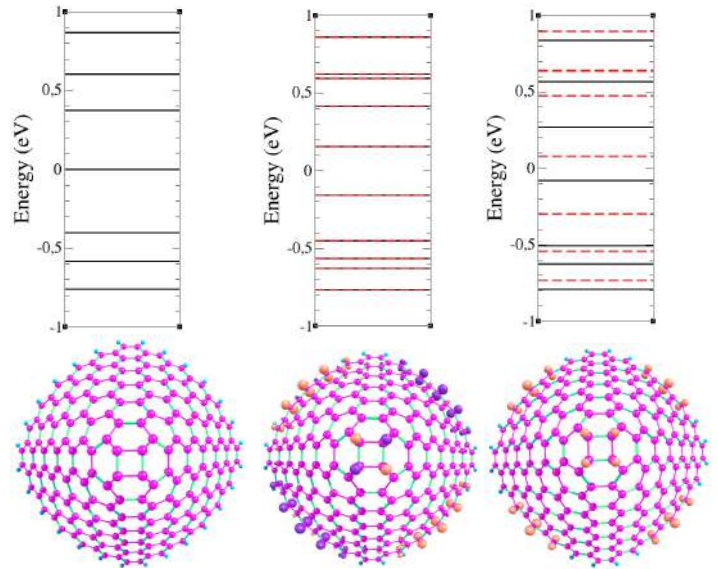


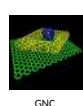
Figure 3 – Electronic structure of the carbon half-octahedron of size 6 (C 196). The black and continuous color lines represent the "up" spin state and the red and dashed lines represent the spin state "dw".

It is worth mentioning that the electronic levels for spins up and down are similar for AFM and PM configurations. This is due to the simple fact that the amount of polarized edges with spin up alignment is of the same amount of spin down, that is, we have two edges with spin up polarization and two edges with spin polarization down, with both configurations have a property of spin up symmetry and dw. In the PM configuration, since no edge has spin polarization, it also obeys the property of symmetry between the charge distribution spin up and down. In the TFM configuration, the electronic levels for spin up and dw do not coincide. This is due to the fact that the amount of polarized edges with spin up alignment is different from the amount of polarized edges with spin dw alignment. In the TFM configuration, all edges are biased with spin up..

Conclusão

We verified the existence of spin polarizations for the carbon half-octahedra, so that all possible magnetic configurations (PN, AFM, TFM) were observed from the size 6 (C 196) structure. As can be seen in the energy levels, we can modulate the HOMO-LUMO gap by choosing the magnetic state. Therefore, these structures, if inserted in nanodevices, may be potential systems for applications in spintronics.

Agradecimento



Referências

- [1] E. Hernandez, P. Ordejon, H. Terrones. Physical Review B 63, 193403 (2001).
- [2] A. A. Popov, S. Yang, L. Dunsch. Chemical Reviews 113, 5989 (2013).
- [3] L. Pisani, J. A. Chan, B. Montanari, N. M. Harrison. Physical Review B 75, 064418 (2007).

Estados magnéticos em nanoflocos de grafeno.

Caio Vitor Teixeira Costa (Departamento de Física - UFPI; bolsista PIBIC/CNPq);
Eduardo Costa Girão (Departamento de Física - UFPI);
caiovitor33@hotmail.com

Introdução

A quantidade de alótropos do carbono – como grafite, diamante, fulereno – e as propriedades particulares que cada um possuía fez com que a química do carbono fosse vista como potencialmente capaz de gerar uma nova geração de dispositivos. Nesse contexto, o grafeno, com sua elevada mobilidade eletrônica[1] e resistência mecânica[1], mostra-se como um dos materiais mais indicados a ocupar o posto hoje pertencente ao Silício. Porém, o grafeno é um semicondutor de *gap* (expressão do inglês relacionado ao espaço entre as bandas de condução e de valência do material) zero[2], e a existência dessa lacuna de energia é fundamental para se controlar o transporte eletrônico[3]. Tendo isso em vista, buscaram-se maneiras de se abrir esse *gap* de energia em torno do nível de Fermi, com o objetivo de tornar mais fácil sua integração em dispositivos eletrônicos. As duas estratégias mais usadas pela comunidade científica se baseiam na dopagem e em “cortes” do grafeno ao longo de uma ou de duas de suas direções. A primeira estratégia se baseia na inclusão de impurezas na estrutura do grafeno, como por exemplo substituindo-se átomos de carbono por outros de diferentes elementos, como Boro e Nitrogênio, de forma estratégica. Já o segundo método gera estruturas finitas em uma das dimensões do sistema, chamadas de nanoflocos de grafeno (ou GNFs, do inglês *graphene nanoflakes*) que são subunidades do grafeno com tamanho e geometria limitado nas suas duas dimensões. Essas estruturas apresentam propriedades que dependem da largura da fita e da geometria de suas bordas. Em particular, as GNFs chamam a atenção por ter estados localizados nas bordas, facilitando o estudo por meio de cálculos computacionais de suas propriedades elétricas e magnéticas[4].

Neste trabalho tem-se como objetivo realizar um estudo teórico dos GNFs contendo estados de borda com spin polarizado e descrever as propriedades de diferentes configurações magnéticas.

Metodologia

A mecânica quântica é a ferramenta fundamental para analisarmos as propriedades eletrônicas de um sistema molecular. Assim, neste trabalho, o estudo das estruturas eletrônicas das GNFs foi realizado pelo Teoria Funcional da Densidade (DFT). Essa teoria baseia-se nos teoremas de Hohenberg-Kohn e nas equações de Kohn-Sham.

Os cálculos foram executados por meio do pacote computacional SIESTA (Spanish Initiative for Electronic Simulations with Thousands of Atoms). Inicialmente foram consideradas simulações sem polarização de spin. Em seguida, introduziu-se o spin explicitamente nos cálculos, considerando-se diferentes possibilidades para a distribuição de spin, resultando em diferentes estados magnéticos.

Resultados e discussão

Neste trabalho foi escolhida uma geometria específica para o GNF, a saber, um formato de losango. Esta estrutura é mostrada na Fig.1(a) e contém 8 átomos de carbono em cada uma de suas bordas. Por esta razão, este sistema será chamado de LGNF-8 (do inglês *Lozenge Graphene Nanoflake*)

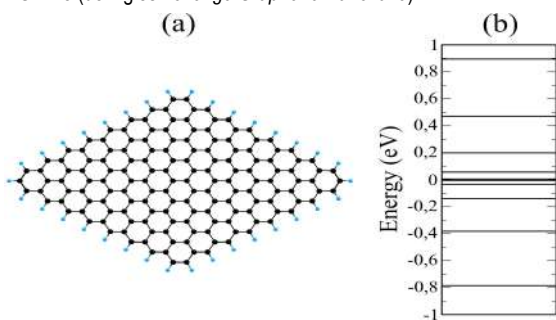


Figura 1: (a) Representação da figura LGNF-8. (b) níveis eletrônicos não polarizados do LGNF-8

Primeiro foi realizado um cálculo sem polarização de spin, configuração chamada de NP (do inglês *non polarized*). Os níveis de energia deste estado estão representados na Fig.1(b). Nota-se a ocorrência de estados eletrônicos sobre o nível de Fermi. A presença desses estados de fronteira sugere a ocorrência de diferentes configurações eletrônicas com spin polarizado. Tais configurações são características de várias estruturas gráficas de borda zigzag, nas quais a polarização de spin se concentra nas bordas. Em seguida, foram realizados cálculos considerando o spin explicitamente, sob diferentes configurações iniciais. Essas configurações iniciais, que se distinguem umas das outras pelos diferentes alinhamentos de spin entre as 4 bordas do sistema, podem ser classificadas como ferromagnéticas, antiferromagnéticas e ferrimagnéticas.

Os cálculos mostram que todas essas configurações constituem estados estáveis do sistema. Na fig.3 mostramos o plot da densidade de spin para todas as configurações possíveis. Note que a polarização de spin se concentra principalmente nas borda do sistema.

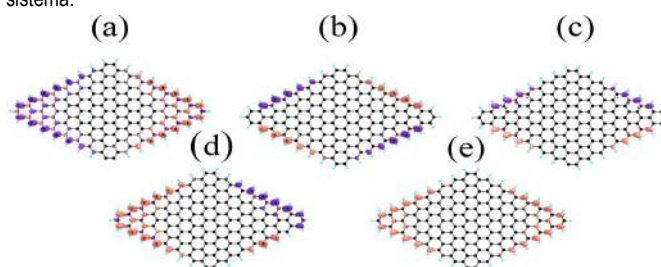


Figura 2: Plot da densidade de spin das diferentes configurações magnéticas. (a) AFM-A, (b) AFM-B, (c) AFM-C, (d) Fim, (e) FM

Os níveis eletrônicos das configurações estudadas estão representadas abaixo:

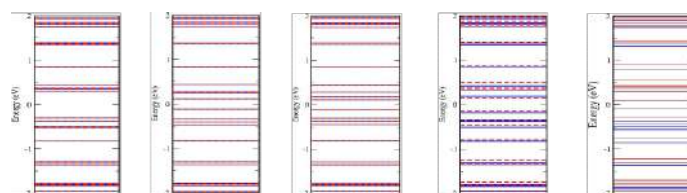


Figura 3: Estados eletrônicos das estruturas de spin polarizado. (a) AFM-A, (b) AFM-B, (c) AFM-C, (d) FIM, (e) FM. As linhas em azul representam os estados com spin up e as vermelhas os estados com spin down

Apesar de possuírem o mesmo número de bordas com spin-up e spin-down, os estados AFM-A, AFM-B e AFM-C possuem diferentes intervalos de energia (ou *gap*) entre o nível ocupado mais alto e o nível desocupado mais baixo. Nesses três casos, observamos que os níveis eletrônicos são todos degenerados com relação ao spin. Já as configurações FIM e FM apresentam níveis de energia diferentes para os estados com spin-up e spin-down. Entretanto, o *gap* no estado FIM é entre dois níveis de spin-down, enquanto no caso FM este *gap* é entre estados de spins opostos.

Conclusão

Por fim, a partir da análise dos valores de energia de cada configuração, tem-se que o estado AFM-A possui um maior grau de estabilidade. Esse índice de estabilidade é referente ao fato de sua energia total representar um valor menor que as energias de outras configurações magnéticas. Nos próximos passos, serão consideradas configurações de dois GNFs empilhados, visando entender como cada floco interfere nas propriedades eletrônicas do outro.

Agradecimento

Agradeço à UFPI e ao CNPq pelo apoio e contribuição no incentivo à pesquisa.

Referências

- [1] E. O. Vilar, J. E. D. Vieira Segundo. Grafeno: Uma revisão sobre propriedades, mecanismos de produção e potenciais aplicações em sistemas energéticos. *Revista Eletrônica de Materiais e Processos*, 11(2):54–57, 2016.
- [2] KS Novoselov, SV Morozov, TMG Mohindin, LA Ponomarenko, DC Elias, R Yang, II Barbolina, P Blake, TJ Booth, D Jiang, et al. Electronic properties of graphene. *physica status solidi (b)*, 244(11):4106–4111, 2007.
- [3] A. Geim and K. Novoselov. *Nat.* 6(2), 2007.
- [4] Daniel Alejandro Solis Lerma et al. Efeitos das bordas sobre as propriedades eletrônicas do grafeno no regime hall quântico. 2015.

Estados Magnéticos em Nanoflocos de Grafeno Contendo Anti-dots

Herus Teixeira Lopes (bolsista IC/UFPI);
 Prof. Dr. Eduardo Girão Costa (Orientador, Departamento de Física – UFPI);
 herustlopes@gmail.com.

Introdução

A sociedade anseia por inovações tecnológicas, como dispositivos cada vez menores e mais eficientes. Por consequência, a busca por possíveis substitutos ao silício movimentam a comunidade científica. Hoje estudam-se diversos candidatos a componentes básicos de uma futura eletrônica visando o alcance da escala nanométrica. Entre os diversos novos materiais estudados em Física da Matéria Condensada, pode-se citar o grafeno.

Neste trabalho, são investigadas as propriedades eletrônicas de nano flocos hexagonais de grafeno com borda zig zag com defeitos estruturais compostos de poros. Os poros são constituídos de "furos" triangulares centrais como uma modificação da estrutura. Este estudo utiliza a Teoria do Funcional da Densidade (DFT) para a investigação dos estados eletrônicos dos sistemas estudados, como será descrito adiante.

Revisão de Literatura

De base para este trabalho, observou-se o artigo de Rossier e Palacios, de 2007 [1]. Com isso, observa-se que em estruturas gráficas limitadas em duas dimensões, diferentes propriedades eletrônicas surgem dependendo do seu formato, ou das sub-redes que o compõe. O spin total do estado fundamental está fortemente relacionado à diferença entre o número de átomos que compõe cada sub-rede, como explica o Teorema de Lieb [2].

Além disso, verificou-se o artigo de 2008, dos mesmo autores [3]. Nele, observou-se que a remoção de átomos das sub-redes é outra forma de produzir diferentes propriedades eletrônicas em sistemas de grafeno. As mudanças nas propriedades são diretamente ligadas aos átomos removidos.

Metodologia

A fim de se estudar as propriedades eletrônicas dos nano flocos de grafeno hexagonais com defeitos, utilizou-se o pacote SIESTA. Este programa faz uso da DFT. Este método se baseia nos teoremas de Hohenberg-Kohn [4]. Além disso, a solução do problema eletrônico é possibilitada pelas equações de Kohn-Sham [5].

Resultados e discussão

Neste trabalho foram estudadas as propriedades eletrônicas de nano flocos de grafeno (ou *graphene nanoflakes* - GNFs, do inglês). Os GNFs aqui considerados possuem forma hexagonal com bordas de geometria em zig zag. O primeiro sistema considerado foi um GNF sem defeitos, como indicado na Fig. 1(a). Essa estrutura será identificada como HGNF-5 (do inglês *hexagonal graphene nanoflake*). Neste sistema, o número de átomos na sub-rede A é igual ao da sub-rede B, mostrando uma preferência a estruturas não-magnetizadas, como previsto pelo teorema de Lieb. Em seguida foi considerada uma segunda estrutura a partir da primeira, na qual foi inserido um poro, ou *anti-dot*, de formato triangular, como indicado na Fig. 1(b). Em razão do "furo", existe um desbalançamento das sub-redes A e B da estrutura, o que resulta na preferência de um estado com polarização de spin, o qual é aqui designado como ferromagnético. Como este desbalançamento é de um átomo e como o formato do defeito é triangular, chamaremos esta estrutura de HGNF-5-T1

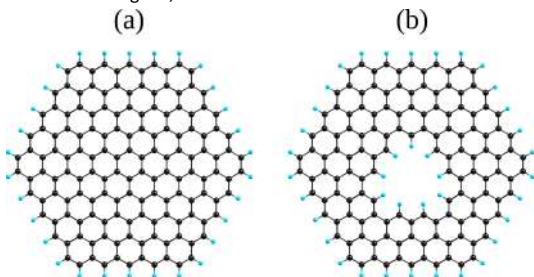


Figura 1: (a) GNF hexagonal com 5 átomos de carbono em cada borda (HGNF-5). (b) GNF hexagonal com um *anti-dot* triangular no centro, promovendo desbalançamento de um átomo entre as sub-redes A e B da rede do grafeno (HGNF-5-T1). Fonte: HERUS(2018)

Inicialmente foi simulado o sistema HGNF-5 sem polarização de spin (NP, do inglês *non polarized*), resultando nos níveis de energia mostrados na Fig. 2. Observa-se um intervalo de energia (ou *gap HOMO-LUMO*) de cerca de 1.0 eV. Este resultado sugere a ausência de estados de spin polarizado.

De fato, ao realizarmos simulações com polarização de spin atribuindo diferentes distribuições iniciais, como as configurações ferromagnética ou antiferromagnética, o sistema sempre converge para a configuração não-polarizada.

Passa-se agora para a discussão do sistema HGNF-5-T1 na configuração NP. Os níveis de energia para esse estado eletrônico são mostrados na Fig. 3(a). Nota-se a presença de um estado sobre o nível de Fermi. Isso é esperado, devido ao desbalançamento entre as redes A e B causado pelo poro triangular.

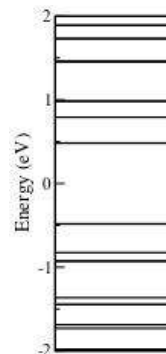


Figura 2: Níveis de energia do HGNF-5 na configuração não-polarizada. Fonte: HERUS(2018)

Em seguida, foram feitos cálculos de configurações com *spin* polarizado. Observa-se apenas uma configuração diferente do caso NP. Essa distribuição eletrônica resulta em um estado de energia 0,06 eV menor que o caso NP. Seus níveis eletrônicos são mostrados na Fig. 3(b). Nota-se a abertura de um gap de 0,24 eV entre o *HOMO* (de *spin-up*) e o *LUMO* (de *spin-down*).

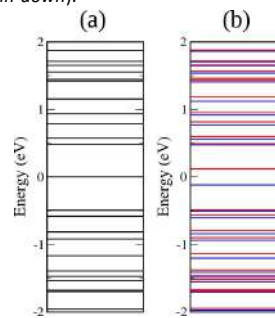


Figura 3: Níveis de energia do sistema HGNF-5-T1 nas configurações (a) NP e (b) FM. Fonte: HERUS(2018)

Na Fig. 4 é mostrado o *plot* de densidade de *spin* do sistema HGNF-5-T1. Observa-se que as três bordas do poro possuem *spins* alinhados, de modo que essa configuração será chamada de ferromagnética (FM). Além disso, a polarização do poro também está alinhada com duas das três bordas mais próximas do *flake*. Percebe-se que há uma maior densidade de spin nas bordas da estrutura que estão mais próximas do *anti-dot*. Esses resultados enfatizam que é o furo na estrutura, causador do desbalançamento, o responsável pelo surgimento da configuração ferromagnética.

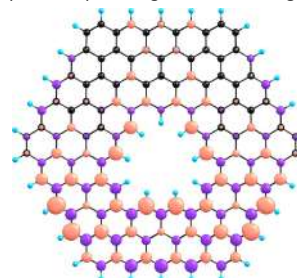


Figura 4: Densidade de spin da estrutura HGNF5-T1 no estado FM. Fonte: HERUS(2018)

Conclusão

Conclui-se que um floco hexagonal gráfico de tamanho 5 apresenta uma configuração sem polarização de *spin* quando na ausência de defeitos. Uma vez que é inserido um defeito no floco, surge um estado ferromagnético de *gap* de 0,24 eV.

O gap no floco defeituoso abre possibilidades para a investigação de outras configurações visando a proposta de possíveis dispositivos lógicos baseados no alinhamento de spin de diferentes setores da estrutura.

Assim, nas perspectivas do trabalho, visa-se estudar, por exemplo, um sistema de dois flocos acoplados visando entender como os estados eletrônicos de cada um destes é afetado pelo outro.

Referências

- [1] J. Fernández-Rossier and J. J. Palacios. Magnetism in graphene nanoslands. *Physical Review Letters*, 99:177204, 2007
- [2] E. H. Lieb. Two theorems on the hubbard model. *Phys. Rev. Lett.*, 62:1201(1204), Mar 1989.
- [3] J. J. Palacios, J. Fernández-Rossier, and L. Brey. Vacancy-induced magnetism in graphene and graphene ribbons. *Physical Review B*, 77:195428, 2008.
- [4] P. Hohenberg and W. Kohn. Inhomogeneous electron gas. *Phys. Rev.*, 136:B864(B871), Nov 1964.
- [5] W. Kohn and L. J. Sham. Self-consistent equations including exchange and correlation effects. *Phys. Rev.*, 140:A1133(A1138), Nov 1965.

SISTEMAS INTELIGENTES

SI01 - Classificação de Amostras Metalográficas de Aços-Rápidos Utilizando Modelos de Aprendizagem de Máquinas	pg. 37
SI02 - Identificação de Fenômeno de Transferência Grafo-Fônico-Fonológica PB-ILE Utilizando Redes Neurais Artificiais	pg. 38
SI03 - Identificação e Classificação do Fenômeno de Transferência Apagamento de <h> (AH) PB-ILE Utilizando RNA do Tipo MLP	pg. 39

CLASSIFICAÇÃO DE AMOSTRAS METALGRÁFICAS DE AÇOS-RÁPIDOS UTILIZANDO MODELOS DE APRENDIZAGEM DE MÁQUINAS

Marcus Patrick Acioli da Silva (acioli@protonmail.com, Engenharia Mecânica - UFPI);
Dr. José Maria Pires de Menezes Júnior (josemenezesjr@ufpi.edu.br, Engenharia Elétrica - UFPI)
Dr. Francisco Ricelly Pereira Feitosa (ricellypfeitosa@gmail.com, Engenharia Mecânica - UFPI)

Introdução

Metalografia é a técnica de estudar as propriedades físicas, químicas e mecânicas dos metais e seus produtos. Essas propriedades estão intrinsecamente relacionadas com a natureza das microestruturas que constituem um material. A observação desses parâmetros permite realizar análises qualitativas e quantitativas de um material. Em posse desses dados, é possível a classificação de um material de acordo com seus microconstituintes.

No presente estudo, propõe-se a classificação de amostras metalográficas de aços-rápidos através de técnicas de Visão Computacional e Aprendizado de Máquinas.

Metodologia

Neste trabalho, será utilizado amostras do dataset proposto por (DECOST et al., 2017), composto por 47 amostras metalográficas (644 x 448 pixels), submetidas ao tratamento térmico de recozimento em faixas de temperaturas de 700 até 1100, com durações de variam de 5 minutos até 85 horas antes da realização da têmpera. As amostras do trabalho são categorizadas por: método de resfriamento, tempo de recozimento e ampliação. Além disso, cada imagem do banco de dados é rotulada devido a sua microestrutura como visto na Fig. 1.

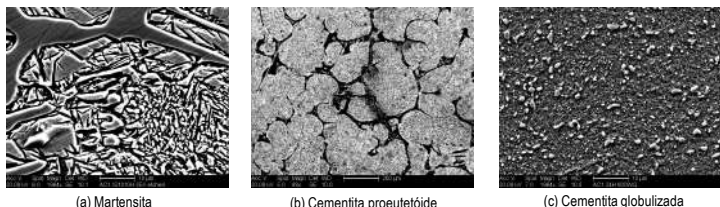


Figura 1 – Amostras presentes no banco de dados.

Então, cada sample do dataset original foi fragmentado em 16 novas amostras de 112 x 166 pixels (18592 posições), totalizando assim 752 samples, estes, constroem o dataset estudado nesse trabalho. Um exemplo da fragmentação pode ser visto na Fig. 2. Após isso, os elementos foram submetidos ao processo de binarização dos níveis de cinza proposto por (OTSU, 1979).

Busca-se então uma redução dimensional e extração das características. As amostras foram submetidas a um algoritmo de redução dimensional e extração de características - Análise de Componentes Principais (PCA, em inglês). Além disso, os dados foram segmentados em conjuntos de treino e teste (Tab 1). As reduções das características originais (18592 pixels por sample) investigadas foram de 200, 400 e 700 componentes.

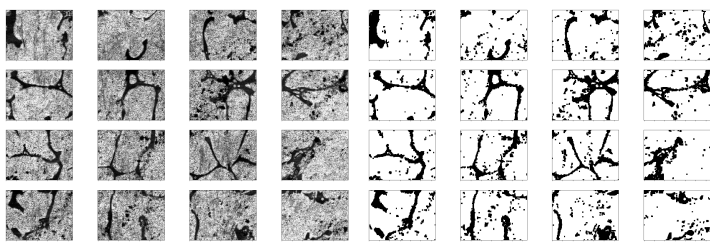


Figura 2 – Fragmentação e pré-processamento de uma amostra de cementita proeutetóide

Dimensão	Rótulo	Treino	Teste	Quant.
200	Martensita	185 (77.1%)	55 (22.9%)	240
	Cementita proeutetóide	173 (63.7%)	99 (36.3%)	272
	Cementita globulizada	145 (60.5%)	95 (39.5%)	240
400	Martensita	154 (64.2%)	86 (35.8%)	240
	Cementita proeutetóide	183 (67.3%)	89 (32.7%)	272
	Cementita globulizada	166 (69.2%)	74 (30.8%)	240
700	Martensita	168 (70.0%)	72 (30.0%)	240
	Cementita proeutetóide	175 (64.4%)	97 (35.6%)	272
	Cementita globulizada	160 (66.7%)	80 (33.3%)	240

Tabela 1 – Estrutura do banco de dados após fragmentação.

Os classificadores utilizados no presente estudo estão descritos na Tabela 2. Os algoritmos são componentes da biblioteca open source Scikit-Learn (sklearn) (PEDREGOSA et al., 2011). Os parâmetros obtidos através da classe GridSearchCV presente na biblioteca.

Classificador	Acrônimo	Classe sklearn	Parâmetros
Random Forest	RFC	ensemble.RandomForestClassifier	n_estimator=350
Support Vector Machine	SVC	svm.SVC	C=1e3
K-Neighbors	KNN	neighbors.KNeighborsClassifier	n_neighbors=27
Decision Tree	DT	tree.DecisionTreeClassifier	max_depth=500
Gaussian Naive Bayes	GNB	naive_bayes.GaussianNB	var_smooth=1e-9

Tabela 2 – Classificadores e parâmetros.

Resultados

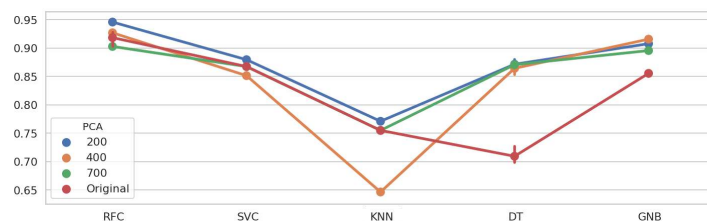


Figura 3 – Desempenho dos classificadores.

Dim.	Métrica	DT	GNB	KNN	RFC	SVC	Média	Desvio
200	ACC (%)	87,4	90,1	77,1	94,6	88,0	87,5	6,5
	MSE (%)	29,0	21,3	57,8	15,5	30,1	30,8	16,3
	TEMP (s)	4,3	4,3	4,1	3,8	3,9	4,1	0,2
400	ACC (%)	86,4	91,6	64,7	92,7	85,1	84,1	11,3
	MSE (%)	36,5	24,1	76,1	23,9	36,5	39,4	21,4
	TEMP (s)	6,1	6,1	5,8	5,1	5,5	5,7	0,4
700	ACC (%)	87,8	89,6	75,5	90,3	86,7	86,0	6,0
	MSE (%)	31,1	26,1	60,6	24,7	41,0	36,7	14,8
	TEMP (s)	7,3	7,3	6,8	5,6	6,2	6,7	0,7
18592	ACC (%)	71,0	85,5	75,5	91,8	86,7	82,1	8,6
	MSE (%)	75,6	42,2	60,6	28,2	41,0	49,5	18,6
	TEMP (s)	41,3	42,5	38,4	6,9	23,0	30,4	15,3

Tabela 3 – Resultados e Métricas.

Conclusões

Em análise da Fig. 3 e Tab. 3, observa-se que dentre os modelos treinados com os datasets com redução dimensional o classificador Random Forest submetido ao dataset reduzido a 200 componentes, obteve uma média de acuracidade de 94,6%, também atingiu o menor tempo médio de processamento 3,8s, além disso o menor Erro Quadrático Médio (MSE) 15,5%. Em contraste, o classificador K-Neighbors obteve a menor taxa de acerto com 64,7% para o conjunto de 400 componentes, logrou também do maior Erro Quadrático Médio 76,1% e um tempo de processamento intermediário entre os classificadores. O maior tempo médio de processamento foi obtido pelo Gaussian Naive Bayes, de 7.3s para o dataset com redução a 700 componentes, mas em contraposição ao desempenho do K-Neighbors, a acurácia nesse ponto foi de 89.6%. O dataset sem redução dimensional apresentou tempo de processamento satisfatoriamente superior aos demais modelos, logrou também de elevado Erro Quadrático Médio e precisões inferiores em alguns classificadores. Além disso, desempenho foi aproximado aos modelos 400 e 700. Assim, devido a tempo de processamento elevado e acurácia as soluções que utilizam a redução dimensional tornam-se mais viáveis.

Referências

- DECOST, B. L. et al. Uhcscdb: UDECOST, B. L. et al. Uhcscdb: Ultrahigh carbon steel micrograph database. Integrating Materials and Manufacturing Innovation, Springer, v. 6, n. 2, p. 197-205, 2017.
OTSU, N. A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE transactions on systems, man, and cybernetics, IEEE, v. 9, n. 1, p. 62-66, 1979.
PEDREGOSA, Fabian, et al. "Scikit-learn: Machine learning in Python." Journal of machine learning research 12.Oct (2011): 2825-2830.

IDENTIFICAÇÃO DE FENÔMENO DE TRANSFERÊNCIA GRAFO-FÔNICO-FONOLÓGICA PB-ILE UTILIZANDO REDES NEURAS ARTIFICIAIS

Atos Apollo Silva Borges (bolsista ICV/UFPI); Prof. Dra. Aratuzza Rodrigues Silva Rocha (Co-Orientadora, Programa de Pós-Graduação em Linguística Aplicada – UFC); Prof. Dr. Fábio Rocha Barbosa (Departamento de Engenharia Elétrica – UFPI) atosborges00@gmail.com

Introdução

Os fenômenos de transferência entre línguas cometidos por falantes não nativos já são conhecidos e bem documentados na literatura. Contudo, o reconhecimento e a classificação dos mesmos são feitos, principalmente, através de transcrições, um processo lento e trabalhoso. A identificação rápida desse tipo de fenômeno seria de grande valia para sistemas de nivelamento de alunos de língua estrangeira, podendo ser usados em escolas de idiomas, sistemas de ensino à distância, aprendizes autodidatas, aplicativos de língua estrangeira ou até mesmo por pesquisadores linguistas. No presente trabalho, foi realizada uma verificação das possibilidades de técnicas e ferramentas que podem ser utilizadas na classificação automática desses processos de transferência, em especial do fenômeno de transferência grafo-fônico-fonológica de Sonorização de <s> (SOS), guiado sob uma ótica do paradigma conexionista da linguagem.

Metodologia

Seleção de palavras

A seleção de palavras da língua inglesa para a composição dos dados de treino foi feita a partir da literatura pesquisada (Rocha, 2012). Baseando-se na metodologia de outros trabalhos (Zimmer, 2006), foram escolhidas palavras que sejam capazes de provocar os processos de transferência em humanos.

Tabela 1: Processo investigado na pesquisa.

Palavra exemplo	Pronúncia nativa	Pronúncia com processo
case	[keɪs]	[keɪz]

Tabela 2: Distribuição de palavras selecionadas

Alta frequência	Baixa frequência	Cognatas	Não-cognatas	Logatomas	Total
61	49	69	41	15	125

Coleta das produções

Para gerar os fenômenos foi utilizado sistema de TTS do software livre Google Tradutor® em duas opções de idioma: Português Brasileiro e Inglês.

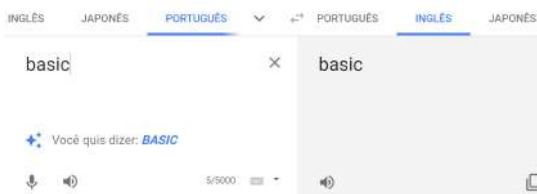


Figura 1: Método para a simulação de fenômeno no Google Tradutor.

Extração de Descritores

Foram utilizados dois descritores de sinal (Frequência formante – FF e Coeficiente Mel-Cepstrais – MFCC) obtidos através do software especializado em tratamento de áudio Praat versão 6.0.20.

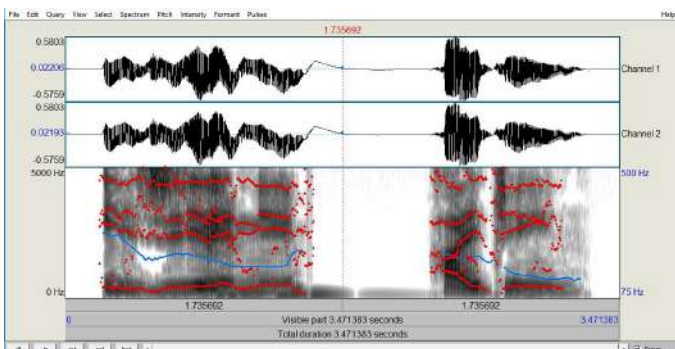


Figura 2: Exemplo de tela do Praat onde os áudios foram tratados

Desenvolvimento e treinamento da RNA

Para realizar a identificação de fenômenos nas produções foi desenvolvida uma Rede Neural Artificial (RNA) do tipo *Multilayer Perceptron* com algoritmo de treinamento Levenberg-Marquardt. Para esse desenvolvimento utilizou-se o software Matlab®, já que este apresenta funções auxiliares na construção de Redes Neurais Artificiais.

Resultados e discussão

Resultado da simulação

Tabela 2: Percentagem de ocorrência de fenômeno de transferência em cada categoria de palavras.

Alta frequência (%)	Baixa frequência (%)	Cognatas (%)	Não cognatas (%)	Logatomas (%)	Total (%)
72,13	95,92	88,41	73,17	93,34	84,00

Resultado da RNA com Frequências Formantes

Tabela 3: Percentagem de acerto para a RNA com FF após 100 testes.

Acerto da RNA para cada divisão de dados (Treino/Validação/Testes)(%)								
20/15/65			50/15/35			70/15/15		
Melhor Rede (%)	Média (%)	DP	Melhor Rede (%)	Média (%)	DP	Melhor Rede (%)	Média (%)	DP
100	89,68	0,0464	97,37	89,84	0,0472	100	90,66	0,0412

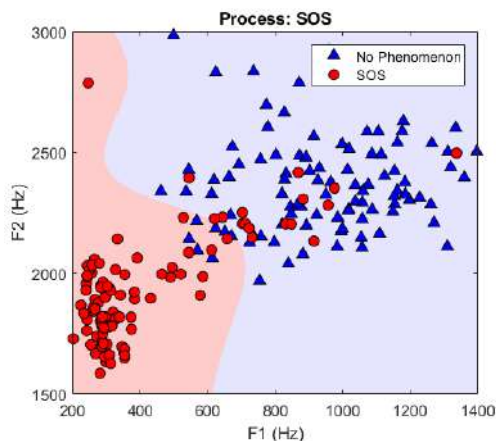


Figura 3: Fronteira de decisão da RNA

Resultado da RNA com MFCC

Tabela 4: Percentagem de acerto para RNA com MFCC após 100 testes.

Acerto da RNA para cada divisão de dados (Treino/Validação/Testes)(%)								
20/15/65			50/15/35			70/15/15		
Melhor Rede (%)	Média (%)	DP	Melhor Rede (%)	Média (%)	DP	Melhor Rede (%)	Média (%)	DP
100	99,63	0,0118	100	99,74	0,0088	100	99,61	0,0132

Conclusão

A partir dos resultados obtidos na pesquisa é possível afirmar que as hipóteses iniciais foram todas confirmadas. A investigação dos processos revelou tanto novas informações sobre a simulação desses fenômenos como mostrou técnicas necessárias para sua identificação. Portanto, a partir das técnicas desenvolvidas, as possibilidades de implementação de um sistema de identificação automático em plataformas *online* ou *mobile* são viáveis e representariam um avanço tanto para o aprendizado de línguas como para a própria pesquisa da área. O algoritmo de TTS do Google Tradutor® também se mostrou uma ferramenta importante na compreensão dos processos de transferência entre línguas, reforçando ainda mais o paradigma conexionista da linguagem.

Agradecimento

Agradeço à UFPI pelo apoio, assim como aos colegas do Grupo de Pesquisa da Universidade Federal do Piauí na qual faço parte.

Referências

- ROCHA, A. R. S. Os efeitos da instrução explícita em fonologia na produção e percepção de consoantes da língua inglesa. Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza. 2012.
ZIMMER, M. C.; ALVEZ, U. K. A produção de aspectos fonético-fonológicos da segunda língua: instrução explícita e conexionismo. *Revista Linguagem & Ensino*, Pelotas, v. 9, n. 2, p. 101-143, 2006.

IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DO FENÔMENO DE TRANSFERÊNCIA APAGAMENTO DE <h> (AH) PB-ILE UTILIZANDO RNA DO TIPO MLP.

Washington Luís Pinho Rodrigues Filho (bolsista IC/UFPI); Prof. Dra. Aratuza Rodrigues Silva Rocha (Co-Orientadora, Programa de Pós Graduação em Linguística Aplicada – UFC); Prof. Dr. Fábio Rocha Barbosa (Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – UFPI)
washingtonklm@hotmail.com.

Introdução

Durante a aprendizagem de uma nova língua, manifesta-se um processo chamado de fonologia da interlíngua. Esse processo, que ocorre nos estágios iniciais do aprendizado, caracteriza-se como um surgimento de um sistema linguístico diferente da língua estrangeira alvo (L2) por conta das características da língua nativa (L1), a qual ainda exerce influência sobre o sistema em criação (ROCHA, 2012). Tal fenômeno, que se manifesta durante o processo de transferência de conhecimento grafo-fônico-fonológico de L1 para L2 (ZIMMER e ALVES, 2006).

No presente trabalho, foi proposta a identificação do fenômeno de transferência AH utilizando RNA do tipo MLP. Para isso, foram colhidas produções na ferramenta Google Tradutor® que são de palavras inglesas produzidas pelo software nas opções de áudio Inglês e Português Brasileiro como pode ser visto na figura 1. Logo após, foram extraídos dois descritores de sinal para servirem de dados para o treinamento da rede neural e, posteriormente, serem identificados e classificados por ela.

Metodologia

Seleção de palavras e Coleta das produções

A seleção de palavras da língua inglesa para a composição dos dados de treino foi feita a partir da literatura pesquisada, baseando-se na metodologia de outros artigos, foram escolhidas palavras que sejam capazes de provocar fenômenos de transferência em humanos.

Tabela 1: Processo investigado na pesquisa.

Processo	Palavra exemplo	Pronúncia nativa	Pronúncia com processo	Alta frequência	Baixa frequência	Cognatas	Não-cognatas	Logatomas	Total
AH	humor	[ˈhju]	[u]	48	62	69	41	15	125

Para gerar os fenômenos foi utilizado o software livre Google Tradutor® em duas opções de idioma: Português Brasileiro e Inglês.



Figura 1: Método para a simulação de fenômeno no Google Tradutor.

Extração de Descritores

Foram utilizados dois descritores de sinal (Frequência formante – FF e Coeficiente Mel-Cepstrais – MFCC) obtidos através do software especializado em tratamento de áudio Praat versão 6.0.20.

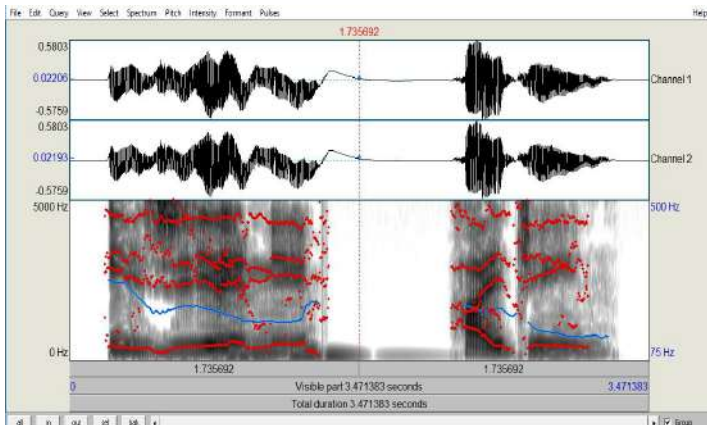


Figura 2: Exemplo de tela do Praat onde os áudios foram coletados

Desenvolvimento e treinamento da RNA

Para realizar a identificação de fenômenos nas produções foi desenvolvida uma RNA do tipo MLP, já que se trata de arquitetura mais adequada para classificação. Para esse desenvolvimento utilizou-se o software Matlab®, já que este apresenta funções auxiliares na construção de redes neurais.

Resultados e discussão

Resultado da simulação

Tabela 2: Porcentagem de ocorrência de fenômeno de transferência em cada categoria de palavras.

Processo	Alta frequência (%)	Baixa frequência (%)	Cognatas (%)	Não cognatas (%)	Logatomas (%)	Total (%)
AH	87,50	82,26	94,20	68,29	46,67	80,00

Resultado da RNA com Frequência Formante

Tabela 3: Porcentagem de acerto para a RNA com FF após 100 testes.

Processo	Acerto da RNA para cada divisão de dados (Treino/Validação/Testes)(%)								
	20/15/65			50/15/35			70/15/15		
	Melhor Rede (%)	Média (%)	DP	Melhor Rede (%)	Média (%)	DP	Melhor Rede (%)	Média (%)	DP
AH	100	89,79	0,049	100	89,47	0,0536	100	90,24	0,0479

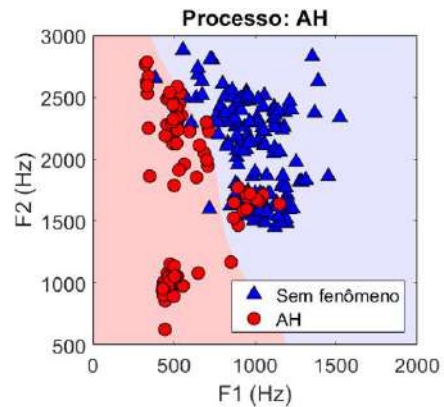


Figura 3: Fronteira de decisão da RNA.

Resultado da RNA com MFCC

Tabela 4: Porcentagem de acerto para RNA com MFCC após 100 testes.

Processo	Acerto da RNA para cada divisão de dados (Treino/Validação/Testes)(%)								
	20/15/65			50/15/35			70/15/15		
	Melhor Rede (%)	Média (%)	DP	Melhor Rede (%)	Média (%)	DP	Melhor Rede (%)	Média (%)	DP
AH	100	99,61	0,0156	100	99,76	0,0084	100	99,66	0,0096

Conclusão

Pela análise dos resultados obtidos na pesquisa é possível afirmar que as hipóteses iniciais foram confirmadas. As boas médias de acerto dos testes da RNA, demonstra que o fenômeno pode ser classificado de forma rápida, automática e confiável. Por fim, foi confirmada que os descritores de sinais FF e MFCC, a partir dos resultados dos testes e das análises feitas como também os bons percentuais de acertos da rede quando treinada, são capazes de caracterizar o fenômeno de transferência estudado.

A sequência natural para a investigação é expandir os testes para mais palavras e mais processos de transferência e partir para análise de produção de fala de estudantes de língua estrangeira reais.

Agradecimento

Agradeço à UFPI pelo apoio, assim como aos colegas do Grupo de Pesquisa da Universidade Federal do Piauí na qual faço parte.

Referências

- ROCHA, A. R. S. Os efeitos da instrução explícita em fonologia na produção e percepção de consoantes da língua inglesa. Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza, 2012.
ZIMMER, M. C.; ALVES, U. K. A produção de aspectos fonético-fonológicos da segunda língua: instrução explícita e conexão. *Revista Linguagem & Ensino*, v. 9, n. 2, p. 101-143, 2006.

TEORIA DE CONTROLE E APLICAÇÕES

TCA01 - Controladores com Estrutura Fuzzy PID Aplicados a Malha de Temperatura de uma Incubadora Neonatal	pg. 41
TCA02 - Controle Fuzzy Aplicado em um Tanque de Nível Didático	pg. 42
TCA03 - Desenvolvimento de Hardware Didático para Ensino de Controle Digital	pg. 43
TCA04 - Desenvolvimento de um Robô Manipulador do Tipo SCARA	pg. 44
TCA05 - Projeto de um Controlador PID Aplicado em um Tanque de Nível Didático	pg. 45
TCA06 - Sistema de Acionamento para Incubadora Neonatal	pg. 46

CONTROLADORES COM ESTRUTURA FUZZY PID APLICADOS A MALHA DE TEMPERATURA DE UMA INCUBADORA NEONATAL

José Borges do Carmo Neto (UFPI); jose.borges91@gmail.com, Luno Gomes de Oliveira(UFPI); lunoeste@gmail.com; Gabryel Figueiredo Soares(UFPI); gabryelfig18@gmail.com
Prof. Dr. Otacílio da Mota Almeida (Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – UFPI); otacilio@ufpi.edu.br

Introdução

Alguns autores declaram, por exemplo, que em aplicações de controle de processo, mais de 95% dos controladores implementados até hoje são do tipo PI ou PID (VILANOVA, 2012). Entretanto, no projeto de controladores convencionais, com os PI e PID, considera-se apenas as relações lineares entre as variáveis do processo controlado, o que impõe severas limitações na performance de controle, frente a sistemas que possuem modelagens complexas, não-linearidades ou incertezas (ASTROM, 2001). Em um estudo com cerca de 150,000 malhas de controle em 250 plantas industriais ao redor do mundo mostrou que 68% de todos os controladores têm performances inaceitáveis (VILANOVA, 2012).

No presente trabalho, lógica fuzzy é aplicada na sintonia de controladores com estrutura PID, com o objetivo de melhorar a performance do controlador e diminuir o esforço de controle sobre a malha.

Metodologia

ESTRUTURA DE CONTROLE PID

Este artigo teve sua estrutura inicial organizada na metodologia TDCA para elaboração de artigo científico de (DUARTE; OLIVEIRA, 2017). O controlador PID em malha fechada, tem a função de gerar o sinal de controle do processo, $u(t)$, que fará a diferenciação entre a referência, $r(t)$, e o sinal de saída da planta, $y(t)$ a ser corrigida, tomando-a nula. A lei de controle descrita pelo controlador PID é dada, no domínio da frequência, pela equação (1),

$$G_c(s) = K_c \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right), \quad (1)$$

onde K_c é o ganho proporcional, T_i é a constante integral do controlador e T_d é a constante derivativa do controlador.

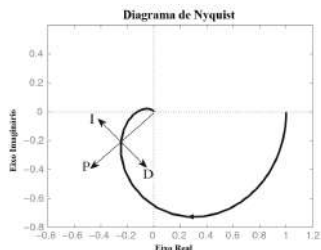


Figura 1: Ação do controlador PID ideal.
Fonte: Adaptado de Dormido S., Visioli A., 2014

CN-PID, BASEADO EM MARGENS DE FASE E DE GANHO

O controlador CN-PID funciona como uma estrutura que realiza uma sintonia on-line dos parâmetros K_c , T_i , e T_d , utilizando como um Sistema de Inferência Fuzzy (SIF), composto por um conjunto de regras como descrito em Almeida (2002), que relacionam o comportamento dinâmico do sistema com valores de margem de fase e de ganho do processo em malha fechada.

Para o SIF proposto, as variáveis de entrada são o erro $e(t)$ e a variação do erro $\Delta e(t)$, já a saída é o valor da margem de fase do processo, que é utilizada para aferir valores para K_c , T_i , e T_d , que atendam as especificações do projeto a cada período de amostragem.

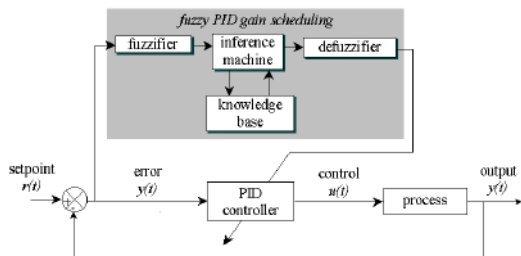


Figura 2: Estrutura CN-PID baseado em margens de ganho e de fase
Fonte: Almeida, 2002

Para aferir a melhoria introduzida pelo uso do Fuzzy na malha, os indicadores utilizados para avaliar o desempenho foram o erro quadrático do sistema e o esforço ponderado de controle.

$$I = \sum_{t=1}^H e(t)^2 + \sigma \sum_{t=1}^H \Delta u(t)^2 \quad (2)$$

Onde H é o horizonte de avaliação e o σ é o índice de ponderação do esforço de controle.

INCUBADORA NEONATAL

A incubadora neonatal possui duas malhas de controle, a primeira de temperatura e a segunda de umidade. Estas malhas podem ser modeladas tanto como sistemas SISO, ou como um sistema MIMO. É importante lembrar que mesmo quando modeladas como SISO as malhas ainda tem um forte acoplamento, o que pode fazer com que o modelo obtido não seja o ideal. Para este trabalho foi utilizada a planta como uma malha de controle de temperatura SISO. Nela foi inicialmente sintonizado um controlador PID pelo método de Astrom, utilizando um relé com histerese e em seguida aplicado o controlador CN-PID.



Figura 3: Incubadora Neonatal utilizada
Fonte: Próprio autor

Resultados e discussão

Tabela 1: Índices de desempenho

ÍNDICE DE DESEMPENHO	PID Astrom	PID Fuzzy
$I (\sigma=0,5)$	5,8875e+04	3,8616e+04

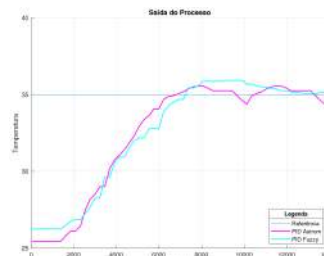


Figura 4 – Saída do processo
Fonte: Próprio autor

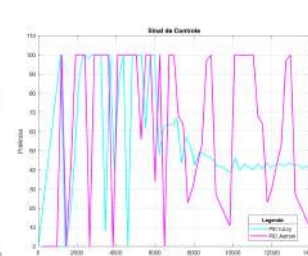


Figura 5 – Sinal de controle.
Fonte: Próprio autor

Conclusão

Pelos resultados obtidos, observa-se que é possível controlar um processo não linear com uma estrutura PID convencional. E que utilizando técnicas de inteligência computacional é possível melhorar a resposta deste controladores diminuindo o esforço de controle sobre o processo.

Agradecimento

Agradeço aos Colegas do Laboratório de Automação, Controle e Telecomunicações da Universidade Federal do Piauí.

Referências

- VILANOVA, R. & VISIOLI, A. *PID control in the third millennium* Springer, 2012
 ÅSTRÖM, K. J.; HÄGGLUND, T. *The future of PID control*. *Control engineering practice*, v. 9, n. 11, p. 1163-1175, 2001.
 DORMIDO, S.; VISIOLI, A. *PID Control*. *Encyclopedia of Systems and Control*, p. 1062-1071, 2015.
 ÅSTRÖM, K. J.; HÄGGLUND, T. Automatic tuning of simple regulators with specifications on phase and amplitude margins. *Automatica*, v. 20, n. 5, p. 645-651, 1984.
 ALMEIDA, O. da M.; COELHO, A. A. A fuzzy logic method for autotuning a PID controller: SISO and MIMO systems. In: *15th IFAC World Congress on Automatic Control*. 2002.
 DUARTE, C. T. T.; OLIVEIRA, L. G. Metodologia TDCA: Uma ferramenta facilitadora na elaboração de artigo científico. In: *1º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO EM EDUCAÇÃO SUPERIOR (SIES)*, 1, 2017, São Luis. Anais ... São Luis: UEMA, período de 27 a 29 de junho de 2017. 8 p. Disponível em: <https://goo.gl/bNqKbZ>. Acesso em 08/04/2019.

CONTROLE FUZZY APLICADO EM UM TANQUE DE NÍVEL DIDÁTICO.

Francisco Leão de Oliveira (bolsista CAPES/UFPI);
Prof. Dr. José Medeiros de Araújo Júnior (Orientador, PPGE- UFPI);
fco.leao@Hotmail.com

Introdução

A indústria aplica em vários de seus processos tanques acoplados para realização de diversas funções, como o armazenamento e transporte de líquidos. Indústrias petroquímicas, de celulose ou de tratamento de líquidos, normalmente apresentam processamento de líquidos por reações químicas ou tratamento de misturas. Este processamento requer continuamente um controle criterioso sobre o nível do fluido, assim como regulação do fluxo entre os tanques.

O presente trabalho apresenta a implementação de um controle fuzzy em uma planta didática, onde deseja-se obter a resposta ao degrau do controle fuzzy e compará-la a uma técnica clássica de controle, como exemplo a um controle PID, para que assim possa ser visto a eficiência dessa classe de controle.

Metodologia

PLANTA DIDÁTICA MPS-PA FESTO

A planta MPS-PA da Festo é um sistema de aprendizagem didática utilizado para processos de tecnologia de automação e é determinado para atender uma série de elementos de diferentes requisitos de formação profissional e de capacitação.

A bancada de controle MPS-PA pode ser usada com êxito para o ensino dos princípios fundamentais de controle de processos, onde o estudante usará um sistema real e obterá resultados reais. Os principais componentes e acessórios da planta MPS-PA da Festo são identificados na Figura 1.

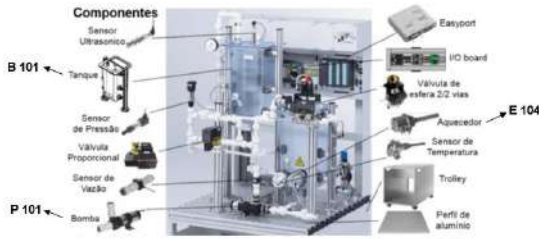


Figura 1: Bancada didática MPS-PA – Estação Compacta.
Fonte: HELMICH, 2008

Controle de Nível da Planta MPS-PA

No primeiro momento foi feita uma pesquisa para levantamento de material bibliográfico pertinente aos temas de inteligência computacional (sistemas fuzzy), identificação de sistemas não lineares, controle de sistemas dinâmicos e principalmente informações sobre a planta MPS-PA da Festo.

Após revisão bibliográfica foi realizado o desenvolvimento da interface de comunicação entre o computador e a planta didática. Para esta etapa foi empregado protocolo OPC de comunicação via Matlab. O ambiente de controle da planta MPS-PA no computador foi o Simulink.

Para implementar o controle na planta utilizando-se lógica fuzzy foi empregado o toolbox fuzzy do Matlab. Na Figura 2, observa-se um exemplo do uso do toolbox.

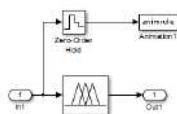


Figura 2: – Exemplo do Toolbox Fuzzy Matlab aplicado no Simulink
Fonte: Mathworks 2017

Por fim, foi realizado um estudo do comportamento da resposta do sistema para ajuste das curvas de pertinência das variáveis de entrada, erro de nível e derivada do nível, comparando o comportamento da resposta encontrada pelo controle fuzzy com a resposta encontrada por um controle PID. Uma vez que o sistema fuzzy apresenta um melhor desempenho quando o responsável por implementar este sistema conhece o comportamento do processo.

Devido ao processo de controle de nível não ter caráter linear, pois a vazão está relacionada ao quadrado da altura do nível de água, ao longo de todos os experimentos a válvula da Figura 3 permaneceu com uma pequena abertura, para que por meio dela fluísse uma vazão aproximadamente constante de água.



Figura 3: – Válvula de escape da água.

Resultados e discussão

Para implementação do controlador Fuzzy, inicialmente delimitou-se as variáveis de entrada e saída do sistema nebuloso. De maneira intuitiva, para saída escolheu-se a tensão de alimentação da bomba. Já para entrada inicialmente adotou-se o erro da realimentação do processo. Posteriormente, foi selecionado outra variável de entrada, rate, que pode ser interpretado como a variação do nível. Na Figura 4 tem-se a função de pertinência do erro, na Figura 5 tem-se a função de pertinência do rate e na Figura 6 tem-se a função de pertinência da bomba.

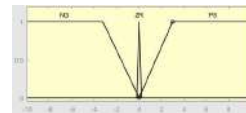


Figura 4 – Função de pertinência do erro.

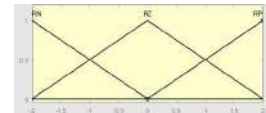


Figura 5 – Função de pertinência do rate.

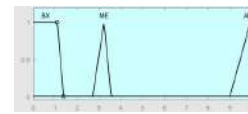


Figura 6 – Função de pertinência da Bomba.

Na Figura 7 tem-se a resposta do sistema para uma sequência composta por cinco degraus empregando o controle Fuzzy. Não verificou-se overshoot. O sinal de comando para bomba apresentou um longo tempo de saturação, porém, o valor máximo permitido durante os testes foi deixado em 9,8V, abaixo do valor máximo de alimentação da bomba de 10V.

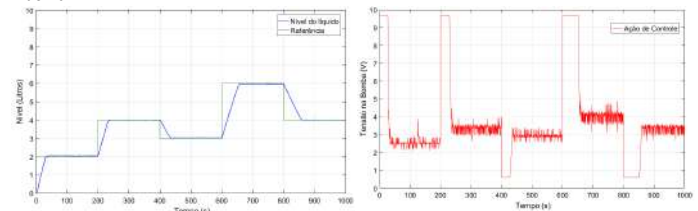


Figura 7: Resposta ao degrau e ação do controlador Fuzzy.

Comparando a Figura 7 com a Figura 8, pode-se observar que o controle fuzzy apesar de ter um tempo de subida um pouco menor, seu tempo de assentamento, tanto para a subida do nível como para a descida, será menor, aproximadamente 25s de diferença para o overshoot e 30s para undershoots. Esses valores foram observados em todos os processos, onde o controle fuzzy se destaca pela rápida resposta, chegando a referência com precisão.

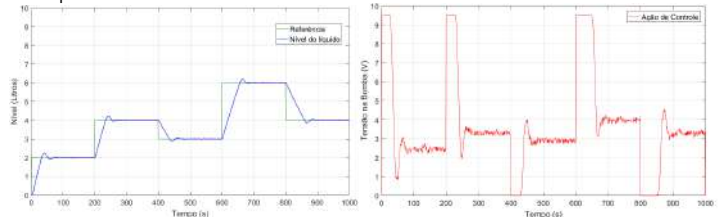


Figura 8: Resposta ao degrau e ação do controlador PID.

Conclusão

O Matlab mostrou-se uma ferramenta poderosa através do "Fuzzy Logic Toolbox" para implementação de um controlador fuzzy, possibilitando a observação do funcionamento do controlador com várias combinações de configurações praticáveis.

O controle fuzzy se mostrou mais eficiente que o PID, pois apesar de o controle PID ter apresentado um tempo de subida maior que o fuzzy a diferença não foi considerável, na ordem de aproximadamente 2 segundos, mas em contra partida o fuzzy não apresenta overshoot possuindo uma rápida resposta ao processo.

Agradecimento

Agradeço à UFPI pelo apoio, assim como aos colegas do Laboratório de Controle da Universidade Federal do Piauí.

Referências

- ARAÚJO, F. M. U. d. Sistemas de controle. Apontamentos. UFRN. Departamento de Engenharia de Computação e Automação. Natal-RN, 2007.
- BARRROS, F. F. d. Sistema de Controle e de Temperatura de uma Bancada Didática do LTTC. 2013. Rio de Janeiro: UFRJ/ESCOLA POLITÉCNICA.
- DORF, R. C. Sistemas de Controle Modernos. [S.l.: s.n.], 2013. v. 12.
- HELMICH, J. Manual da Festo. 2008.
- ZADEH, L. A. Fuzzy sets. Information and control, Elsevier, v. 8, n. 3, p. 338–353, 1965
- ZIMMERMANN, H.-J. Fuzzy set theory—and its applications. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2011.

DESENVOLVIMENTO DE HARDWARE DIDÁTICO PARA ENSINO DE CONTROLE DIGITAL

Gabryel Figueiredo Soares (bolsista, IC/CNPQ), gabryelfig18@gmail.com; José B. do Carmo Neto (UFPI), jose.borges91@gmail.com; Luno Gomes de Oliveira (UFPI), lunoeste@gmail.com; Prof. Dr. Otacílio da Mota Almeida (Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – UFPI), otacilio@ufpi.edu.br

Introdução

Os sistemas de controle estão cada vez mais presentes nas diversas áreas do conhecimento, logo há necessidade da aplicação prática das teorias discutidas em sala de aula. Tendo em vista a necessidade de ensinar técnicas de controle digital para futuros profissionais de engenharia nas áreas de controle e automação, faz-se necessário o desenvolvimento de plantas didáticas aplicadas ao ensino de técnicas de controle apresentadas em sala de aula, simulando processos industriais com suas reais dificuldades.

O presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma planta de controle didática que possibilite à aplicação prática dos controladores simulados.

Metodologia

DESENVOLVIMENTO DO HARDWARE E SOFTWARE

Este artigo teve sua estrutura inicial organizada na metodologia TDCA para elaboração de artigo científico de (Duarte; Oliveira, 2017). O sistema é composto por um circuito de alimentação; um microcontrolador do tipo PIC18F2550; um circuito de acionamento de motor CC via modulação por largura de pulso (PWM) e um sensor óptico reflexivo para medição da velocidade de rotação da ventoinha acoplada ao motor.

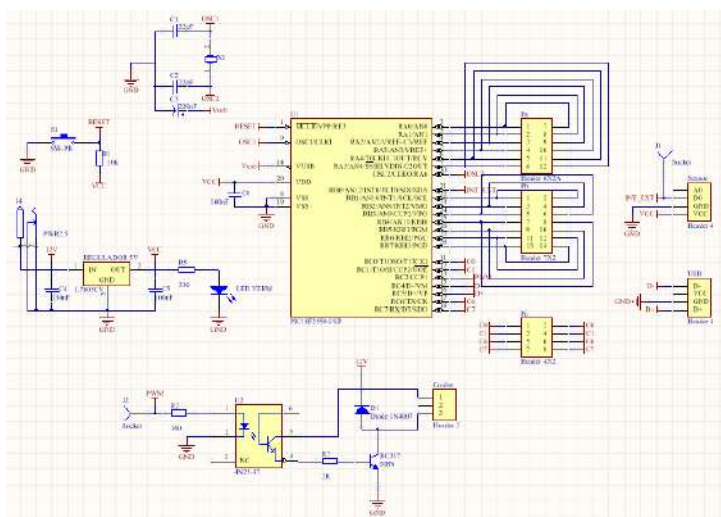


Figura 1: Diagrama elétrico do hardware desenvolvido

O funcionamento da planta é baseado na comunicação entre um computador com o software MATLAB e o hardware construído. Foram desenvolvidos quatro códigos para o MATLAB com a finalidade de: iniciar a comunicação entre planta e computador ("inicializa('com1')"); enviar comando do MATLAB para o microcontrolador a fim de realizar o ajuste do duty cycle da modulação PWM ("set_pwm(duty)"); enviar a velocidade medida pelo microcontrolador para o MATLAB ("recebe_velocidade") e finalizar a comunicação ("finaliza").

O primeiro comando a ser executado quando deseja-se utilizar a planta é "inicializa('com1')", que faz com que o MATLAB identifique e conecte o microcontrolador, possibilitando assim a troca de dados pelo barramento serial.

Quando a função de ajustar o duty cycle é utilizada, o microcontrolador gera um sinal de PWM com o duty cycle de valor igual ao definido no MATLAB, que realiza o chaveamento do circuito transistorizado de acionamento do motor CC acoplado à ventoinha. A velocidade do motor é alterada por meio da variação do duty cycle do PWM. Quanto mais próximo o valor de duty cycle for de 100%, maior é a tensão média no motor, conseqüentemente mais elevada a velocidade.

A medição da velocidade é realizada por meio de um sensor óptico reflexivo do modelo TCRT5000, de tal forma que toda vez que uma das hélices da ventoinha passa na frente do sensor, um pulso é gerado pelo sensor indicando a passagem da hélice. O pulso é enviado para o microcontrolador que realiza os cálculos para determinar a velocidade de rotação da ventoinha e armazena o valor obtido em um buffer. Quando a função de enviar a velocidade medida do microcontrolador para o MATLAB é utilizada, o PIC envia o valor armazenado através do protocolo de comunicação USB para o computador, permitindo ao usuário que utilize aquele valor medido da forma que achar mais conveniente.

Para um sistema de controle, o valor de entrada é um número inteiro de 0 a 100 que representa o valor do duty cycle do PWM que chaveia o motor. A saída do sistema é dada em unidade de rotação por segundo (RPS).

Resultados e discussão

A versão final do sistema desenvolvido é apresentado nas Figuras 2 e 3, onde são identificados os elementos que compõe o hardware construído.

Para verificar a funcionalidade da planta, foi realizado o teste de resposta ao degrau com dois patamares. O resultado é apresentado na Figura. 4.

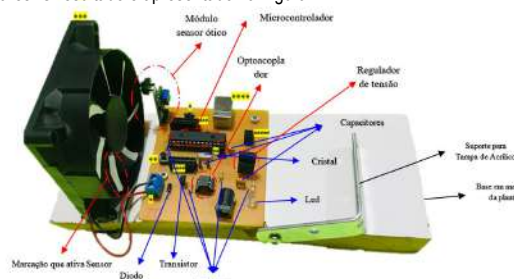


Figura 2: Visão geral da planta

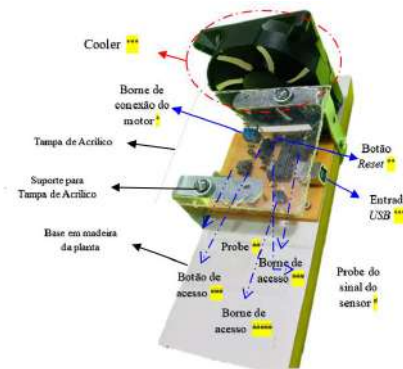


Figura 3: Visão geral da planta com a cobertura

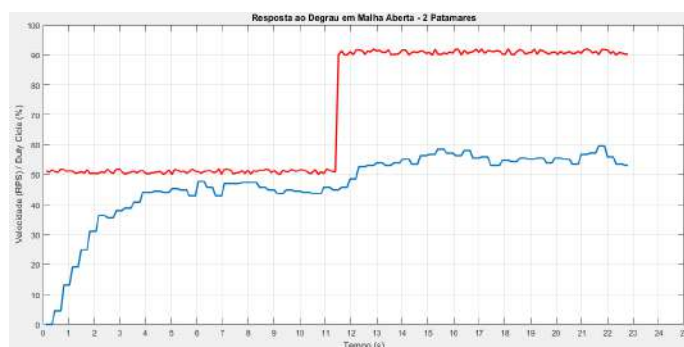


Figura 4: Resposta ao degrado em malha aberta

Conclusão

O sistema desenvolvido é de fácil construção e utilização, podendo ser replicado sem dificuldade. As funções de utilização simples permitem ao usuário agilidade no desenvolvimento de algoritmos de controle sem prejuízo educacional. Mesmo com um pequeno ruído na saída, o comportamento apresentado por meio da resposta ao degrado demonstra a estabilidade necessária para que sejam aplicados algoritmos de controle dos mais simples aos mais sofisticados, permitindo que o estudante pratique uma vasta gama de técnicas de controle digital que podem ser utilizadas em processos industriais.

Agradecimento

Agradeço aos colegas do Laboratório de Controle, Automação e Telecomunicações da Universidade Federal do Piauí, assim como o CNPq pelo auxílio com a bolsa.

Referências

- DUARTE, C. T. T.; OLIVEIRA, L. G., Metodologia TDCA: Uma ferramenta facilitadora na elaboração de artigo científico. In: 1º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO EM EDUCAÇÃO SUPERIOR (SHIES), 1, 2017, São Luis, Anais ... São Luiz: UEPA, período de 27 a 29 de junho de 2017. 8 p. Disponível em: <https://goo.gl/bNqKz>. Acesso em 08/04/2019.
- IBRAHIM, Dogan. Microcontroller based applied digital control. Hoboken: John Wiley & Sons, 2006
- MICROCHIP. PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet: 28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nano Watt Technology. Chandler: Microchip Technology Inc., 2009.

DESENVOLVIMENTO DE UM ROBÔ MANIPULADOR DO TIPO SCARA

Victor Eduardo Alves da Silva Carvalho; Nádia Raquel Matos Oliveira; José Maria Pires Menezes Junior
Departamento de Engenharia Elétrica – UFPI;
victor.eduardo100@hotmail.com; nadiamatos.18@gmail.com; josemenezesjr@ufpi.edu.br

Introdução

É indiscutível a importância da Robótica e seu papel em inúmeras aplicações, desde o seu envolvimento em aplicações na área da saúde (BONATTI, 2014) à área militar (ACKERMAN, 2015). Uma ramificação importante da mesma, é o estudo de robôs manipuladores, que possuem a capacidade de manusear objetos e realizar operações de forma mais rápida e precisa que um ser humano. O uso deste tipo de robô, em ambientes industriais, é imprescindível para eficiência da produção, por exemplo (AHRENS, 2012).

Com isso, é importante o estudo do mesmo e realizar a modelagem matemática e implementação via simulação. Assim, propõe-se a modelagem e simulação da cinemática de um robô manipulador com estrutura física baseado no manipulador SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm). Robôs do tipo SCARA são utilizados na indústria por serem precisos, compactos e apresentarem um excelente rendimento em atividades repetitivas.

Modelagem da Cinemática

O estudo do modelo cinemático se faz importante para ser possível obter as posições angulares (das juntas do manipulador) ou cartesianas que o efetuador (elemento terminal do manipulador) poderá obter mediante um dado parâmetro. No qual, é interesse o estudo das velocidades a serem alcançadas pelas juntas, por exemplo.

No tocante à Cinemática Inversa, deve-se obter as posições angulares das juntas para uma dada posição cartesiana do efetuador. Aplicando-se uma análise gráfica da Figura 1 e usando relações trigonométricas, é possível obter expressões para cada coordenada cartesiana do efetuador. Sendo importante destacar que os parâmetros l_1 e l_2 são os comprimentos de cada link (parte fixa do manipulador) existente entre duas juntas. Com isso, verifica-se que:

$$x = l_1 \cos(\theta_1) + l_2 \cos(\theta_1 + \theta_2) \quad (1)$$

$$y = l_1 \sin(\theta_1) + l_2 \sin(\theta_1 + \theta_2) \quad (2)$$

Manipulando as equações (1) e (2), é possível obter que:

$$\theta_1 = \arctan \left(\frac{y(l_1 + l_2 \cos(\theta_2)) - x l_2 \sin(\theta_2)}{x(l_1 + l_2 \cos(\theta_2)) - y l_2 \sin(\theta_2)} \right) \quad (3)$$

$$\theta_2 = \pm \cos^{-1} \left(\frac{x^2 + y^2 - l_1^2 - l_2^2}{2 l_1 l_2} \right) \quad (4)$$

o ângulo θ_3 é obtido por inspeção, tendo em vista que o fuso esférico utilizado no projeto tem um passo de rosca igual a 5mm, logo se a coordenada (z) é dada em milímetros temos que :

$$\theta_3 = (72^\circ \cdot z) \quad (5)$$

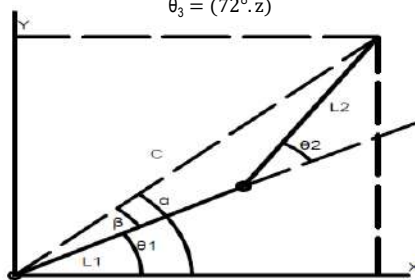


Figura 1: Modelo simplificado de um robô 2R, vista superior.

Resultados e discussão

Foi desenvolvida uma interface gráfica, usando linguagem de programação em Python, com o propósito de promover uma interação usuário-computador, a fim de que a partir das coordenadas cartesianas (em milímetros) fornecidas pelo mesmo, pudesse ser ilustrado ao usuário as possíveis posições angulares (em graus) que as juntas do manipulador em questão apresentariam. Na Figura 2 é possível verificar os parâmetros de entrada e de saída esperados para o manipulador.

A interface utiliza a modelagem matemática em cinemática inversa para relacionar a posição espacial do ponto alvo (x,y,z) (em milímetros), aos ângulos θ_1 , θ_2 e θ_3 . Para isso os motores de passo devem se deslocar para que o efetuador chegue ao ponto desejado, considerando que o manipulador se encontra com coordenadas ($\theta_1 = \theta_2 = \theta_3 = 0$) no início do movimento.

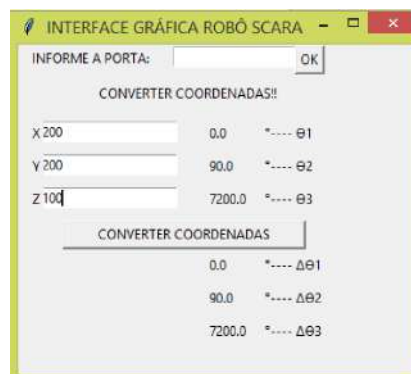


Figura 2: Interface gráfica desenvolvida.

Abaixo na Figura 3 pode-se visualizar em 3D o protótipo do robô SCARA que foi construído com o software Fusion, atestando assim a viabilidade da sua estrutura física.

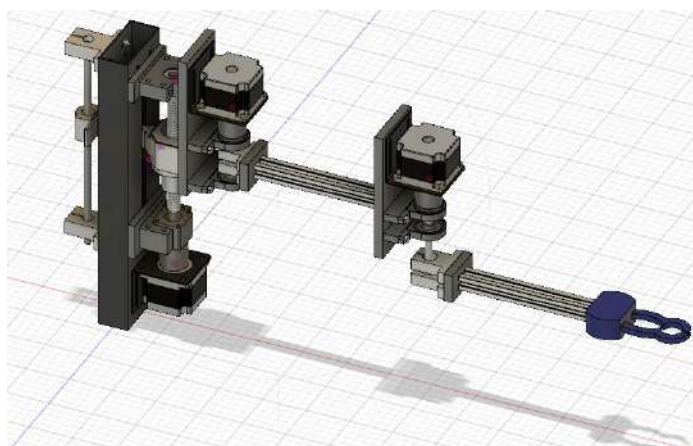


Figura 3: Modelo manipulador modelado em 3D.

Conclusão

A partir da modelagem matemática, é possível observar que a Cinemática Inversa pode fornecer mais de uma resposta para uma mesma coordenada cartesiana, isto é, para um dado ponto, pode existir mais de uma maneira do efetuador alcançá-lo. Isso não acontecendo para a Cinemática Direta.

Em relação a interface gráfica, observou-se o caráter educativo que a mesma pode proporcionar ao usuário, já que o mesmo, poderá ver na prática a movimentação do manipulador a partir de parâmetros que especificou.

Por serem robôs importantes, principalmente no âmbito industrial, o estudo e montagem do manipulador empregado mostrou-se relevante, já que a partir de possíveis experimentos futuros, pode ser feita uma analogia entre atividades executadas por um manipulador de grande porte e empregados em processos industriais.

Pretende-se, em estudos futuros, fazer o manipulador planejar trajetórias de um ponto a outro e desviando de obstáculos que possam ocorrer no decorrer de um dado trajeto. Fazer o uso de técnicas de Processamento de Imagens para detecção de objetos e seu manuseio pelo manipulador.

Agradecimento

Agradecemos à UFPI pelo apoio, assim como aos colegas do Grupo de Robótica, Automação e Sistemas Inteligentes (GRASI) da Universidade Federal do Piauí lotado no curso de Engenharia Elétrica.

Referências

- BONATTI, Johannes et al. Robotic technology in cardiovascular medicine. *Nature Reviews Cardiology*, v. 11, n. 5, p. 266, 2014.
AHRENS, Greg; PAGEAU, Gord. Trends in the robotic simulation industry. *Assembly Automation*, v. 22, n. 3, p. 230-234, 2002.
ACKERMAN, E. DARPA Tests Battery-Powered Exoskeletons on Real Soldiers. *IEEE Spectrum*. Available at: <https://spectrum.ieee.org/video/robotics/military-robots/darpa-tests-battery-powered-exoskeletons-on-real-soldiers> [Acessado 28 Abril 2018], 2015.

PROJETO DE UM CONTROLADOR PID APLICADO EM UM TANQUE DE NÍVEL DIDÁTICO

Vanessa dos Santos Conceição (ICV/UFPI);
 Prof. Dr. José Medeiros de Araújo Júnior (Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – UFPI);
 vanessa04061997@gmail.com.

Introdução

Em projeto de sistemas de controle é necessário o modelo matemático do processo a ser controlado. Como os modelos são obtidos, inicialmente, na forma de equações diferenciais, normalmente faz-se o uso da Transformada de Laplace para se ter uma representação mais prática, devido a sua vantagem de facilitar o entendimento em relação ao desempenho, resposta do sistema e até análise de estabilidade obtida graficamente (FRANKLIN, 2013). Com essa transformada, as EDO's, que são funções no domínio do tempo, são convertidas para funções onde o domínio são variáveis complexas, e essa representação é denominada de Função de Transferência. Por meio dessas funções, pode-se verificar se o sistema apresenta dinâmica lenta, resposta oscilatória e erro em relação às condições desejadas aplicadas na entrada (ROSARIO, 2009), (OGATA, 1998).

Com base em técnicas da teoria de controle, este trabalho apresenta a modelagem de um sistema de tanques de nível, bem como a sua análise em malha fechada, de tal forma a se verificar quantitativamente a sua dinâmica, e a partir dessas informações, realizar o projeto de um controlador PID, utilizando o método LGR (Lugar Geométrico das Raízes). A inclusão desse controlador visa melhorar a dinâmica do sistema, fazendo com que o mesmo apresente uma resposta satisfatória, possibilitando a sua melhor aplicação em processos industriais.

Metodologia

O sistema de nível escolhido para ser utilizado no projeto é ilustrado na Figura 1. Nessa figura, é possível verificar que o sistema trabalha com uma bomba alimentando o tanque 1, que por sua vez alimenta o tanque 2 (QUANSER COORPORATION, 1998). Nessa configuração, o tanque que terá seu nível controlado é o tanque 2.

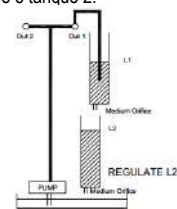


Figura 1: Diagrama da configuração do sistema. Fonte: Manual da Quanser

Projeto de controle

A obtenção da função de transferência desse sistema foi realizada através de modelos representados por variáveis de estado do tanque 1 e do tanque 2. Ambos os modelos são destacados nas equações 1 e 2:

$$\begin{bmatrix} \dot{L}_1 \\ \dot{\zeta}_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{a_1}{A_1} \sqrt{\frac{g}{2L_{10}}} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_1 \\ \zeta_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K_m \\ A_1 \\ 0 \end{bmatrix} V_p \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{L}_2 \\ \dot{\zeta}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{a_2}{A_2} \sqrt{\frac{g}{2L_{20}}} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} L_2 \\ \zeta_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_1 \\ A_2 \\ 0 \end{bmatrix} \sqrt{\frac{g}{2L_{10}}} L_1 \quad (2)$$

onde a_1 e a_2 são as áreas dos orifícios de saída de líquido dos tanques 1 e 2, A_1 e A_2 são as áreas das seções transversais dos tanques, K_m a constante da bomba, g a aceleração da gravidade e L_1 e L_2 altura da coluna de líquido nos tanques. A tensão necessária para bomba é computada através da equação:

$$V_{p0} = \frac{a_1}{K_m} \sqrt{\frac{g}{2L_{10}}} L \quad (3)$$

Matematicamente a conversão do modelo de variáveis de estado para função de transferência é realizada através da equação 4, na qual I é matriz identidade e A , B e C são as matrizes de variáveis estado:

$$\frac{Y(s)}{U(s)} = C[sI - A]^{-1}B + C \quad (4)$$

Os valores das constantes usadas na configuração são colocados no Quadro I:

Constante da bomba (K_m)	4,6 (cm ² /sV)
Aceleração da gravidade (g)	981 (cm/s ²)
Área da seção transversal do tanque (A_1)	15,5179 cm ²
Área da seção transversal do tanque (A_2)	15,5179 cm ²
Área do orifício de saída (a_1)	0,1781 cm ²
Área do orifício de saída (a_2)	0,1781 cm ²

Quadro I: Constantes utilizadas para a configuração. Fonte: Autor

A função de transferência, obtida através do software Matlab, para um nível de 15 cm em malha fechada é:

$$M(s) = \frac{0,01946}{s^2 + 0,1313s + 0,02377} \quad (5)$$

A resposta ao degrau não-unitário e o LGR do sistema estão mostrados na Fig. 2

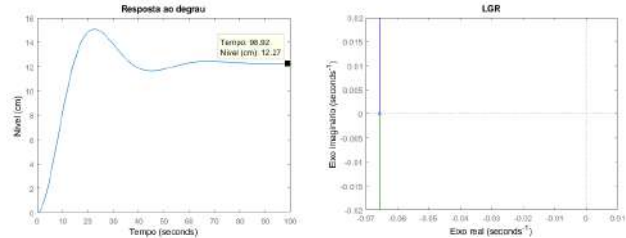


Figura 2: Resposta e LGR do sistema. Fonte: Autor

Analisando a Fig. 2 é possível ver que ocorre erro em regime permanente, pois o valor do nível está próximo de 12,3 cm e não corresponde ao valor de referência que é de 15 cm. Além disso há um sobressinal (*overshoot*) em uma amplitude não desejada, com isso se faz necessário o projeto de um controlador PID. Esse controlador corrige o erro em regime permanente, bem como o transitório da resposta. O projeto a ser realizado utiliza o método do LGR para encontrar o controlador ideal. Para isso, foi definido as condições desejadas como sendo: *overshoot* de 10% e tempo de assentamento de 20 segundos. O controlador é projetado através dos critérios de ângulo e módulo (ARAÚJO, 2007). O LGR para projeto do PID é colocado a seguir com o controlador obtido

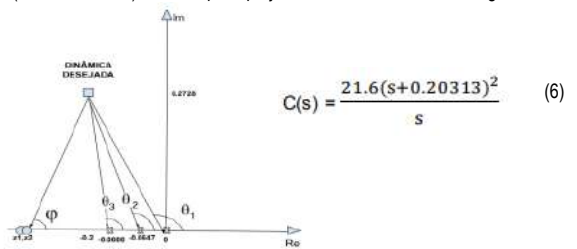


Figura 3: LGR para projeto de controle e o controlador obtido. Fonte: Autor

Resultados e discussão

O controlador PID encontrado através do LGR, é colocado em série com a função de transferência em malha aberta da planta. A Fig. 4 mostra a nova resposta ao degrau do sistema em malha fechada com a presença do controlador PID e o novo LGR.

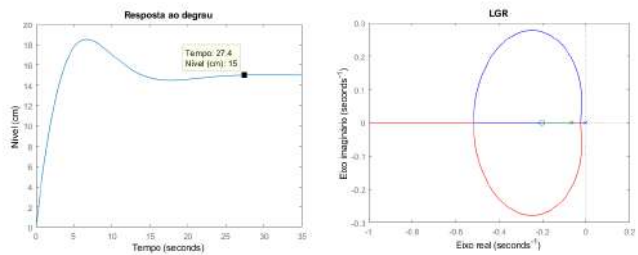


Figura 4: Resposta e LGR do sistema na presença do controlador PID. Fonte: Autor

Analisando-se esta figura, percebe-se que o erro em regime foi eliminado, pois o valor do nível em regime permanente está em 15 cm que era o esperado. Além disso, pode ser observado que o tempo de assentamento está em 20 segundos e o *overshoot* foi suavizado, assim como foi projetado. Com o PID o LGR apresenta uma nova configuração com um pólo na origem, dois zeros e mais dois pólos no semiplano esquerdo.

Conclusão

A modelagem do sistema envolveu as dinâmicas dos tanques 1 e 2 associados, a função de transferência obtida foi de segunda ordem como o esperado, apresentando um característica subamortecida. A análise da resposta da planta após a inclusão do controlador apresentou resultados satisfatórios. Foi possível verificar, por meios computacionais, como um projeto de controle do tipo PID pode colaborar com a eliminação de erros na resposta em malha fechada de um sistema, sendo ela transitória e/ou permanente.

Referências

OGATA, Katsuhiko; SEVERO, Bernardo. Engenharia de controle moderno. Prentice Hall do Brasil, 1998.
 QUANSER COORPORATION, Coupled Water Tank Experiments, Quanser Cooperation, 1998.
 FRANKLIN, Gene F.; POWELL, J. David; EMAMI-NAEINI, Abbas. Sistemas de controle para engenharia. Bookman Editora, 2013.
 ROSARIO, Joao Mauricio. Automação industrial. Editora Baraúna, 2009.
 ARAÚJO, Fábio Meneghetti Ugolino de. Sistemas de controle. Apontamentos. UFRN. Departamento de Engenharia de Computação e Automação. Natal-RN, 2007.

SISTEMA DE ACIONAMENTO PARA INCUBADORA NEONATAL.

Raimundo da Silva Nunes Neto (Autor, bolsista IC/UFPI); raimundodasilva@outlook.com;
 Gabryel Figueiredo Soares (Co-Autor, bolsista IC/CNPq); gabryelfig18@gmail.com;
 Prof. Dr. Otacílio da Mota Almeida (Orientador, Departamento de Engenharia Elétrica – UFPI);

Introdução

Incubadoras Neonatais são equipamentos hospitalares de suma importância para a manutenção da vida de bebês recém-nascidos prematuros e com problemas de saúde. Esses equipamentos são responsáveis por proporcionar um ambiente termoneuro para o neonato, que ao nascer possuem limitada capacidade de reagir a situações adversas (SILVADO, 1993), necessita que haja um controle rigorosos dos parâmetros de umidade, temperatura e fluxo de ar do ambiente.

No presente trabalho é abordado o desenvolvimento de um hardware base, que satisfaz as determinações da NBR IEC 60601-2-19, para o acionamento de um Incubadora Neonatal presente no laboratório de Controle e Telecomunicações do Curso de Engenharia Elétrica – UFPI. Com o hardware, é possível aferir dados de temperatura e umidade do ambiente, e dessa forma, facilitar a implementação de diversas técnicas de controle, a fim de manter, de forma rigorosa, os padrões estabelecidos para os parâmetros dentro da incubadora.

Metodologia

Desenvolvimento de Hardware utilizando Microcontroladores PIC

A primeira parte do desenvolvimento foi a de identificação do funcionamento do painel eletrônico da incubadora. Dessa forma foi possível identificar a resistência interna, localizada atrás do painel eletrônico, responsável pela geração de calor para a cúpula, e a abertura lateral para acoplamento de umidificador de ar conforme mostrado na figura 1.

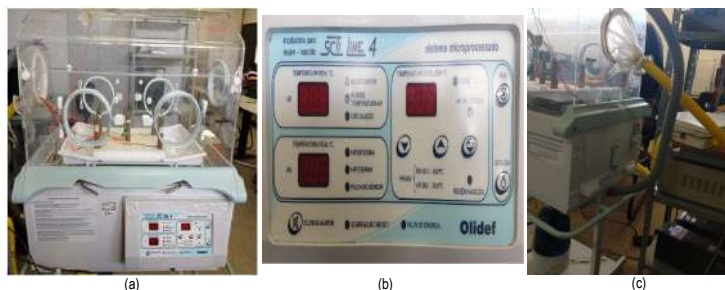


Figura 1 – (a) Incubadora Neonatal; (b) Painel Eletrônico; (c) Conexão Lateral;

O hardware foi desenvolvido utilizando basicamente 4 componentes principais (figura 2): um microcontrolador PIC, modelo 18f4550, sensores de temperatura modelo DS18B20, um sensor de umidade modelo DHT22, um driver de potência e um sensor de resistência variável LDR.

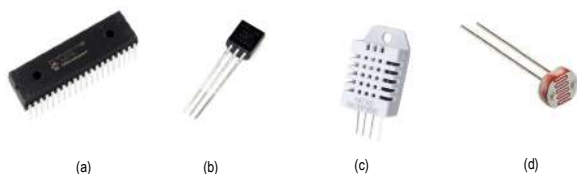


Figura 2 – (a) Microcontrolador PIC; (b) Sensor DS18B20; (c) DHT22; (d) LDR.

A partir de softwares desenvolvidos em linguagem C, o microcontrolador é capaz de obter os dados dos sensores instalados na incubadora, de acordo com as especificações da NBR IEC 60601-2-19. Os dados são enviados para o computador e tratados com a utilização do software MATLAB. Outra função do microcontrolador é a de controle do driver de potência e do sistema de luminosidade do sensor LDR.

São utilizados 5 sensores de temperatura DS18B20 dispostos na cúpula de acordo com as especificações da NBR e um sensor de umidade DHT22. A norma dispõe que a exatidão dos sensores de temperatura devem ter erro de no máximo 0,5°C e os de umidade, de no máximo 10%.

O acionamento da resistência interna da incubadora é feita a partir de um comando enviado pelo software MATLAB para o microcontrolador. O PIC faz o chaveamento do driver de potência constituído por um optoacoplador MOC3022 e um Triac. Esse sistema é utilizado com a finalidade de proteger o circuito eletrônico de qualquer eventual problema no outro circuito. O chaveamento do Triac é feito por ocooplamento óptico, como sugere o nome, que faz dispensável a ligação física entres os dois circuitos.

O sistema de umidificação da incubadora é formado por um umidificador de ar comercial no qual, seu controle de fluxo de ar, foi substituído por um sensor ldr de resistência variável. O PIC utiliza um sinal modulado por largura de pulso – PWM, para controlar a intensidade da luminosidade de um LED que excita o sensor, alterando sua resistência interna.

A alimentação do sistema é feita através de um transformador 110/12V. O transformador é ligado por um estabilizador, que também alimenta o circuito de potência chaveado pelo triac com o optoacoplador. O secundário do transformador passa por uma ponte retificadora, e por um regulador de tensão para gerar 5V para o sistema.

Como é mostrado pelo diagrama da figura 3, os dados dos sensores são enviados para o microcontrolador e através da comunicação com o computador pelo software MATLAB eles são agrupados e plotados em gráficos em tempo real, para visualização do operador, que envia sinais de controle para o sistema. A comunicação é estabelecida por meio de uma porta USB reconhecida pelo computador como entrada serial.

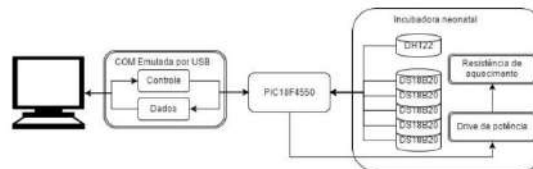


Figura 3 – Diagrama de Blocos do Sistema Projetado

Resultados e discussão

O sistema foi projetado utilizando o software Altium e então foram desenvolvidas placas de circuito impresso para o sistema eletrônico e para o circuito de potência separadamente (figura 4.b). Ambas foram colocadas em um quadro de distribuição de pvc (figura 4.a), juntamente com o transformador, de forma a proteger os componentes. O LDR foi inserido em um tubo fosco juntamente com o LED (figura 4.c), evitando interferência da iluminação externa no sensor.

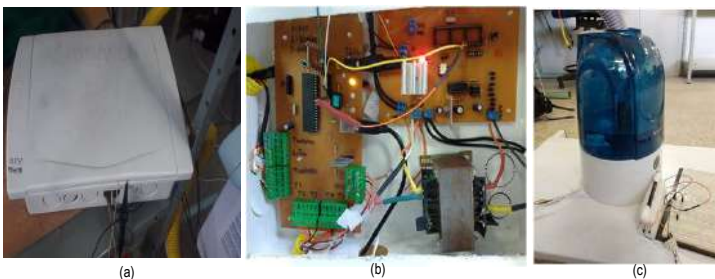


Figura 4 – (a) Armazenamento do Sistema; (b) Placas de circuito impresso; (c) Umidificador de Ar com LDR;

Com o hardware implementado foi possível obter os dados de temperatura e umidade da Incubadora em tempo real. A comunicação do microcontrolador com o computador foi realizada por meio do software MATLAB, no qual foi possível a plotagem de gráficos de resposta aos degraus dos parâmetros (figuras 5 e 6), contribuindo dessa forma para a formulação e implementação de técnicas de controle à incubadora.

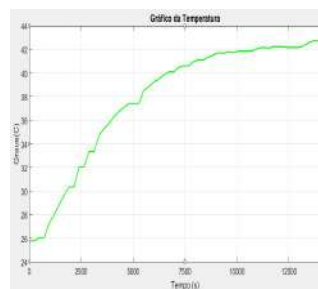


Figura 5 – Gráfico de Temperatura(°C) x Tempo(s).

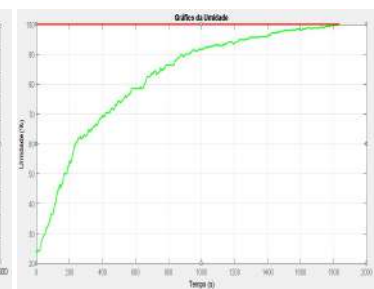


Figura 6 – Gráfico de Umidade(%) x Tempo(s).

Conclusão

De acordo com os testes de acionamento da Incubadora, o sistema mostrou-se satisfatório para a função desejada. A construção e implementação do sistema foi feita de forma cuidadosa, mantendo a isolamento e proteção dos circuitos, e contornando todos os eventuais erros de medição dos sensores. Dessa forma, o sistema possui uma importante contribuição para a formulação de técnicas de controle, oferecendo segurança na obtenção de dados e facilidade no manuseio da Incubadora.

Agradecimento

Agradeço à UFPI e a FAPEPI pelo apoio a pesquisa e a equipe do Grupo de Automação e Sistemas Inteligentes – GRASI pela dedicação ao projeto.

Referências

Associação Brasileira De Normas Técnicas (ABNT). 2014. Equipamento Eletromédico – Parte 2: Prescrições particulares para segurança e incubadoras de recém-nascidos, NBR IEX 60601-2-19. Rio de Janeiro.
 SILVADO, J. Incubadoras. Revista Médica de São Paulo / Jornal Prático de Medicina, Cirurgia e Higiene, São Paulo, v.6, n.7, p 1-10, abr. 1993.
 COSTA, E. J. L. Análise crítica de incubadoras neonatais a partir de medições de parâmetros dos ambientes interno e externo. Tese. João Pessoa: UFPB, 2009.
 OLIVEIRA FILHO, J. I.; ALMEIDA, O. M.; DE ARAÚJO JUNIOR, J. M. Desenvolvimento de Hardware de Controle e Validação para Incubadora Neonatal. In: XLV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - COBENGE, 2017, Joinville - SC.