



CBPF
CT
BRASIL

**Centro Brasileiro de
Pesquisas Físicas**

Rua Dr. Xavier Sigaud, 150 Rio de Janeiro, Brasil
Tel:(0xx21) 2141-7100 Fax:(0xx21) 2141-7400 CEP:22290-180

MESTRADO EM FÍSICA

PLANO DE TRABALHO

Mestrando: Fabricio Frizzera Borghi

INFLUÊNCIA DAS PROPRIEDADES DE PLASMAS REATIVOS, GERADOS POR LASERS PULSADOS E CONFINAMENTO MAGNÉTICO, NA PRODUÇÃO DE MATERIAIS NANOESTRUTURADOS EM FILMES FINOS DE APLICAÇÃO MÉDICA

1. Introdução

As ligas de titânio e alguns aços inoxidáveis austeníticos são usados mundialmente em procedimentos clínicos ortopédicos e odontológicos, para a substituição da parte mineral dos tecidos ósseos, devido as suas propriedades mecânicas e por serem materiais bioinertes. Apesar de intenso uso destes materiais, grandes esforços têm sido feitos nas duas últimas décadas para tornar a superfície desses materiais realmente biocompatíveis e bioativas. O recobrimento de metais ortopédicos com biomateriais, como a hidroxiapatita (HAP) [1], tem sido uma das opções utilizadas.

A maioria dos implantes comerciais recobertos com HAP utiliza a técnica de plasma spray (PS) para aderir a HAP à superfície do metal. Entretanto esta forma de recobrimento tem sido abandonada devido a sua resposta clínica insatisfatória. O recobrimento de PS é não homogêneo, não cristalino e contém múltiplas fases minerais, muitas delas tóxicas como o CaO. Sendo assim, outras técnicas de deposição que utilizam plasmas reativos confinados magneticamente como a pulverização catódica assistida por radiofrequência (*RF Magnetron Sputtering - RFMS*) [2, 3] e técnicas que utilizam plasmas reativos gerados por ablação a laser pulsado (ou Pulsed Laser Ablation Deposition -PLD) [4] surgiram como opções para a produção de filmes de HAP.

A proteção contra a corrosão em metais, alta dureza, resistência à abrasão e o baixo coeficiente de atrito do nitreto de carbono (CN_x) e do carbono como diamante (diamond like carbon- DLC) são propriedades atualmente aproveitadas no revestimento de partes de implantes cirúrgicos e *Stents* cardíacos pois, além disso, esses materiais são bioinertes.

A estequiometria, estrutura cristalina e reprodutibilidade dos filmes finos obtidos são as principais metas a serem alcançadas quando se utilizam as técnicas de deposição com plasmas gerados por lasers pulsados (PLD) ou confinados magneticamente (RFMS).

Os objetivos deste plano de trabalho estão embasados na produção de filmes finos e recobrimentos estequiométricos de materiais biocompatíveis tais como a

hidroxiapatita (HAP) pura ou dopada com elementos de interesse biológico como o flúor. Quando nanoestruturados em filmes finos, esses materiais possuem uma estrutura bidimensional (2D) com características físicas e químicas diversas dos materiais maciços (bulk) tridimensionais (3D). Estas características especiais têm aplicações em biomateriais que induzem a adesão e o crescimento ósseo (HAP) na superfícies de implantes metálicos de aplicação médica e odontológica ou por outro lado impedem a fixação e formação de coágulos como o DLC.

2. Objetivos

O objetivo deste plano de trabalho é comparar as propriedades físicas dos filmes finos de interesse biotecnológico obtidos por técnicas de deposição que geram plasmas reativos de alta densidade (tanto por ablação a laser como por magnetron sputtering) e correlacioná-las com as propriedades físicas e químicas desses plasmas. Para se obter essas propriedades durante a deposição (in-situ) serão adaptados às câmaras de vácuo os seguintes instrumentos já existentes: sondas de Langmuir, copos de Faraday, um espectrômetro ótico e um analisador de gases residuais (RGA). Ainda se pretende desenvolver um sistema de medidas de espectroscopia ótica induzida por laser (*laser induced breakdown spectroscopy* - LIBS), para a caracterização química dos filmes obtidos.

Para se alcançar este objetivo será necessário aprimorar a instrumentação existente e controlar os parâmetros de deposição, como a atmosfera da câmara de vácuo, a pressão parcial dos gases presentes a temperatura dos substratos, a geometria da deposição, a potência e a frequência da energia eletromagnética utilizada para a geração dos plasmas, entre outros. Esses parâmetros de deposição modificam as propriedades físicas e químicas do plasma tais como: o seu espectro de emissão ótica; as temperaturas e densidades eletrônicas e iônicas; o livre caminho médio das partículas e a sua função de distribuição de energia eletrônica.

A determinação experimental das propriedades dos plasmas e sua comparação com modelos teóricos numéricos serão metas a serem alcançadas para o cumprimento dos objetivos deste projeto.

Um importante resultado a ser esperado deste plano de trabalho será a determinação de protocolos de produção de filmes e a determinação de quais parâmetros físicos de reprodutibilidade (fingerprints) podem ser usados para o controle da reprodutibilidade dos filmes.

3. Metodologia

Para a realização deste plano de trabalho serão utilizados dois sistemas existentes: um de ablação a laser pulsado (PLD) e outro de RFMS. Além disso, será montado um novo sistema protótipo de PLD com mais recursos e pressão de base de vácuo menor que o existente. Os sistemas estão em funcionamento nos laboratórios dos membros do grupo de pesquisa de Superfícies e Nanoestruturas. Tanto o sistema RFMS quanto o PLD estão operacionais, mas continuam em fase de desenvolvimento, aprimoramento e automatização.

A primeira parte do plano de trabalho deverá ser a montagem do novo sistema e a adaptação da instrumentação para a realização das medidas dos parâmetros físicos e químicos dos plasmas durante as deposições. Um analisador de gases residuais será também usado para determinar a atmosfera residual das câmaras de deposição. Concomitantemente, o bolsista se familiarizará com as técnicas de deposição de filmes por PLD e RFMS, mais a instrumentação necessária para a sua aplicação.

Na segunda parte deste plano de trabalho, deposições de filmes finos de biomateriais em substratos de silício e titânio deverão ser efetuadas para a avaliação das taxas de deposição e caracterização estrutural dos filmes obtidos. Estruturalmente, estes filmes serão caracterizados por difração de raios X (DRX), espectroscopia de infravermelho por transformada de Fourier (FTIR), microscopia eletrônica de varredura (SEM), microscopia de força atômica (AFM) no CBPF. Espera-se ainda ser possível a análise química elementar por *laser induced breakdown spectroscopy* - LIBS

Na terceira fase deste plano trabalho, o bolsista deverá poder caracterizar as propriedades dos plasmas gerados e correlacioná-los com os parâmetros de deposição dos filmes. Os dados levantados serão ajustados com modelos numéricos e comparados com os resultados das caracterizações dos filmes obtidos.

Palavras-chave: 1) plasmas térmicos tecnológicos ; 2) ablação a laser pulsado
3) RF magnetron sputtering;; 4) filmes finos nanoestruturados; 5) biomaterias;
6);hidroxiapatita; 7) instrumentação 8) diamond like carbon; 10) nitreto de carbono

4. Conclusão

A execução deste plano de trabalho deverá proporcionar ao Mestrando o desenvolvimento de seus conhecimentos básicos na aplicação à física de plasmas tecnológicos, processos de crescimento de filmes finos, física dos gases rarefeitos, propriedades de plasmas térmicos gerados por ablação a laser pulsado e magnetron sputtering, instrumentação científica, biomateriais e caracterização estrutural e química de superfícies e nanoestruturas.

5. Referências

1. DUCHEYENE, P., QIU, Q. Bioactive ceramics. The effect of surface reactivity on bone formation and bonecell function. *Biomaterials* 20, (1999). 2287-2303.
2. A MELLO, et al. Osteoblast proliferation on hydroxyapatite thin coatings produced by right angle magnetron sputtering *Biomedical Materials*. 2, (2007) 67–77

3. A. MELLO et al, Nanometer Coatings of Hydroxiapatite Characterized by Glancing-Incidence X- ray Diffraction. Key Engineering Materials, v. 396-39, (2009). p. 369-372,.
4. JOANNI, et al, a Pulsed Laser Deposition of SiO₂- P₂O₅ - CaO - MgO Glass Coatings on Titanium Substrates, Materials Research, 7,(3), (2004). 431-436.
5. J.G. HAN, Recent progress in thin film processing by magnetron sputtering with plasma diagnosis, Journal of physics D: Applied Physics. **42** (2009) 043001 (16pp)

Fabício Borghi
Mestrando



Alexandre Mello de Paula Silva
Orientador

Rio de Janeiro, 03 de fevereiro de 2010