



AValiação Numérica de Grampos RPI via Método dos Elementos Finitos

Fabrcio Noronha Gomes Pereira

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Av. Dom José Gaspar, 500 – 30535-610 – Belo Horizonte, MG, Brasil
briciomec@hotmail.com

Rafael Monteiro Barbosa

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Av. Dom José Gaspar, 500 – 30535-610 – Belo Horizonte, MG, Brasil
rafamonteiro@bol.com.br

Jánes Landre Júnior D.Sc.

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Av. Dom José Gaspar, 500 – 30535-610 – Belo Horizonte, MG, Brasil
janes@pucminas.br

Paulo Roberto Gomes do Nascimento

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Av. Dom José Gaspar, 500 – 30535-610 – Belo Horizonte, MG, Brasil
gomesprn@ig.com.br

Arnaldo Orácio Pereira M.Sc.

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Av. Dom José Gaspar, 500 – 30535-610 – Belo Horizonte, MG, Brasil
janes@pucminas.br

Resumo. *O método dos elementos finitos desde sua criação tem possibilitado a avaliação de sistemas complexos, sejam eles nas áreas da engenharia ou recentemente na área da bioengenharia. Na área da prótese odontológica, o conhecimento do comportamento mecânico das próteses torna-se essencial, porém o profissional responsável pelas definições da geometria muitas vezes conta apenas com sua experiência e com os modelos consagrados. O objetivo deste trabalho é avaliar a melhor configuração para construção de grampos RPI, usando o método de Elementos Finitos. Para esta avaliação foram montadas configurações distintas, sendo feitas variações na altura da haste posterior e na inclinação do braço externo do RPI. Para cada montagem foi realizada uma análise por elementos finitos. Tendo em mãos estes resultados foi feita uma comparação, para que fosse então encontrada a configuração que melhor atendesse as necessidades para qual o RPI é utilizado. A análise para determinação da melhor configuração teve como base os deslocamentos causados em pontos pré-determinados. Os deslocamentos obtidos nas montagens foram comparados através de gráficos dos deslocamentos. Comparando os resultados obtidos de cada análise, foi possível identificar a influência causada pelas alterações nas configurações e daí encontrar a configuração que mais se adequasse.*

Palavras-chave: *Elementos Finitos, PPR, Avaliação Numérica*

1. INTRODUÇÃO

A evolução da matemática em conjunto com os meios computacionais, disponibilizou às mais diversas ciências a possibilidade de avaliar numericamente qualquer mecanismo antes mesmo que este esteja construído.

Com o crescente desenvolvimento e popularização da modelagem numérica, seu uso extrapolou as ciências exatas passando a ser usada também nas ciências que compreendem a área da saúde, como por exemplo, nos estudos de odontologia. Além da área da ortodontia, áreas como periodontia e prótese tem feito uso da modelagem numérica para avaliação e solução de problemas clínicos.

No campo de próteses dentárias, as parciais removíveis têm se apresentado como uma alternativa à restauração estética de pacientes que, por um motivo ou outro, sofreram a perda de um ou um conjunto de dentes como mostrado em Graber et al (1996).

O grande problema que a odontologia tenta resolver é a possibilidade de confecção de próteses parciais removíveis que para suprir a falta de algum dente pode levar a perda de outros.

Diante da grande variedade de modelos de próteses que estão disponíveis, destacam-se as que possuem os chamados grampos RPI como elementos ancoradouros aos dentes artificiais. O grampo RPI utilizado como base para a obtenção do modelo gráfico é apresentado na Fig. (1) como mostrado em Graber et al (1996).

Partindo da condição que os diversos elementos estruturais podem tomar posições distintas, dando origem aos diversos modelos de RPI, existe no meio odontológico dúvidas sobre a real superioridade de um modelo em relação ao outro.

Neste trabalho são avaliados os comportamentos de nove configurações distintas de grampo RPI, usando para isso o deslocamento da estrutura quando da ação das forças mastigatórias.

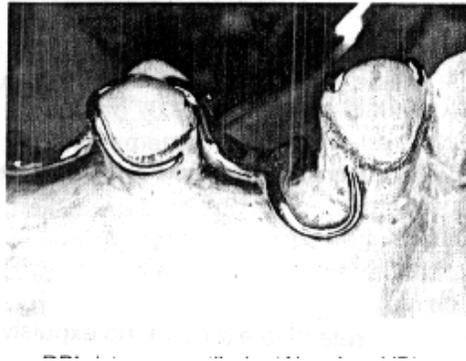


Figura 1

2. METODOLOGIA

Como o objetivo do trabalho é avaliar o comportamento dos grampos RPI em suas diversas configurações, procurou-se eliminar o maior número de variáveis que pudessem impedir tal avaliação, porém atentando para que as simplificações efetuadas não comprometessem o desempenho da estrutura que se queria avaliar.

Diante dessa condição e de posse dos trabalhos (Andrews,1972 e Jager, 1991), que apresentam cada uma das configurações e mostram claramente que a escolha por cada um dos arranjos é pessoal e baseada na experiência de cada profissional, assim como as dimensões de seção transversal ficam a cargo da sensibilidade do profissional que as confeccionará, tomou-se como parâmetro de análise usar o mesmo material para as nove configurações, bem como a seção transversal e imposição dos carregamentos.

Para a modelagem deste grampo, foi usado o elemento Beam, que como conhecido da literatura é formado por dois nós, sendo que cada um com seis graus de liberdade, três de translação e três de rotação.

Partindo da condição que as variáveis material e seção transversal dos elementos não seriam diferentes para cada uma das montagens, porém por motivos matemáticos e assim viabilizar a solução por elementos finitos, o material usado foi o Aço Inox e a seção transversal igual a unidade, o que possibilitou adimensionalizar os resultados.

2.1. Obtenção do Formato do Grampo RPI

Para a obtenção dos deslocamentos das próteses parciais removíveis, nas diversas configurações de RPI, o desenvolvimento dos modelos gráfico seguiu etapas distintas conforme relatado a seguir.

Inicialmente todos os arranjos dos grampos RPI foram reproduzidos em ambiente gráfico, a partir de figuras esquemáticas, da vista superior (oclusal), vista de frente (vestibular) e vista lateral direita (proximal) do grampo, que podem ser observadas na Fig. (2).

Como base para a obtenção de diferentes configurações dos grampos RPI foram utilizados os princípios fundamentais necessários para que um grampo atenda plenamente a sua finalidade, segundo Andrews et al (1972).

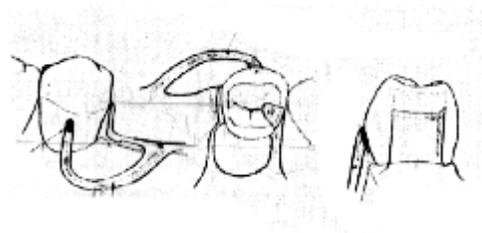


Figura 2

De posse dos desenhos, esses foram exportados para um software de análise por elementos finitos, o ALGOR. A representação gráfica da estrutura base, obtida já inserida no software de análise é representada na Fig. (3a), sendo os pontos numerados os pontos onde serão observados seus deslocamentos, e a Fig. (3b) identifica as diversas partes que compõem o grampo RPI e que são alvo das mudanças para posterior comparação.

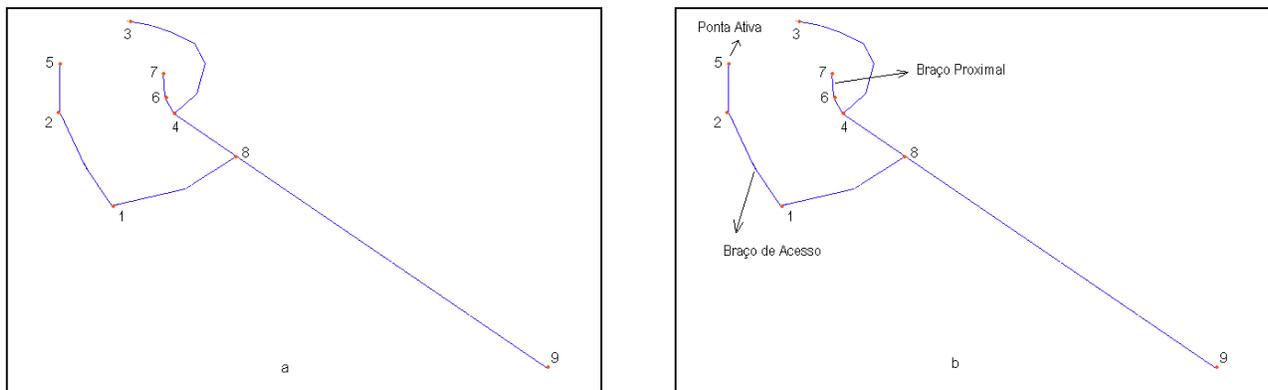


Figura 3. Representação gráfica do grampo RPI, com marcação de pontos de estudo

2.2. Obtenção das Configurações para Estudo

Para possibilitar a comparação das diversas posições de confecção dos grampos RPI, os nove modelos distintos foram criados para possibilitar uma comparação mais ampla dos diversos arranjos. Para a comparação foi criado um modelo base, onde as dimensões e posição base dos diversos elementos da prótese seguiu as definições de Graber et al (1996), podendo ser observado na Fig. (4), onde é mostrado o modelo em elementos finitos.

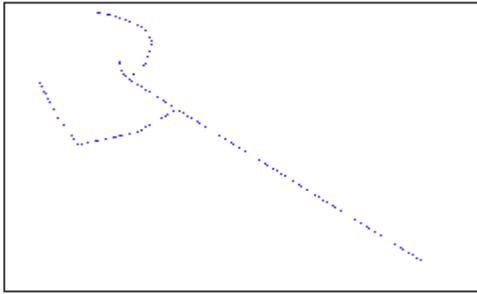


Figura 4. Representação gráfica em elementos finitos construídos em elementos Beam

De posse desse modelo base foram criados os demais, onde as modificações se resumiram na posição de tamanho do braço proximal posterior e posição da ponta ativa, sem alteração do braço de acesso.

A *configuração A*, foi usada como configuração *base* por não possuir alteração no braço proximal, extremidades pontos 6 e 7, local onde foram feitas algumas das alterações para criação das nove montagens. Uma das alterações no braço proximal, foi à redução de seu comprimento para 50% do valor da configuração *base*, como mostrado na *configuração B*, Fig. (5a). Outra variação é apresentada na Fig. (5b), que se baseia em uma nova redução de 50% do comprimento do braço proximal em relação a *configuração B*.

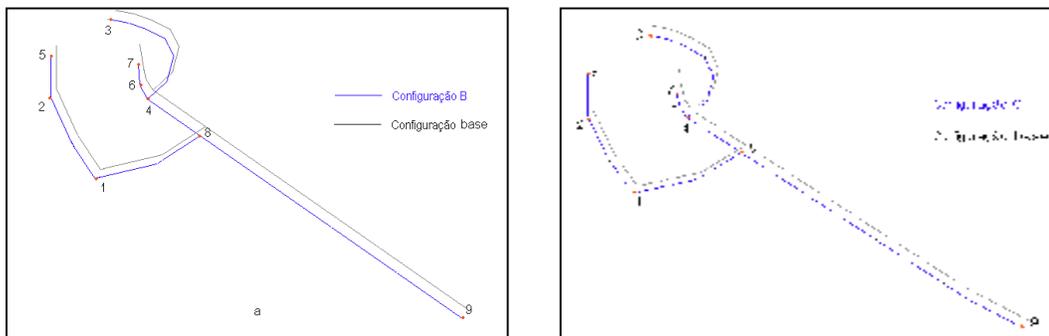


Figura 5. Modificações na estrutura

Já as modificações na ponta ativa, foram feitas modificando a posição de contato da mesma, sendo esta deslocada para frente (sentido mesial) até a máxima posição que mantinha contato com o dente, sem aumento ou diminuição do braço, identificada como *posição II* e para o deslocamento no sentido oclusal, nas mesmas condições, sendo identificada como *posição III*, como pode ser observado na Fig. (6), onde as configurações apresentaram a mesma numeração, sendo esta de número 5. A configuração na posição original é identificada como *posição I*.

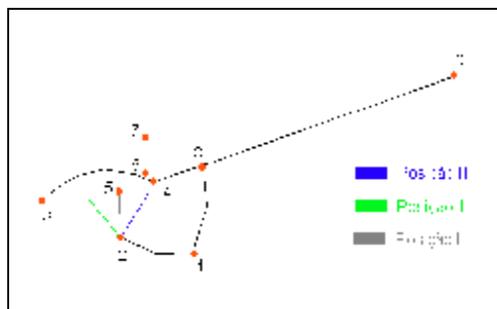


Figura 6. Modificações na configuração da estrutura: *posição II* e *posição III*

A partir das duas modificações na estrutura, foram montadas nove configurações distintas conforme mostrado na Tab. (1).

Tabela 1. Combinações geradas para as diversas configurações

Configuração 1	RPI + <i>posição I</i> + Configuração A
Configuração 2	RPI + <i>posição I</i> + Configuração B
Configuração 3	RPI + <i>posição I</i> + Configuração C
Configuração 4	RPI + <i>posição II</i> + Configuração A
Configuração 5	RPI + <i>posição II</i> + Configuração B
Configuração 6	RPI + <i>posição II</i> + Configuração C
Configuração 7	RPI + <i>posição III</i> + Configuração A
Configuração 8	RPI + <i>posição III</i> + Configuração B
Configuração 9	RPI + <i>posição III</i> + Configuração C

2.3. Análise por Elementos Finitos

Para cada configuração foi feita uma análise individual, porém para se obter um critério de avaliação foi tomado pontos distintos que possibilitariam fazer uma comparação global.

Os pontos tomados para estudo foram as extremidades da estrutura, que para possibilitarem a identificação dos deslocamentos foram usados apoios elásticos para os seis graus de liberdade, ou seja nas três translações e nas três rotações. Os pontos usados na avaliação estão mostrados na Fig. (7).

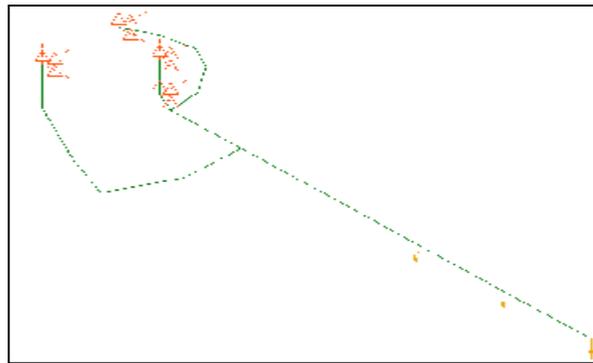


Figura 7. Representação das restrições e forças aplicadas

As forças mastigatórias foram simuladas conforme esquema mostrado pela Fig. (7). Estas forças foram aplicadas de forma a simular os esforços de mastigação o mais próximo da realidade possível, enquanto que os deslocamentos para cada um dos pontos tomados para estudo são apresentados nas Tab. (2, 3 e 4)

Tabela 2. Módulo dos deslocamentos configuração *posição A*, deslocamento em milímetros(mm)

	I	II	III
ponto 1	0,14801	0,12123	0,19771
ponto 3	0,05072	0,05030	0,05736
ponto 5	0,07528	0,06720	0,08575
ponto 6	0,06584	0,06023	0,07386
ponto 7	0,05089	0,05267	0,05204
ponto 8	0,17698	0,15008	0,21822
ponto 9	0,64221	0,52748	0,81707

Tabela 3. Módulo dos deslocamentos configuração *posição B*, deslocamento em milímetros(mm)

	I	II	III
ponto 1	0,15307	0,12089	0,21383
ponto 3	0,05398	0,04696	0,06222
ponto 5	0,07143	0,06432	0,08100
ponto 6	0,07200	0,06421	0,08286
ponto 7	0,05892	0,05351	0,06537
ponto 8	0,19088	0,15570	0,24383
ponto 9	0,70145	0,55166	0,92771

Tabela 4. Módulo dos deslocamentos configuração *posição C*, deslocamento em milímetros(mm)

	I	II	III
ponto 1	0,28292	0,22410	0,40322
ponto 3	0,05877	0,05155	0,06785
ponto 5	0,06785	0,05935	0,08015
ponto 6	0,16098	0,13921	0,19494
ponto 7	0,14678	0,13049	0,16982
ponto 8	0,36458	0,29220	0,48279
ponto 9	1,25119	0,96230	1,72655

Para uma melhor comparação entre as diversas configurações foi usada a razão entre cada um dos deslocamentos em função do maior deslocamento obtido, para cada direção. Foram também estudadas as razões obtidas entre os diversos deslocamentos com o obtido no ponto 9 do modelo, assim escolhido por ser a haste por onde é fixado o grampo RPI nas próteses.

Para uma melhor elucidação das comparações foram confeccionados gráficos para cada um dos estudos, apresentados nas Fig. (8, 9 e 10), onde se pode observar as mudanças nos deslocamentos.

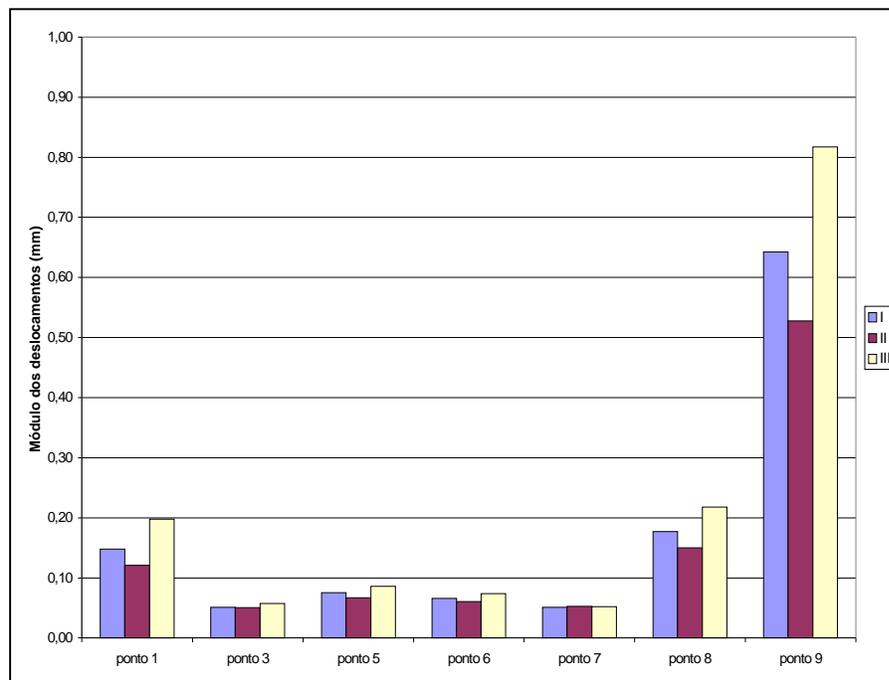


Figura 8. Deslocamentos para configuração *posição A* e suas variações para cada ponto

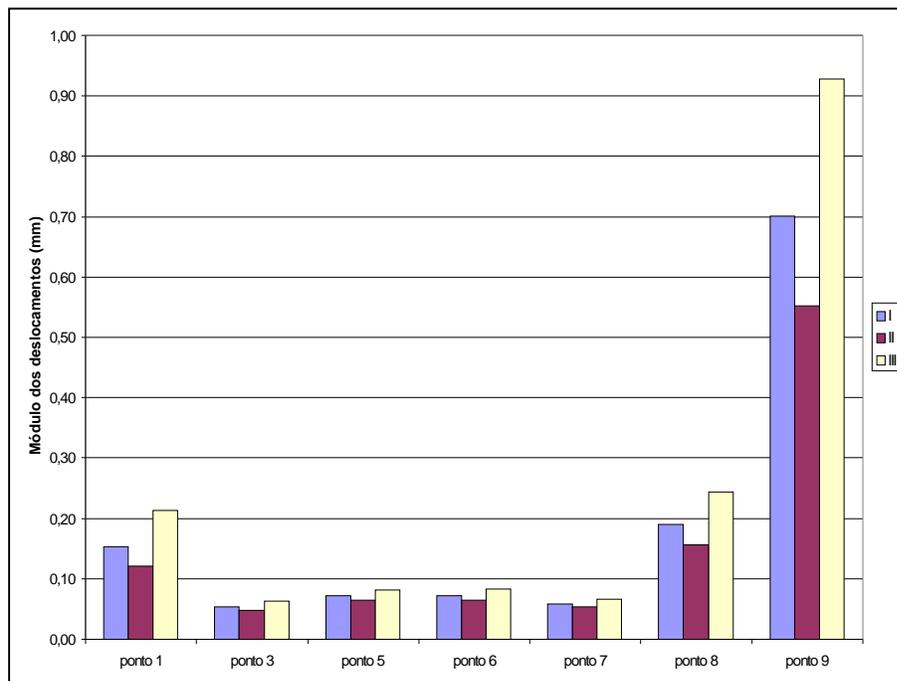


Figura 9. Deslocamentos para configuração *posição B* e suas variações para cada ponto

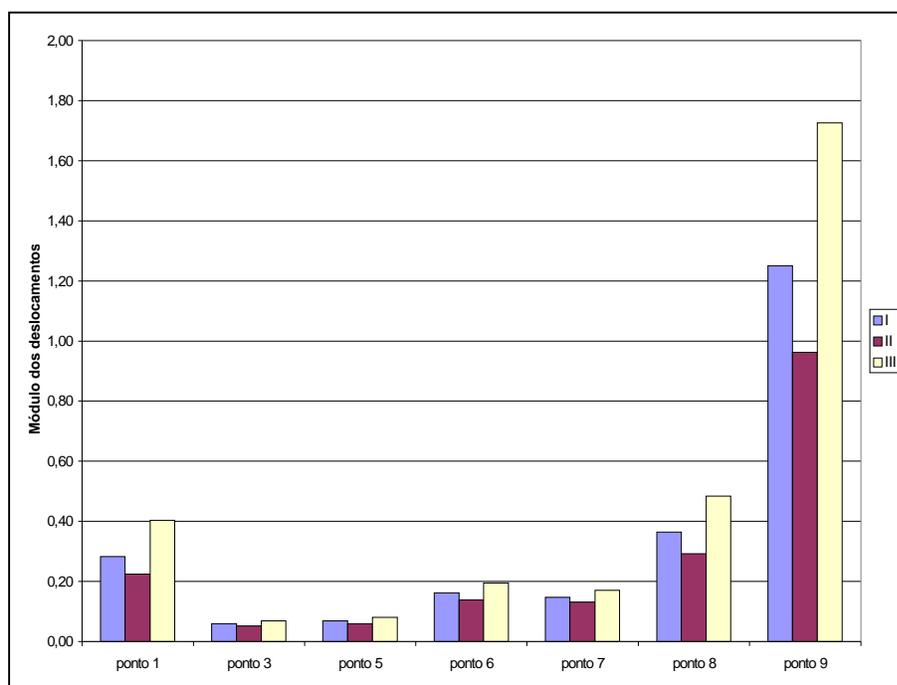


Figura 10. Deslocamentos para configuração *posição C* e suas variações para cada ponto

3. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos com a modelagem por elementos finitos, verifica-se a eficiência da aplicação da área numérica nas avaliações de próteses dentárias por possibilitar a identificação dos esforços nos dentes considerados pilares, ou apoios.

Em função dos resultados comparativos entre as diversas configurações de prótese RPI, verifica-se que o arranjo RPI + *posição II* + *Configuração B* demonstrou o melhor comportamento, já que os deslocamentos apresentados são os menores produzindo com isto os menores esforços nos dentes

pilares e assim minimizando os efeitos decorrentes do uso de prótese, ou seja a perda dos dentes usados como pilares.

Esta conclusão foi obtida através da comparação das forças aplicadas sobre os dentes, sendo estas obtidas através do deslocamento angular causado pelo deslocamento do ponto em estudo. Levando este fator em consideração foi possível encontrar a montagem acima citada que gerou o menor impacto sobre a estrutura dentária.

4. REFERÊNCIAS

Andrews, L.S., 1972, "Six Keys to Normal Occlusion", AM J Orthod

Jager, K. and Dietrich, H., 1991, "Measuring Masticatory Forces with Strian Gages", RAM, Vol. 7, No. 2

Graber, T.M. and Vanarsdall, R.L., 1996, "Ortodontia Princípios e técnicas atuais", Guanabara Koogan, 2ª Edição, Rio de Janeiro

Proffit, W.R., 1995, "Ortodontia Contemporânea", Guanabara Koogan, 2ª Ed , Rio de Janeiro

Cook, Malkus and Plesha, 1990, "Concepts and Applications of Finite Element Analysis", Mac Millan Publish Co.

NUMERICAL EVALUATION OF STAPLES RPI BY FINITE ELEMENTS METHOD

Fabício Noronha Gomes Pereira

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Av. Dom José Gaspar, 500 – 30535-610 – Belo Horizonte, MG, Brasil
briciomec@hotmail.com

Rafael Monteiro Barbosa

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Av. Dom José Gaspar, 500 – 30535-610 – Belo Horizonte, MG, Brasil
rafamonteiro@bol.com.br

Jánes Landre Júnior D.Sc.

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Av. Dom José Gaspar, 500 – 30535-610 – Belo Horizonte, MG, Brasil
janes@pucminas.br

Paulo Roberto Gomes do Nascimento

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Av. Dom José Gaspar, 500 – 30535-610 – Belo Horizonte, MG, Brasil
gomesprn@ig.com.br

Arnaldo Orácio Pereira M.Sc.

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Av. Dom José Gaspar, 500 – 30535-610 – Belo Horizonte, MG, Brasil
janes@pucminas.br

Abstract. *The finite elements method from its creation has been facilitating the evaluation of complex systems, be them in the areas of the engineering or recently in the area of the bioengineering. In the area of the prosthesis odontology, the knowledge of the mechanical behavior of the prostheses becomes essential, even so the responsible professional for the definitions of the geometry many times it just counts with its experience and with the consecrated models. The objective of this work is to evaluate the best configuration for construction of staples RPI, using the method of Finite Elements. For this evaluation they were mounted different configurations, being made variations in the height of the posterior stem and in the inclination of the external arm of RPI. For each assembly an analysis was accomplished by finite elements Tends in hands these results it was made a comparison, so that it went then found the configuration that best assisted the needs for which RPI is used. The analysis for determination of the best configuration had as base the displacements caused in pre-certain points. The displacements obtained in the assemblies were compared through graphs of the displacements. Comparing the obtained results of each analysis, it was possible to identify the influence caused by the alterations in the configurations and of there to find the configuration that more if it adapted.*

keyword: RPI, Finite Elements, Numeric Evaluation, Partial Prosthesis