

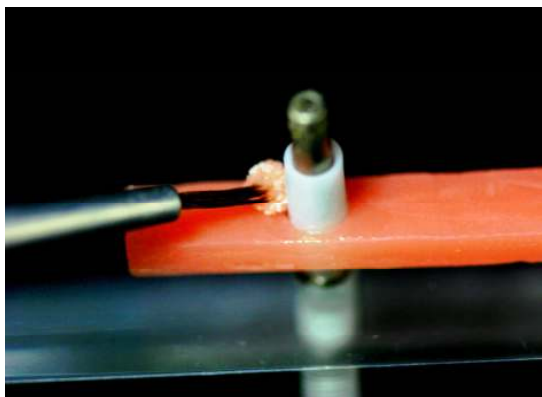


Figura 20 - Fixação da barra com o UCLA utilizando RAAQ.

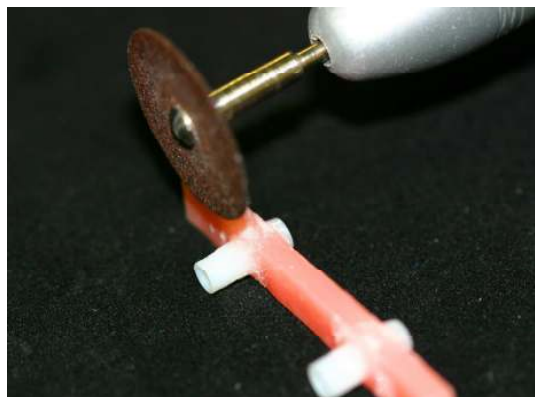


Figura 21 – Recorte do excesso do pilar acima da barra.

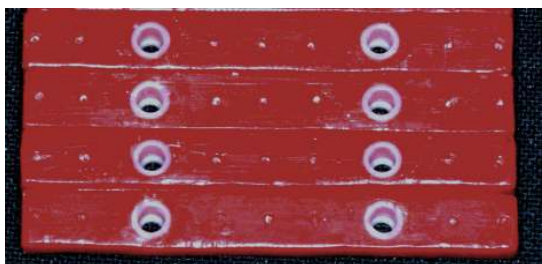


Figura 22 – Matriz para fundição.

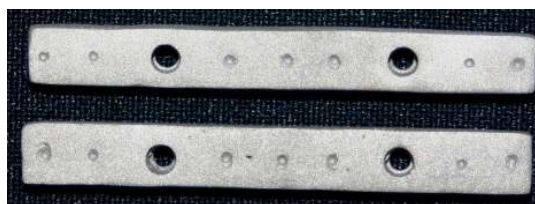


Figura 23 – As barras metálicas (BM), obtidas após a fundição.

O conjunto pilares/barra foram fundidos no laboratório da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia seguindo precisamente todas as instruções dos fabricantes relativas aos materiais e métodos necessários para a obtenção de peças metálicas, pelo método laboratorial da cera perdida (Anusavice, 2005). A liga utilizada para a fundição foi à base de Ni-Cr (Durabond MS, Marquart Simoneti, São Paulo, Brasil). Das quatro barras obtidas, após a fundição, selecionou-se duas que foram polidas e finalizadas para serem aparafusadas sobre dois implantes (Impl. Master Screw 3,75 x 13,0 mm Ti/Conexão Sistemas de Prótese, São Paulo, Brasil) inseridos na base mestre, compondo o conjunto do modelo mestre (base mestre com BM₁ e BM₂).

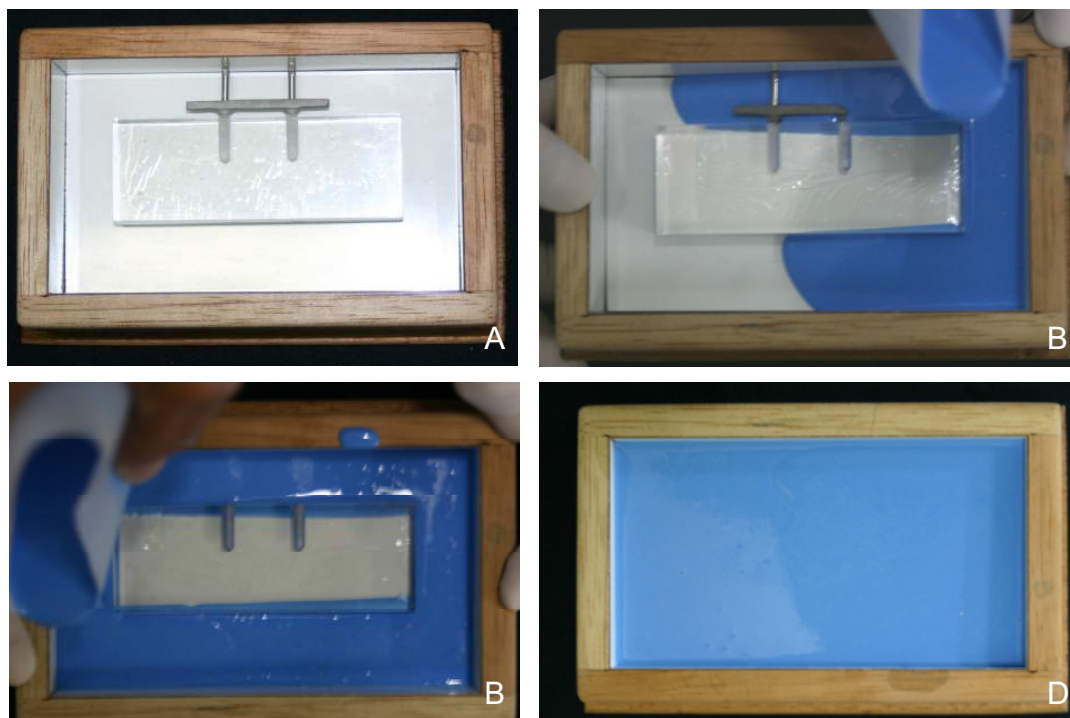
4.2.4 - Confeção das Matrizes de Silicone

As matrizes ou molde de silicone (cópia negativa do modelo mestre) serão utilizadas para obtenção dos modelos fotoelásticos confeccionadas em resina epóxi conforme descrito no próximo item (4.2.5).

No fundo de uma caixa de madeira revestida em fórmica (Badaró-Filho, 2004), o conjunto base mestre, barra metálica e parafuso de trabalho foi fixado com fita adesiva dupla face (3M, Sumaré, SP, Brasil) (figura 24) . Essa caixa foi preenchida com silicone (Borracha Silicone ASB-10 azul-base, lote 15500 e o Catalisador para Borracha A/Br, lote 7697 - Polipox Indústria e Comércio Ltda. - São Paulo, Brasil) (figuras 25) (Oliveira et al., 2004) devidamente manipulada, seguindo as orientações do fabricante.

Teve-se o cuidado de se utilizar o parafuso de trabalho (componente de moldagem para moldeira aberta para implantes regulares, hexágono externo, Conexão Sistemas de Prótese, São Paulo, Brasil) que é mais longo, mantendo sua extremidade em contato com uma das paredes da caixa, facilitando, assim, o desaparafusamento da barra do modelo, depois da presa do silicone. Esse processo foi repetido por duas vezes, uma vez que foram confeccionados apenas dois moldes.

A quantidade proporcionada foi cuidadosamente manipulada e vertida na caixa para evitar a incorporação de bolhas, como mostram as Figuras 25 A, B, C, D aguardando-se um período de 24 horas, tempo necessário para a presa final do silicone. Com chaves hexagonais 1,17 (Conexão Sistemas de Prótese, São Paulo, Brasil) utilizadas para desaparafusar o parafuso de trabalho, solta-se a barra, permitindo a remoção da base mestre, deixando a sua impressão negativa, permanecendo a barra metálica presa no interior do molde de silicone (figura 26).



Figuras 25 (A,B,C,D) – Sequência da obtenção do molde de silicone.



Figura 26 - Molde em silicone com a base mestra.

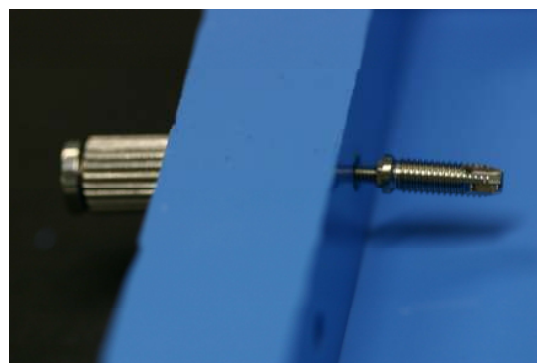


Figura 27 - Implantes sendo posicionados no interior do molde

4.2.5 - Obtenção dos Modelos Fotoelásticos

Dois implantes tipo Hexágono Externo de 3,75mm de diâmetro e 13,0mm de comprimento, (Master Screw – Conexão Sistemas de Prótese, São Paulo, São Paulo, Brasil) foram aparafusados com chaves hexagonais 1,17 (Conexão Sistemas de Prótese, São Paulo, Brasil) à barra metálica, através de seus pilares, (figura 27) com

parafusos de pilar hexagonais (Conexão Sistemas de Prótese, São Paulo, Brasil) torqueados com 20N/cm utilizando um torquímetro (figura 7) (Conexão Sistemas de Prótese, São Paulo, Brasil).

A resina fotoelástica utilizada neste estudo [adesivo brinde flexível (componente A, base; componente B, catalisador), lote 14597, (Polipox Indústria e Comércio Ltda, São Paulo, Brasil)] (figura 11), na proporção de 100 pp do componente A para 50 pp do componente B preconizada por Oliveira et al. (2004). Neste procedimento, para obtenção das modelos fotoelásticos, para cada molde de silicone foram proporcionados 10,0 ml de base e 5,0 ml de catalisador da resina em um recipiente de vidro escalonado em milímetros. Adicionamos os dois componentes em um Becker e esta foi feita cuidadosamente para evitar bolhas por um tempo total de quinze minutos (Oliveira et al., 2004). Decorrido este tempo, a resina foi vertida nos moldes. Aguardaram-se 24 horas a uma temperatura de 25°C em estufa (Odontobrás 1.1, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil), para a polimerização da resina e a retirada dos modelos fotoelásticos e das barras do interior dos moldes de silicone. Estes modelos obtidos, constituem modelos distorcidos do protótipo (mandíbula), conforme a Teoria da Similitude (Murphy, 1950). Esta teoria define a utilização de modelos, dispositivos tão relacionados com o sistema físico que, observações feitas no modelo podem prever, com precisão, o desempenho do sistema físico em todos seus aspectos. O sistema físico para o qual as previsões serão feitas é chamado de protótipo. Segundo esta teoria os modelos mais usados são os denominados *dissimilares* que, como essa situação, não apresentam uma relação direta entre o modelo e o protótipo (Murphy, 1950),

Os dois moldes foram vazados simultaneamente para evitar alterações das propriedades da resina, uma vez que este material é altamente sensível à dosificação dos componentes (base/catalisador) e à manipulação.

Para sua padronização, os dois modelos foram numerados em corpos-de-prova 1 e 2 (CP₁ e CP₂) no lado esquerdo do modelo enquanto ele ainda estava dentro do molde (figura 28) e posteriormente retirado dele (figura 29).



Figura 28 – Modelos fotoelásticos polimerizados dentro de seus moldes.



Figura 29 - Modelo fotoelástico

O modelo foi levado ao polariscópio a fim de se verificar a possível presença de tensões residuais decorrentes de um processo denominado “efeito de borda” (Dally & Rile, 1978). Na figura 30 está mostrado um desses modelos posicionados no polariscópio. Pode-se observar que não houve aparecimento de nenhuma franja, indicando não haver tensões residuais.

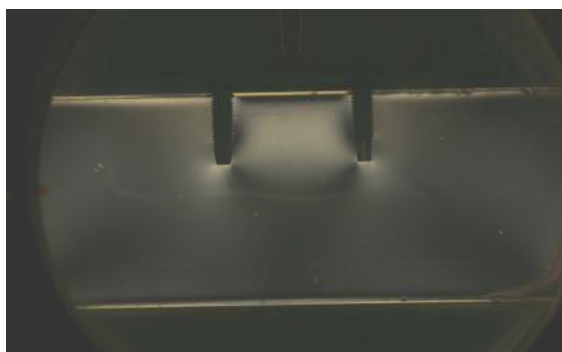


Figura 30 - CP₁ sem presença de franjas

É importante destacar que o material fotoelástico utilizado no presente trabalho para análise dos modelos possui resposta ótica. Esses materiais devem

apresentar características indispensáveis tais como: ser transparente, homogêneo, isotrópico e livre de tensões residuais, apresentar boa resposta óptica, ter características lineares e baixo custo, não exibir fluência nem efeito de borda, apresentar grande módulo de elasticidade, apresentar facilidade de usinagem e sua constante ótica ($K\sigma$) não deve se alterar com a temperatura (Oliveira & Gomide, 1990). Porém, as deformações admitidas pelo mesmo são pequenas, resultando em faixas operacionais de aplicação de cargas com baixos valores. Um inconveniente deste material é que ele deve ser trabalhado em um prazo máximo de 48 horas sob risco de ocorrer tensões residuais.

4.2.6 - Confecção das Barras de Resina Acrílicas (BR)

As infra-estruturas acrílicas ou Barras Resina (BR), foram obtidas prensando RAAQ Vipi Flash cor rosa, (Dental Vip Ind. e Com. Produtos Odontológicos, Pirassununga, SP, Brasil) (figura 31). Após 3 horas, a mufla foi aberta e as BR foram removidas, processadas e polidas (Anusavice, 2005)(figura 32) Duas foram selecionadas e instaladas aos pilares UCLA e aparafusadas aos dois implantes que se encontravam no modelo fotoelástico, como será descrito no tópico 4.2.4.

Optou-se em construir as BR diretamente sobre o modelo já pronto devido a utilização mínima de resina acrílica para sua união e pouca alteração dimensional que isso causaria. Além disso, a preocupação de se fazer os ensaios de duas barras diferentes (BM e BR) sobre o mesmo modelo fotoelástico foi evidente, diminuindo, assim as interferências nos resultados que isso pudesse causar se fossem feitos um modelo para cada barra.

Dois pilares tipo UCLA Titânio Rotacionais, Hexágono Externo 3,75 x 4,0 de diâmetro (Conexão Sistemas de Prótese, São Paulo, São Paulo, Brasil) foram aparafusados nos dois implantes do modelo fotoelástico (figura 33). A barra de resina acrílica ativada quimicamente da cor rosa teve seus orifícios encaixados nos pilares UCLA, livres de qualquer tensão, uma vez que seus diâmetros eram maiores que o diâmetro do UCLA.

Utilizando-se da mesma resina da confecção da barra, o pilar foi unido a barra com o mínimo de resina necessária para apreendê-lo (figura 34).

Depois de terminada a polimerização, a barra foi desparafusada do modelo para que o excesso do pilar fosse cortado no nível da face superior da barra e depois executado o acabamento e polimento de cada peça (figuras 35).

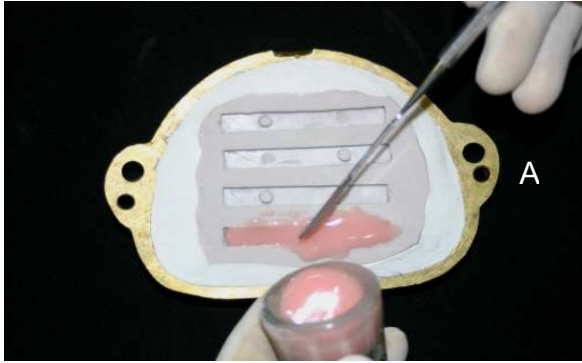


Figura 31 - Resina acrílica ativada quimicamente na cor rosa sendo incluída em mufla;

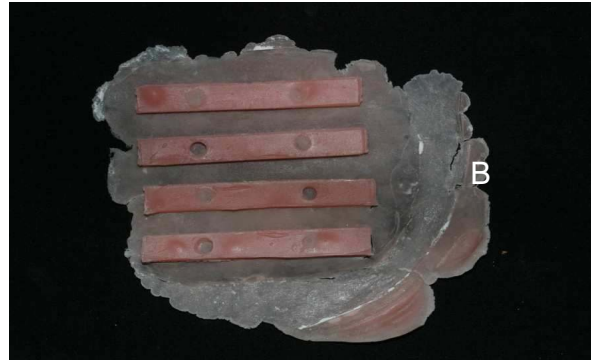


Figura 32 - Barras de resina prensadas.

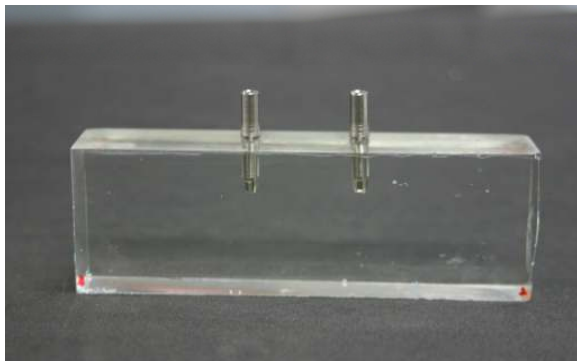


Figura 33 – Pilares UCLA aparafusados aos implantes do modelo fotoelásticos.

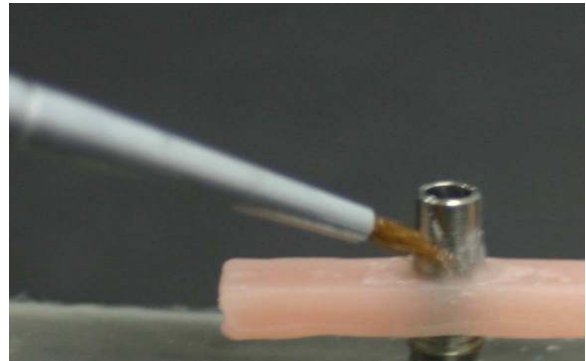
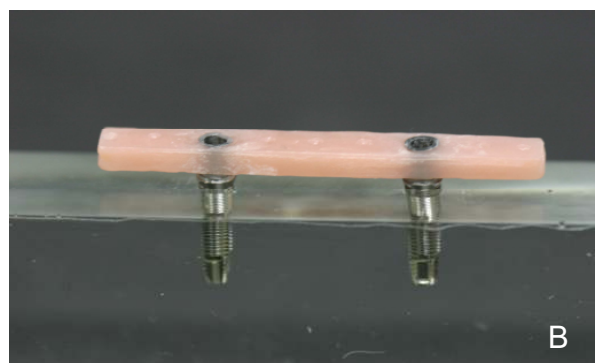
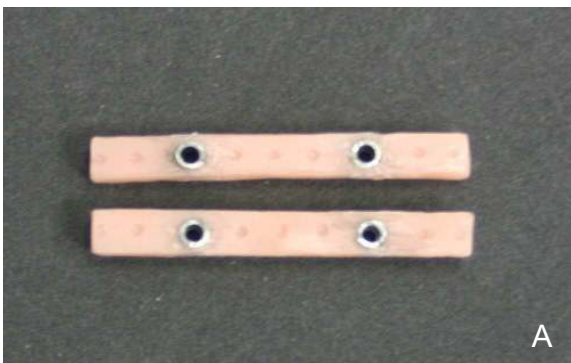


Figura 34 – BR sendo afixada com RAAQ ao pilar UCLA aparafusado ao implante do modelo fotoelástico.



Figuras 35 A e B – Barra de resina finalizada

4.2.7 - Execução dos testes

Para a aplicação da carga utilizou-se uma máquina de ensaios universal EMIC/DL 2000 (figura 36), propriedade do centro de pesquisa da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Uberlândia. Para a visualização das imagens, um polariscópio circular construído pela Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Uberlândia foi acoplado à máquina de ensaios universal (figura 36) e as imagens foram registradas através de uma máquina fotográfica digital (Cânon EOS Rebel).



Figura 36 – Máquina de ensaio (1) com o polariscópio (2) posicionado e um computador (3) interligado para a execução dos ensaios.

4.2.7.1 - Carga e pontos de sua aplicação sobre a superfície superior das barras.

Aplicou-se uma carga de 2 Kgf, suficiente para provocar o mínimo de franjas desejáveis (Oliveira et al., 2004), incidindo verticalmente sobre o CP, e em pontos determinados em cima das barras (figura 37), assim distribuídos:

Ponto A: aplicado no centro da barra;

Ponto B: aplicado a 10,0 mm do centro da barra;

Ponto C: aplicado na extremidade da barra, (a 20,0 mm do centro da barra ou 10,0 mm do implante).

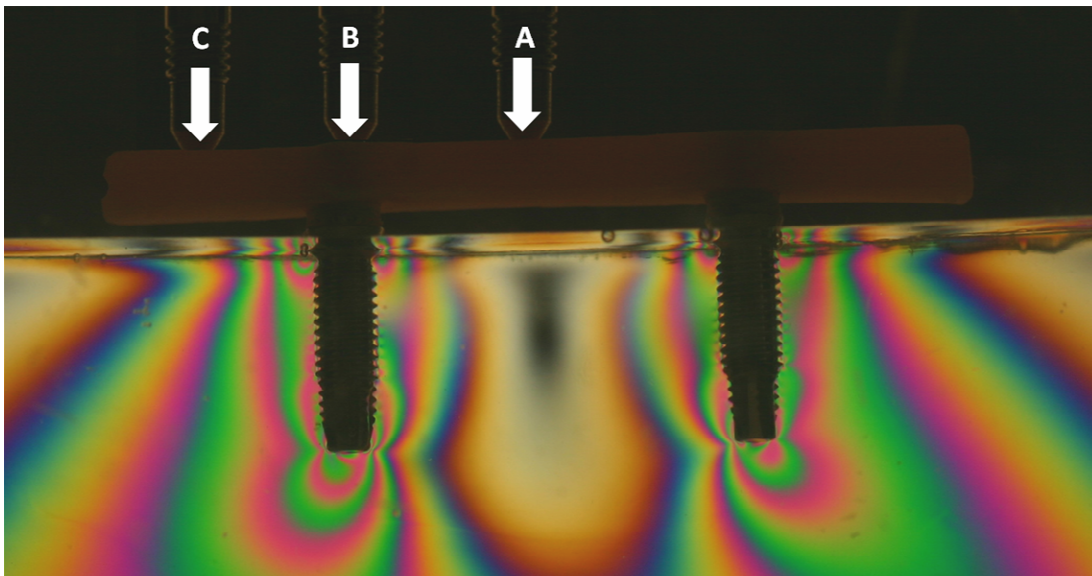


Figura 37 – Esquema da distribuição dos pontos de aplicação das cargas sobre a barra. A configuração das franjas na presente figura, é para carga no ponto B

4.2.7.2 - Realização dos ensaios fotoelásticos.

Inicialmente foi realizado o registro fotográfico do conjunto (modelo fotoelástico e barra) sem aplicação de cargas para verificar a ausência de tensões no interior da matriz de resina fotoelástica.

Posteriormente, iniciou-se os ensaios com o carregamento de 2,0Kgf (20N) para cada um dos pontos selecionados. Em cada modelo foram aplicadas as cargas nos pontos A, B e C. Não foi necessário um período de repouso entre um ensaio e outro, pois esta resina fotoelástica não apresenta fluência. Segundo Oliveira (2003), quinze segundos após a retirada da carga, não se observa nenhuma franja residual. Para cada ponto de aplicação de carga, as imagens visualizadas no polariscópio foram registradas digitalmente.

Os ensaios foram executados utilizando-se primeiro as duas barras em metal e posteriormente as barras feitas em resina.

4.2.7.3 - Leitura da Ordem de Franjas (N)

Para realizar a leitura da ordem de franjas (N) isocromáticas, de coloração uniforme e exprime o lugar geométrico dos pontos de mesmo nível de tensões, imprimiu-se as figuras (Impressora Deskjet 720C, HP, Indonésia) de todas as imagens produzidas nos ensaios em papel A4, semelhante ao método utilizado por Guimarães (2004) (figura 38).

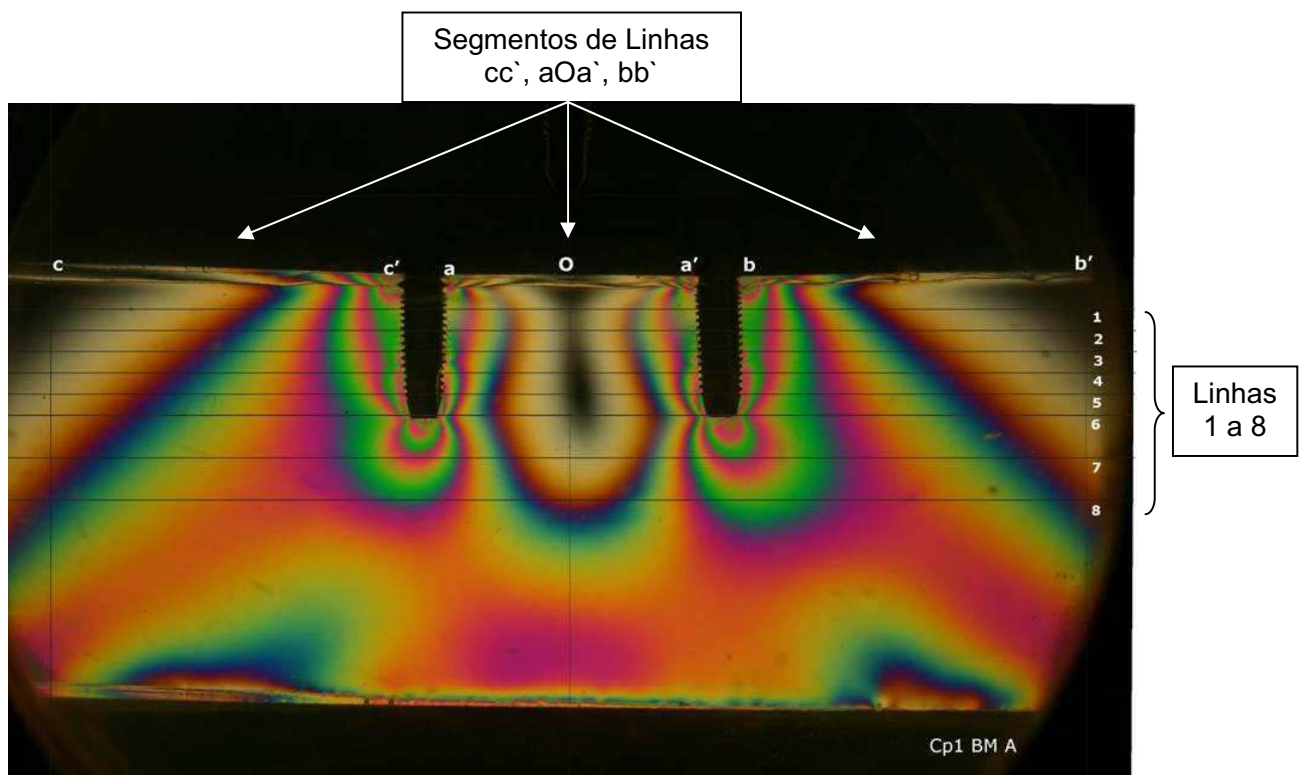


Figura 38 – Figura capturada que representa o $CP_1 BM_1$, carga no ponto A.

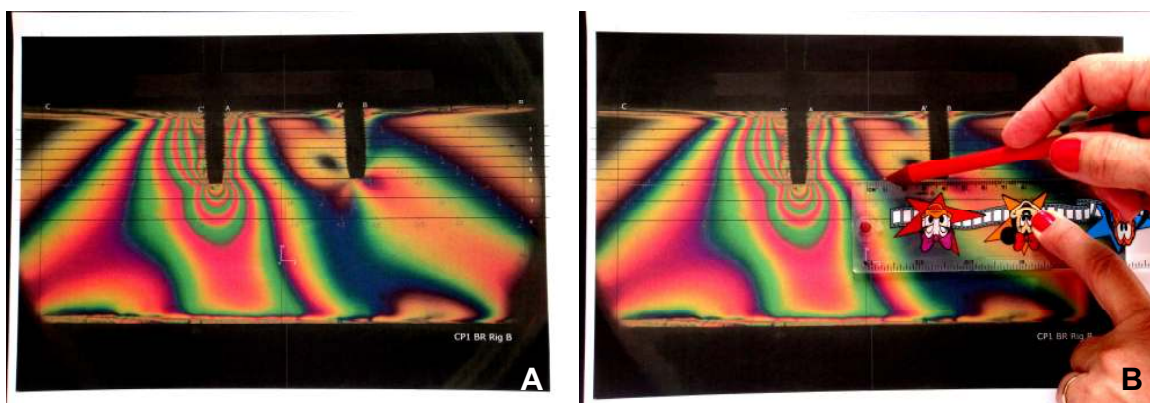


Figura 39 – (A) Fotos impressas em papel A4 para realização da leitura, (B) Definição das franjas utilizando régua milimetrada

Sobre as fotos foram traçadas oito linhas horizontais sendo que, as seis primeiras distavam 5,0 mm umas das outras e todas elas passavam pelos implantes. A referência utilizada para traçar a primeira linha foi a borda superior do modelo ,fotoelástico a uma distância de 5,0mm dessa borda. Essa preocupação é devido a algumas interferências que a borda pode apresentar e influenciar na distribuição das tensões. As outras duas linhas distavam 10,0mm e passavam próximas a linha do ápice dos implantes. As leituras foram feitas em três segmentos de linha distintas, sendo o segmento aOa' a que liga os ápices dos dois implantes, os segmentos bb' e cc' que correspondem ao prolongamento da linha aOa' para a direita e esquerda, respectivamente. Nas duas últimas linhas, linhas abaixo dos ápices dos implantes, as leituras foram feitas em duas linhas distintas: cO e Ob'. Para padronizar os níveis de tensões ou energia ao longo de cada linha, os comprimentos adotados para as linhas bb' e cc' foram iguais, tendo como referência a distal de cada um dos implantes. A padronização dessas medidas foi simples pois, todos esses corpos-de-prova foram confeccionados a partir de uma única matriz e para a medição.

Quando calculada a área abaixo de cada curva dos gráficos representativos da relação ordem de franja (N) e distância do ponto de origem da carga, obteve-se a energia de distorção (E) distribuída na região correspondente a cada uma das oito linhas horizontais (Coelho, 2003), denominadas linhas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (Figura 38). A energia

de distorção por unidade de volume representa a unidade dimensional de tensão, denominada de U em N/m^2 ou Kgf/mm^2 (Oliveira et al., 1991). O valor de U nestes gráficos está representado pelo valor da Integral Exata (Int. Exata – ver gráfico) nele expresso. O programa *Matlab*® estava configurado para que, no momento da plotagem dos gráficos, fosse obtido a equação de cada curva (forma polinomial), sendo integrada, gerando a energia total (U) correspondente a cada segmento de linha. Na figura 40 está mostrado esta configuração gráfica descrita.

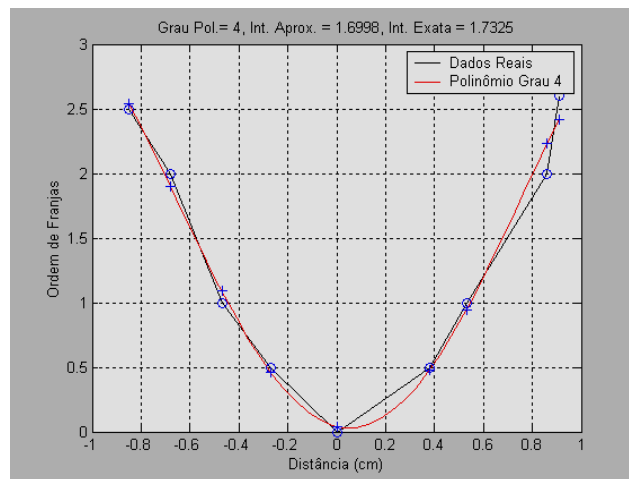


Figura 43 – Exemplificação da configuração gráfica das Franjas Fotoelásticas .

5. Resultados

5.1 – Dados do Experimento

5.1.1 – Distribuição de energia ao longo das 8 linhas

5.1.1.1 - CP₁ BM₁ A (Corpo-de-prova 1 Barra Metálica 1 Ponto A)

A Figura 44 mostra a imagem oriunda do modelo fotoelástico (CP₁) utilizando a Barra Metal com aplicação de carga de 2 Kgf no ponto A quando o modelo foi posicionado no polariscópio. Observa-se pelas imagens que, em ambos os lados, as tensões (franjas coloridas) visualizadas são semelhantes, tanto próximas ao ápice dos implantes, quanto em toda sua extensão como uma distribuição simétrica em relação a um eixo que passa pelo ponto O, direção de aplicação de carga. As outras imagens dos modelos fotoelásticos para CP₁ e CP₂, utilizando Barra Metal e Resina para os pontos de aplicação de carga A, B e C estão representados pelas figuras que encontram-se no capítulo Anexos 2 dessa dissertação (figuras 53, 62, 71, 80, 89, 98, 107, 116, 125, 134 e 143).

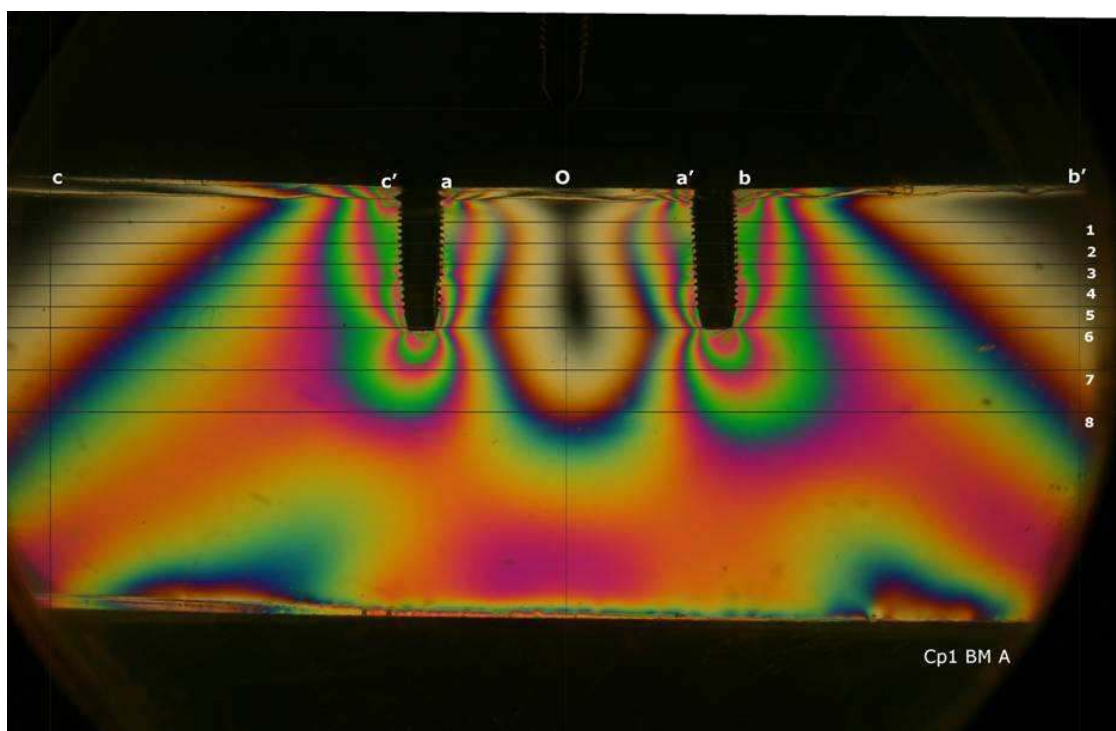


Figura 44 - Imagem do modelo fotoelástico (CP1) utilizando a Barra Metal com aplicação de carga de 2 Kgf no ponto A.

Na figura 45 (A, B e C) está representada a distribuição de energia ao longo dos segmentos de linhas cc', aOa' e bb', respectivamente, utilizando a Barra Metal apenas na primeira linha: Linha 1, situada mais próxima a base dos implantes. Ela exemplifica de maneira simples a forma com que a energia de distorção para cada linha traçada é encontrada. A energia ao longo da linha 1 no segmento cc' é de $U=2,68 \text{ Kgf/mm}^2$; a tensão produzida ao longo do segmento bb' é de $U= 2,15 \text{ Kgf/mm}^2$ e no segmento aOa', $U=1,73 \text{ Kgf/mm}^2$, produzindo uma energia de distorção na matriz correspondente a $U=6,56 \text{ Kgf/mm}^2$.

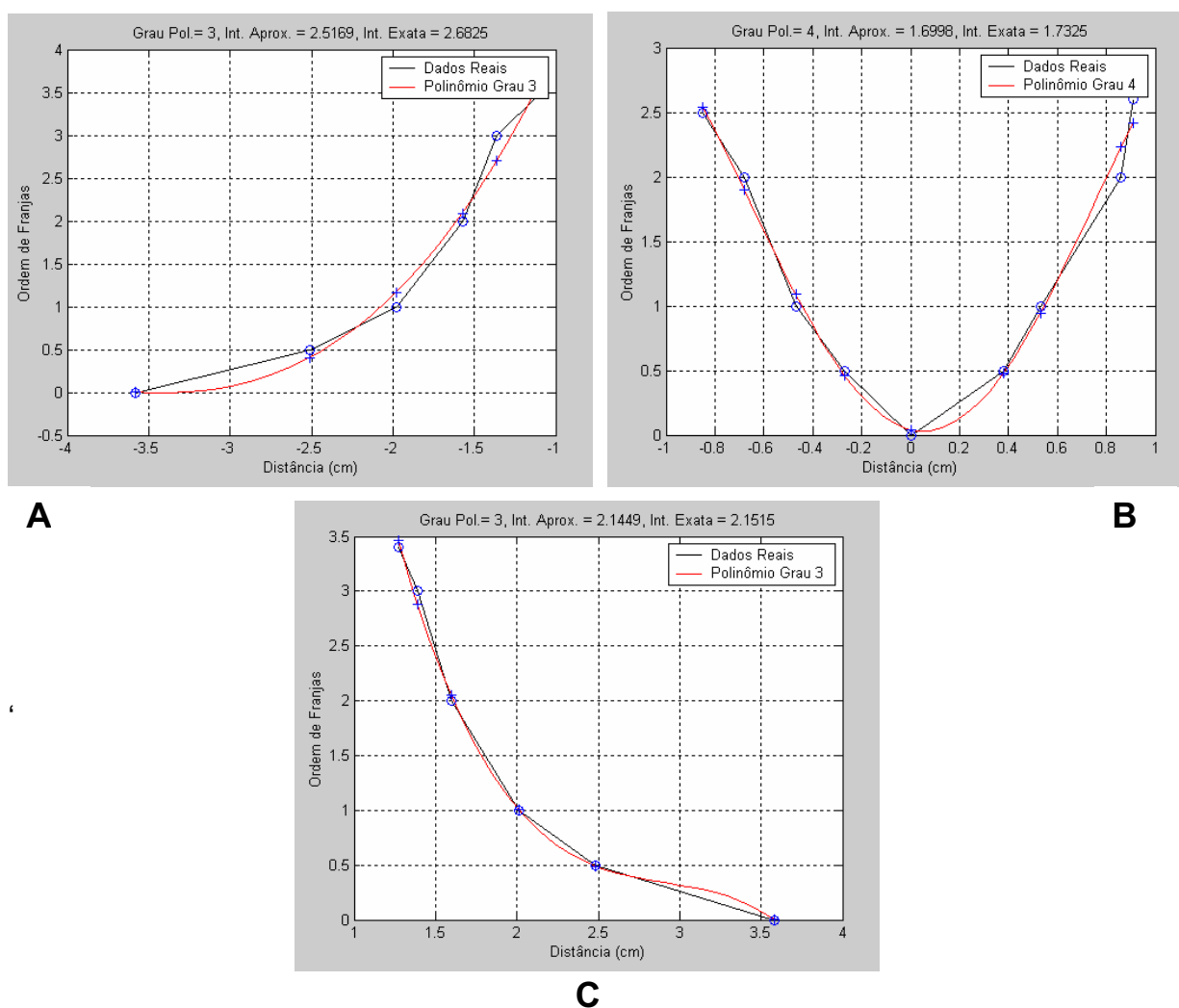


Figura 45 - Energia de distorção: (A) ao longo da Linha 1 no segmento cc'; (B) ao longo da Linha 1 no segmento aOa'; (C) ao longo da Linha 1 no segmento bb'.

As figuras de 46 a 151, demonstram a distribuição de energia para cada segmento de linha, de todas as oito linhas de CP₁ e CP₂, utilizando Barra Metal e Resina, encontram-se em Anexo 2. Dessa forma, optou-se por representar em tabelas esses valores obtidos. Como já foi mencionado, obteve-se a equação de cada curva (forma polinomial), sendo integrada, ou seja, a área abaixo de cada curva foi determinada gerando a energia total (U) correspondente a cada segmento de linha.

Os valores de energia total para o CP₁, Barra Metal pontos A, B e C, estão mostrados na Tabela 1, 2 e 3 (as outras tabelas de 4 a 12, para os outros corpos-de-prova, estão localizadas em Anexo 3) serão utilizados para avaliar a influência dos tipos de barras utilizadas na distribuição de tensões nos implantes ou na energia total de distorção.

Tabela 1 - Valores de energia (U) para os segmentos de linha do corpo-de-prova 1, Barra Metal, ponto A.

	CP1			
	cc'	aOa'	bb'	U
Linha 1	2.682	1.732	2.151	6.565
Linha 2	2.875	1.910	2.386	7.171
Linha 3	3.325	1.862	2.743	7.930
Linha 4	3.305	1.691	2.993	7.989
Linha 5	3.590	1.713	3.068	8.371
Linha 6	3.766	1.765	3.468	8.999
	cO	Ob'		
Linha 7	5.621	5.749	11.370	
Linha 8	5.483	5.609	11.092	

Tabela 2 - Valores de energia (U) para os segmentos de linha do corpo-de-prova 1, Barra Metal, ponto B.

	CP1			
	cc'	aOa'	bb'	U
Linha 1	4.330	1.865	0.742	6.937
Linha 2	4.662	2.015	1.032	7.709
Linha 3	5.065	1.883	1.367	8.315
Linha 4	5.348	1.881	1.700	8.929
Linha 5	5.640	2.208	2.686	10.534
Linha 6	5.665	2.801	2.617	11.083
	cO	Ob'		
Linha 7	9.002	4.367		
Linha 8	8.721	4.699		

Tabela 3 - Valores de energia (U) para os segmentos de linha do corpo-de-prova 1, Barra Metal, ponto C.

	CP1			
	cc'	aOa'	bb'	U
Linha 1	7.252	1.950	1.702	10.904
Linha 2	7.734	2.188	1.925	11.847
Linha 3	8.002	2.560	2.069	12.631
Linha 4	8.408	3.584	2.287	14.279
Linha 5	8.420	4.988	2.402	15.810
	cO	Ob'		
Linha 6	7.580	8.931		
Linha 7	13.610	5.069		
Linha 8	12.498	5.220		

5.2 – Avaliação dos Resultados

Para a avaliação dos resultados foram analisadas as medidas da somatória dos valores de energia (U) de cada segmento de reta ($cc' + aOa' + bb' = U$), ou seja, das integrais ao longo das linhas. Esses valores foram comparados entre si para os pontos de aplicação de carga A, B e C, separadamente. Nas tabelas de 13 a 15 está demonstrado a forma que foram analisadas. Esses mesmos valores estão também mostrados nas figuras 152, 153 e 154 abaixo das respectivas tabelas, para um melhor entendimento.

Tabela 13 - Valor de energia (U) nas linhas de 1 a 8, para os dois corpos-de-prova (CP1 e CP2) e as Barra Metálica (BM) e Barra de Resina (BR), para a carga aplicada nos pontos A.

	Ponto A			
	CP1 BM	CP2 BM	CP1 BR	CP2 BR
Linha 1	6,565	7,441	7,925	7,065
Linha 2	7,171	8,027	8,526	7,691
Linha 3	7,930	8,529	9,303	8,211
Linha 4	7,989	9,030	9,264	8,131
Linha 5	8,371	9,320	10,038	9,035
Linha 6	8,999	9,583	10,160	9,021
Linha 7	11,370	11,587	12,348	11,679
Linha 8	11,092	11,274	12,249	11,387

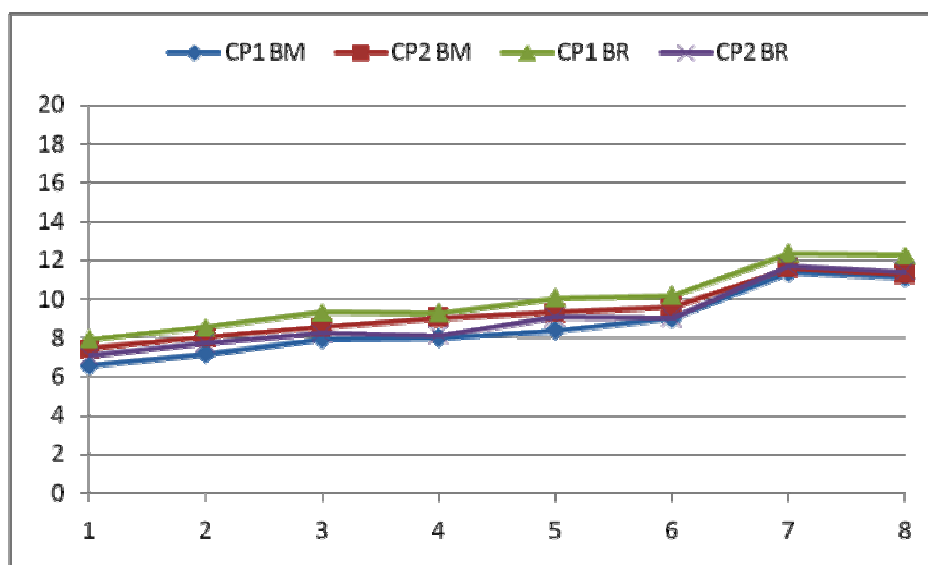


Figura 152 – Comparação da distribuição de energia para CP1/CP2/BM/BR com aplicação de carga no ponto A.

Tabela 14 - Valor de energia (U) nas linhas de 1 a 8, para os dois corpos-de-prova (CP1 e CP2) e as Barra Metálica (BM) e Barra de Resina (BR), para a carga aplicada nos pontos B.

	Ponto B			
	CP1 BM	CP2 BM	CP1 BR	CP2 BR
Linha 1	6,937	6,781	8,465	7,842
Linha 2	7,709	7,390	8,906	8,019
Linha 3	8,315	8,131	9,692	8,581
Linha 4	8,929	8,508	9,475	8,924
Linha 5	10,534	9,378	10,404	9,542
Linha 6	11,083	10,421	11,086	10,598
Linha 7	13,369	13,579	13,506	13,720
Linha 8	13,420	13,496	13,194	14,525

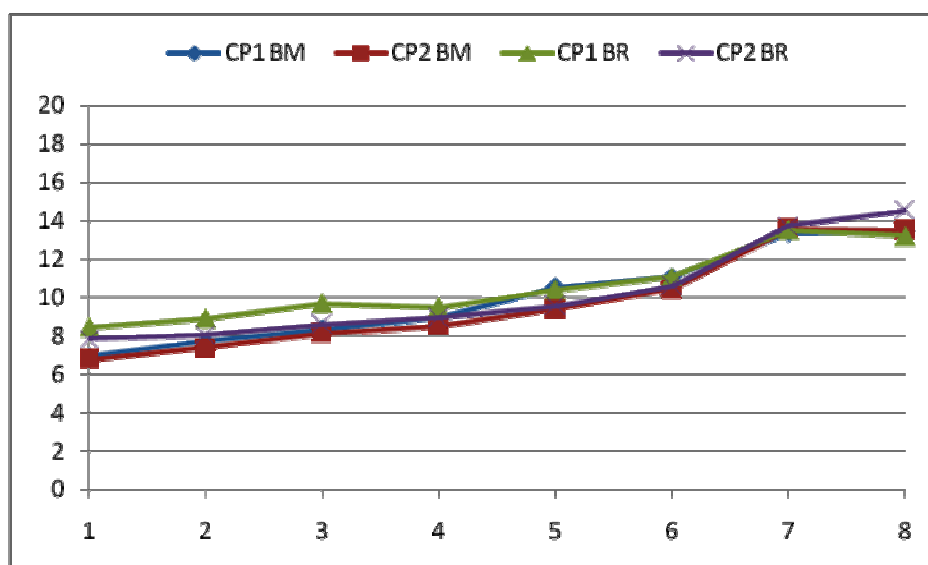


Figura 153 – Comparação da distribuição de energia para CP1/CP2/BM/BR com aplicação de carga no ponto B.

Tabela 15 - Valor de energia (U) nas linhas de 1 a 8, para os dois corpos-de-prova (CP1 e CP2) e as Barra Metálica (BM) e Barra de Resina (BR), para a carga aplicada nos pontos A.

	Ponto C			
	CP1 BM	CP2 BM	CP1 BR	CP2 BR
Linha 1	10,904	9,708	14,097	12,584
Linha 2	11,847	10,407	14,520	13,153
Linha 3	12,631	11,106	15,201	14,047
Linha 4	14,279	11,959	15,487	14,158
Linha 5	15,810	13,870	16,010	14,829
Linha 6	16,511	16,780	16,967	15,942
Linha 7	18,679	18,703	18,532	17,508
Linha 8	17,718	17,744	17,489	16,548

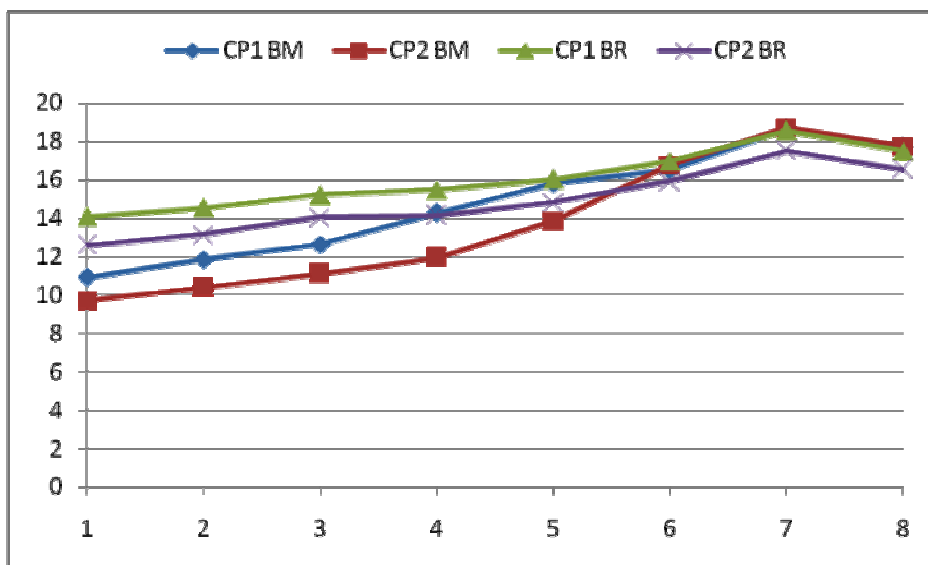


Figura 154 – Comparação da distribuição de energia para CP1/CP2/BM/BR com aplicação de carga no ponto C.

Considerando que os corpos CP₁ e CP₂, respectivamente para as barras de metal e resina, foram repetidos, os valores médios das energias totais foram obtidas, visando comparar as energias totais referentes, apenas aos diferentes tipos de barras.

Na tabela 16, encontram-se esses valores, também representados nas figuras 155, 156 e 157.

Tabela 16 - Valor médio de energia (U) nas linhas de 1 a 8, para os dois corpos-de-prova (CP1 e CP2) e as Barra Metálica (BM) e Barra de Resina (BR), respectivamente para a carga aplicada nos pontos A, B e C.

	Ponto A		Ponto B		Ponto C	
	Média BM	Média BR	Média BM	Média BR	Média BM	Média BR
Linha 1	7,003	7,495	6,859	8,154	10,306	13,341
Linha 2	7,599	8,109	7,550	8,463	11,127	13,837
Linha 3	8,230	8,757	8,223	9,137	11,869	14,624
Linha 4	8,510	8,698	8,719	9,200	13,119	14,823
Linha 5	8,846	9,537	9,956	9,973	14,840	15,420
Linha 6	9,291	9,591	10,752	10,842	16,646	16,455
Linha 7	11,479	12,014	13,474	13,613	18,691	18,020
Linha 8	11,183	11,818	13,458	13,860	17,731	17,019

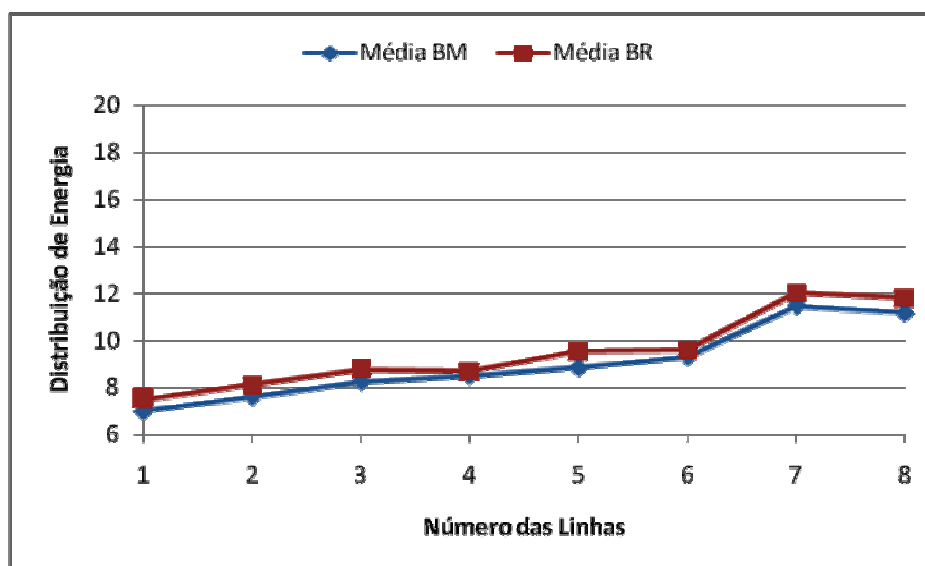


Figura 155 – Comparação da distribuição de energia para o valor médio de BM e BR com aplicação de carga no ponto A.

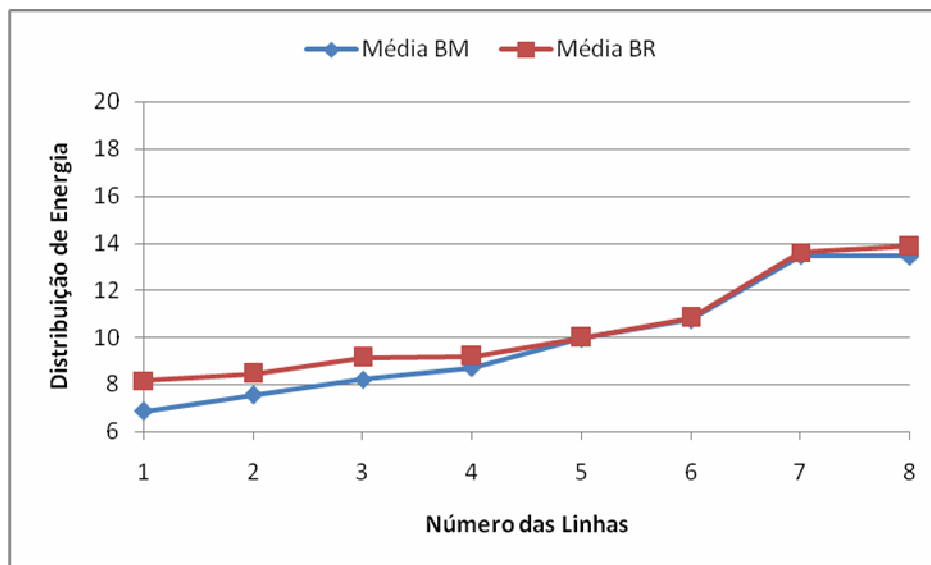


Figura 156 – Comparação da distribuição de energia para o valor médio de BM e BR com aplicação de carga no ponto B.

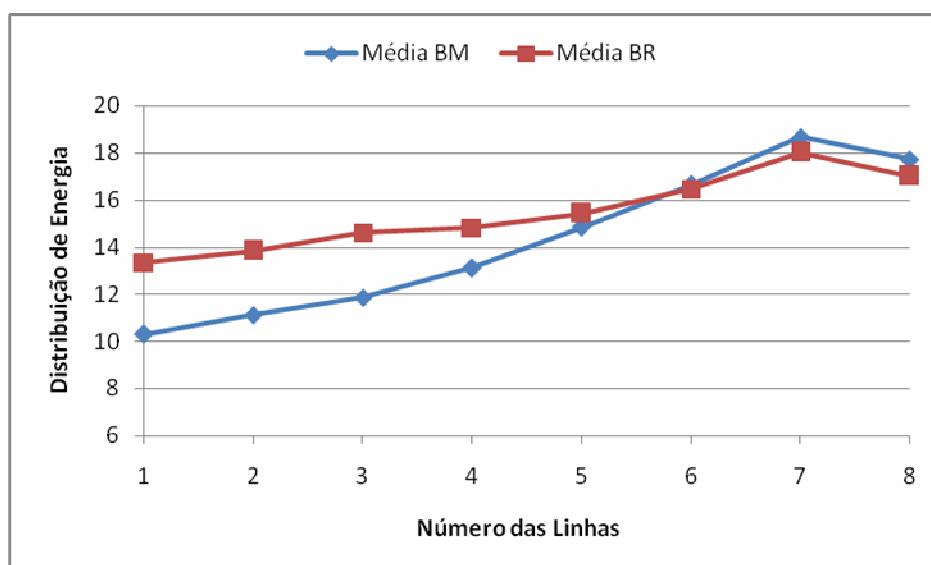


Figura 157 – Comparação da distribuição de energia para o valor médio de BM e BR com aplicação de carga no ponto C.

Com o intuito de comparar os resultados obtidos com a média dos corpos-de-prova para Barra Metal(BM) e Barra Resina (BR), e verificar a existência das diferenças estatisticamente significantes entre elas, foi aplicado o teste t de Student (Graner, 1966), na tabela 17, considerando-se os pontos A, B e C e as oito linhas traçadas.

Tabela 17 – Probabilidades encontradas, quando da aplicação do teste de Student aos resultados obtidos com as médias dos corpos-de-prova 1 e 2, quando tratados com Barra Metal e com Barra Resina, considerando-se os pontos A, B e C e as oito linhas traçadas ($p \leq 0,05$)

Variáveis Analisadas	Probabilidades
Média BM x Média BR – Ponto A	0,559
Média BM x Média BR – Ponto B	0,663
Média BM x Média BR – Ponto C	0,375

De acordo com os resultados demonstrados nesta tabela, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os valores quando se compara o padrão de distribuição das tensões nos implantes unidos por Barra Metálica ou de Resina Acrílica;

6. Discussão

O método fotoelástico apresenta como vantagem, a obtenção de informações visuais diretas sobre o padrão de tensões que ocorrem em um modelo após a aplicação de cargas. Apesar de o material utilizado possuir características diversas do tecido ósseo humano, das variações que podem estar presentes na quantidade e qualidade do osso remanescente, das diferentes respostas orgânicas de cada indivíduo e considerando o cuidado que deve haver na extrapolação dos resultados, a viabilidade de seu uso por correlação e comparação com situações reais e com métodos matemáticos puramente analíticos, tais como o de elementos finitos, corroboraram com a decisão de optar pela metodologia selecionada (Godoy, 2005).

A resina fotoelástica utilizada para a confecção dos modelos do presente trabalho apresenta as características definidas como indispensáveis por Oliveira e Gomide (1990), tendo sido desenvolvida por Oliveira et al. (2004). A calibração do material, que obteve como constante ótica, o valor de $K = 0,25$ demonstra similaridade com os resultados obtidos nos trabalhos anteriores (Oliveira, 2003; Coelho, 2003; Guimarães, 2004; Badaró Filho, 2004; Godoy, 2005) o que se traduz em confiabilidade nas suas propriedades físicas e reprodutibilidade do experimento.

A ação das forças sobre o modelo fotoelásticos produziram efeitos físicos, franjas fotoelásticas proporcionais às tensões, que analisadas e mensuradas conforme o momento e o local de aplicações dos esforços sobre barra metálica e resina (BM e BR) foram expressadas e ordenadas, onde no eixo X está representada a distância em milímetros das franjas e no eixo Y a ordem de franjas, que segundo Caputo e Stardlee em 1987, existe uma proporcionalidade entre o número de franjas ou raias com a intensidade e à proximidade das franjas entre si e a concentração de tensões. O que foi observado no experimento quando avaliado o local da aplicação da carga.

O presente estudo observou as características de anisotropia e isotropia, além das criações das franjas, também, descritas por Mahler e Peyton, 1955 e Dally e Riley, 1965, que observaram o fenômeno físico criado através da luz polarizada e observado por instrumento pertinente, polariscópio.

Este trabalho envolve avaliação das tensões uma vez que a tensão é a resistência interna de um corpo a uma força externa aplicada sobre ele por unidade de área, e através delas, a determinação da energia de distorção ao longo de linhas previamente definidas. Como a energia de distorção está diretamente relacionada com níveis de tensão, e estas, independem das propriedades físicas dos materiais envolvidos, é de se esperar distribuições de energia semelhantes para as duas barras, uma vez que a geometria e as forças aplicadas foram as mesmas. Isto fica evidenciado na figura 155 em que as cargas foram aplicadas no ponto A e estão simetricamente distribuídas ao longo dos dois implantes e a tabela 17 que comprova que a análise estatística não gera níveis estatísticos de significância. Autores como Ismail et al., 1989; Cibirka et al, 1992; Hobkirk, Pssaros 1992; Bassit et al., 2002 encontraram resultados semelhantes em seus estudos e estes, afirmaram que o material oclusal não é um fator que interfere na transmissão de forças aos implantes.

Mericske-Stern et al. (1996); Barbier et al (1998) e Silva (2006), utilizando análise bi e tridimensional das tensões de Von Mises e Elemento Finito, observaram as maiores concentrações de tensão, para a carga aplicada no ponto A, nas porções distais aos implantes o que é semelhante no presente estudo (figura 44 e figuras 69, 98, 125 em Anexos 1). Barbier et al (1998), registraram níveis de tensão no osso trabecular no ápice dos implantes, e menor incidência de tensões nas mesiais dos implantes, resultados que corroboram os que foram encontrados no estudo em questão (figura 44 e figuras 69, 98, 125 em Anexos 2). Os autores ainda reforçam que, no osso cortical, os maiores níveis de tensão foram encontrados tanto na crista do rebordo como no sentido ocluso-

apical o que não pode ser inferido neste estudo, uma vez que, na análise de tensões com fotoelasticidade foi assumido que não há diferenciação entre osso cortical e osso trabecular (Gomide, 1998).

Quando a carga é aplicada sobre o implante, no ponto B, observa-se um aumento no nível de tensão sobre esse quando comparado a aplicação no ponto A. Cargas aplicadas em extremidade livre (ponto C), 10,0mm para a distal do implante, produzem maiores níveis de tensão traduzindo-se em uma maior solicitação do implante do lado em que a carga é aplicada. Meijer et al, (1996), da mesma forma, afirmaram que o implante mais próximo ao lugar do carregamento apresenta a concentração de tensão mais elevada. O experimento de Haraldson de 1980, demonstrou também, que a força vertical tem distribuição no implante com roscas, principalmente quando eles estão unidos essa força é mais concentrada no pilar mais próximo a carga. Isto pode ser facilmente verificado comparado-se as áreas das figuras formadas abaixo das curvas obtidas com a união dos pontos representativos da ordem de franjas e a tensão provocada. Desse modo, à medida que a força aplicada se desloca em direção a um dos implantes a distorção da BM e BR começa a proporcionar diferentes níveis de energia, mais próximas a plataforma do implante. Isto fica bem evidenciado para a carga aplicada no ponto C (no extremo livre do conjunto ou *cantilever*) como está mostrado nas figuras 156 e 157. As diferenças encontradas para as primeiras linhas (de 1 a 6), são mais significativas para a aplicação da carga no ponto C, onde as distorções da BR são maiores, ou seja, há uma alteração significativa da geometria, causando uma deflexão na barra de resina quando a carga é aplicada (observar figuras 62, 89, 116 e 143) , e na direção de aplicação de cargas. Isso quer dizer que maiores distorções nas barras geram maiores níveis de energia, que no presente caso acontece para a BR no ponto C, pois quanto mais distantes do fulcro essa carga for aplicada, maior o momento de força e maior a distorção, o que gera maior tensão na região. Para Naert et al. (1992) foram encontradas dificuldades técnicas de

acordo com os material utilizado de recobrimento, sendo que a fratura da resina oclusal foi comum, ocorrendo em 20% dos pacientes e que o uso de porcelana como revestimento oclusal é recomendado por permitir uma maior longevidade, estética e menores complicações.

Outra observação importante é que as maiores energias obtidas, tanto para BM quanto para BR, ocorreram quando a carga é aplicada no ponto C demonstrando que o efeito de distorções das barras em BM é também observado, apesar de ser com menor intensidade do que BR (figura 157). Meijer et al., em 1992, através de um modelo tridimensional utilizando o método de elemento finito, também verificaram que as tensões mais negativas ocorreram quando a carga foi aplicada na extensão livre da barra. Quando a carga é aplicada sobre a barra, os pilares permanecem no lugar por causa dela, mas a mandíbula se deforma. Assif et al. (1996), analisaram a transmissão de forças e a distribuição de tensões nos vários elementos que compõem um sistema de prótese fixa implanto-suportada, como implantes, estruturas de suporte e a prótese fixa de extremo livre bilateral, quando submetidos a uma carga. Os resultados demonstraram que os maiores níveis de distorção foram observados nos *strain gages* localizados próximos ao cantilever, ou seja, na distal do implante terminal, quando a carga era aplicada no final da extremidade livre. Os autores concluíram que há uma relação direta entre a rigidez do material da infra-estrutura metálica e o modo de distribuição das tensões na própria infra-estrutura e nas estruturas de suporte dos implantes, quando submetidas a uma determinada carga.

Com a aplicação do teste de Student, para médias dos corpos-de-prova BM e BR, não foram encontradas diferenças estatisticamente significantes entre os valores das variáveis analisadas (tabela 17). Portanto, realmente não existam grandes diferenças entre as barras, apesar de que a utilização da barra metálica gera menores níveis de tensões quando comparada com a barra de resina, principalmente no ponto de aplicação de carga para o extremo livre.

Apesar disso, devemos observar que quanto mais próximo da superfície, linhas 1 a 4, o nível de energia computado é maior na barra de resina que na barra metálica em uma ordem de 30%.

Os níveis de tensão próximo ao ápice do implante (ao longo da linha 6), independe do tipo de barra mas, depende do ponto de aplicação da carga. Esse efeito pode ser visualizado na tabela 16 quando se observa os valores semelhantes para cada um dos três pontos (linha 6), e também nas figuras 155, 156 e 157 que, de acordo com a mudança do posicionamento da carga em direção ao extremo livre, ela é aumentada, demonstrado pelos dados obtidos na tabela 16 .

Ao aproximar-se se aproximam do ápice dos implantes, as energias tendem a se estabilizar e assumir um valor igual tanto para BM quanto para BR, como se esse ponto estivesse obedecendo integralmente a teoria de Saint-Venant (Timoshenko & Goodier, 1951), e a partir do ápice, as energias tendem-se a se igualar e manter constante, como é o caso das energias do observado na altura das Linhas 7 e 8. Nota-se também que para essas mesmas, nas figuras 155, 156 e 157, tem-se um aumento no valor da energia, isso acontece devido a área de integração dessas duas linhas serem maiores, ou seja, elas não possuem segmentos de linhas que se interrompem na altura dos implantes.

Seguindo os princípios da Teoria da Elasticidade Linear as BR não deveriam apresentar diferença significativa na distribuição de energia. Entretanto, para as situações de extremo livre (*cantilever*) as distorções geram maiores níveis de tensões nas primeiras linhas para as BR (figura 157). Desta forma, a utilização das barras de resina acrílica sugerem ser menos vantajosas que a metálica. Assif et al. (1996) concluíram que há uma relação direta entre a rigidez do material a infra-estrutura metálica e o modo de distribuição da tensão na própria infra-estrutura de suporte dos implantes, quando submetidos a uma determinada carga. Concordam com ele Sertgoz (1997) e Stegariou et al. (1998)