

4

Análise experimental

Neste capítulo é apresentada a análise experimental do processo que simula a expansão da pele.

A parte experimental foi desenvolvida no Laboratório de Membranas e Biomembranas do Departamento de Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica, no Rio de Janeiro.

As experiências realizadas nesta dissertação de mestrado foram feitas em conjunto com o Programa de Iniciação Científica de Marcela Chacur Juliboni, orientada pela professora Djenane Pamplona.

4.1.

Material utilizado

Para nossas medidas, utilizamos um equipamento medidor de pressão, confeccionado pelo Professor Eiber, da Universidade de Stuttgart, na Alemanha. Para as medições, utilizamos um tubo plástico com uma das pontas contendo uma bifurcação em Y. Em uma ponta deste Y acoplamos a seringa contendo o líquido para preenchimento do expansor e na outra acoplamos nosso aparelho de medição de pressão. Na parte inferior do Y, colocamos a agulha que é inserida na válvula do expansor. Enquanto é inserido o líquido no interior do expansor, é medida sua pressão interna, através de um sensor, conforme mostrado na figura 4.1.

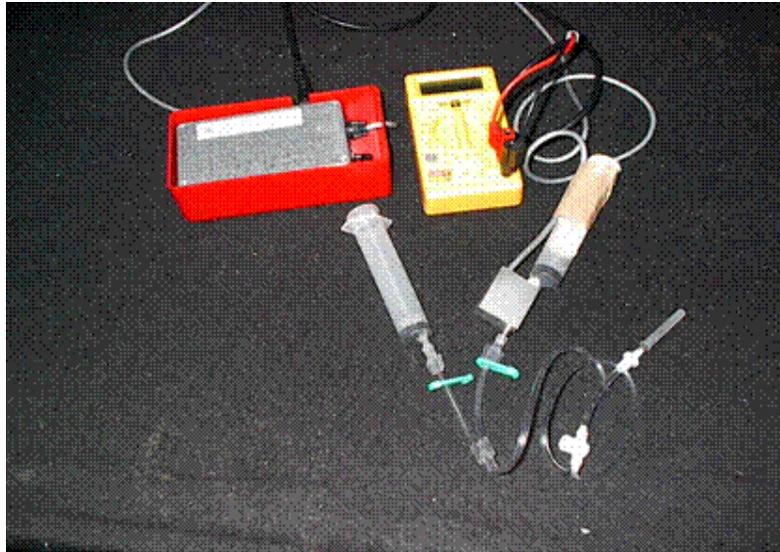


Figura 4.1 – Aparelho utilizado para medir as pressões internas

Para simularmos o processo de expansão da pele no laboratório, utilizamos um tecido de borracha, da marca Hygenic, modelo Fiesta Medium de cor roxa, como sendo a pele. A espessura deste tecido é de 0,208 milímetros, valor este medido no Instituto de Metrologia da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Usamos nas experiências um expensor de pele de base redonda de 9,6 centímetros de diâmetro com capacidade de 200ml da marca Silimed, que pode ser visto na Figura 4.2.



Figura 4.2 – Expensor redondo utilizado

4.2. Preparação da membrana de borracha

Colamos um anel de acrílico de diâmetro externo de 13 cm e diâmetro interno de 10 cm sobre a membrana de borracha, como mostrado na Figura 4.3. Após um teste de colas concluímos que a melhor opção é a tradicional *Super Bonder*. Cortamos, então, o excesso de membrana nas extremidades.



Figura 4.3 – Anéis de acrílico onde eram fixadas as membranas de borracha

4.3. Fixação dos elementos para a expansão

Estes furos na placa e nos anéis de acrílico são necessários para a fixação do expansor e da membrana no aparato.

A fixação é realizada na seguinte seqüência: parafuso; arruela; anel de acrílico com membrana de borracha; expansor de tecido; painel de acrílico; arruela; porca.

Na Figura 4.4 está o material utilizado na fixação.

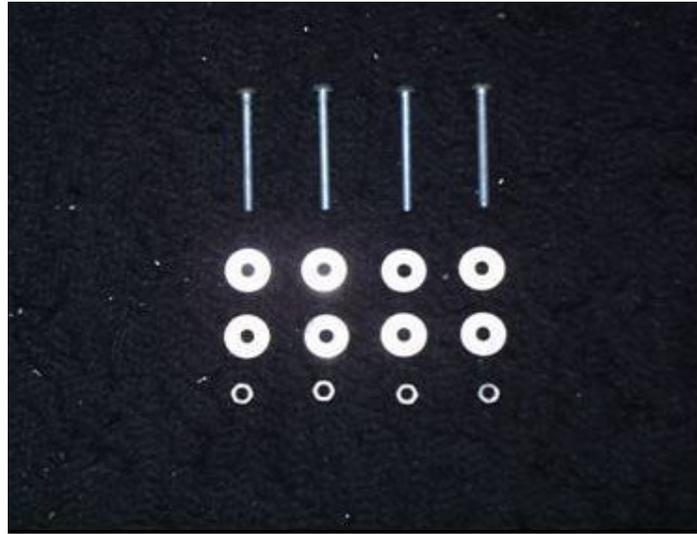


Figura 4.4 – Material usado para a fixação

4.4. Ensaio para obtenção das coordenadas tridimensionais

Para a experiência de medição da deformação da expansão da borracha, utilizamos um aparato construído durante o programa de iniciação científica de Larissa Braga Muniz, com a orientação da professora Djenane Pamplona, em 1999. Na figura 4.5 vemos o aparato.



Figura 4.5 – Ilustração do aparato

O aparato é constituído de duas barras de metal, apoiando uma placa de acrílico de 18,4 cm x 21,9 cm, onde é fixado o expansor. A placa possui furos sobrepostos aos do anel.

Em cada barra de metal foi fixado um espelho, um de cada lado, com a intenção de calcular as coordenadas tridimensionais do expansor após se deformar, utilizando fórmulas matemáticas.

É necessário realizar a conversão das medidas feitas na fotografia com unidades em pixels para o Sistema Internacional, em centímetros. As réguas foram também usadas para a obtenção das coordenadas tridimensionais do expansor deformado. Essa experiência é vista detalhadamente no Apêndice 1.

4.5. Calibração do equipamento

O equipamento foi acoplado ao tubo de vidro pela mesma tubulação plástica por onde foi inserida a água. Para este procedimento foi utilizado um tubo de plástico com bifurcação em Y, chamado polifix duas vias.

Injetou-se água no interior do tubo de vidro, medindo a altura, em centímetros, da coluna de água e obtendo a voltagem pela leitura no voltímetro. Com esses dados relacionamos graficamente a pressão em MPa e a voltagem medida no aparelho. A figura 4.6 mostra o aparelho de medição e o tubo de vidro utilizado para a conversão das medidas.



Figura 4.6 – Equipamento de medição para a conversão de medidas

Realizamos três experimentos para conseguirmos avaliar a inclinação média da curva de conversão. A figura 4.7 mostra as curvas obtidas nestes 3 ensaios.

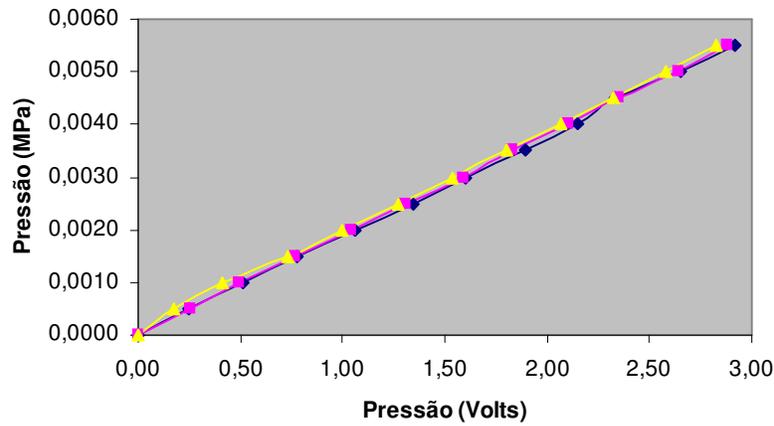


Figura 4.7 – Calibração da curva de conversão do equipamento

A partir dessas curvas extraímos as suas respectivas inclinações da reta:

Inclinação da reta:

Seqüência 1 → $y = 0,001885 * x$

Seqüência 2 → $y = 0,001907 * x$

Seqüência 3 → $y = 0,001949 * x$

Com essas funções calculamos a inclinação média que vale 0,001914 e calibramos o equipamento para a transformação das medidas em volts para MPa:

$$\text{Pressão} = 0,001914 * (\text{volts}) \quad (4.1)$$

Foi realizado também o gráfico referente à retirada da água do tubo de vidro.

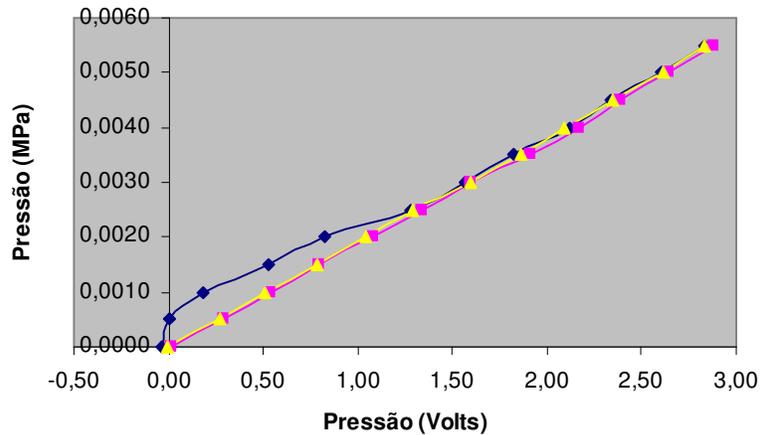


Figura 4.8 – Retirada de água do tubo de vidro

Pudemos observar na Figura 4.8 que ao retirarmos a água, as curvas se comportaram da mesma forma que quando inserimos. Devido ao aparecimento de bolhas no momento em que era retirada a água, observamos uma defasagem nos resultados de uma das seqüências.

4.6. Ensaio de expansão do lençol de borracha

4.6.1. Base rígida

A expansão da borracha foi feita com o lençol de borracha citado no item 4.1. O tecido de borracha foi colado no anel de acrílico que estava fixado na placa de acrílico pelos parafusos. O expansor de pele ficava sob o tecido de borracha, em repouso sobre a placa.

A placa foi colocada na mesma altura do medidor de pressão, para que a leitura estivesse correta. O medidor foi conectado a um voltímetro que fazia a leitura da pressão interna do expansor. O valor da pressão em volts foi convertido para MPa utilizando o fator de conversão do item 4.5.

A expansão foi realizada inserindo água no expansor de pele através de uma seringa. Nas experiências usamos um cronômetro para marcar os intervalos entre as inserções de água. A figura 4.9 mostra a montagem do ensaio de expansão da borracha sobre base rígida.

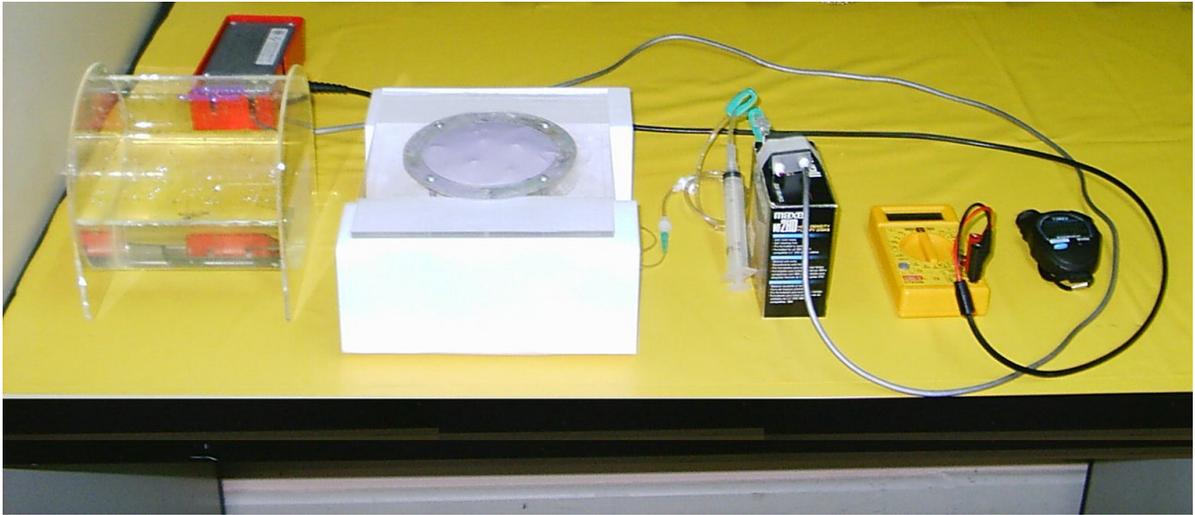


Figura 4.9 – Montagem do ensaio de expansão da borracha sobre base rígida

Observamos o ensaio no início e no final da expansão, pelas figuras 4.10 e 4.11, respectivamente:

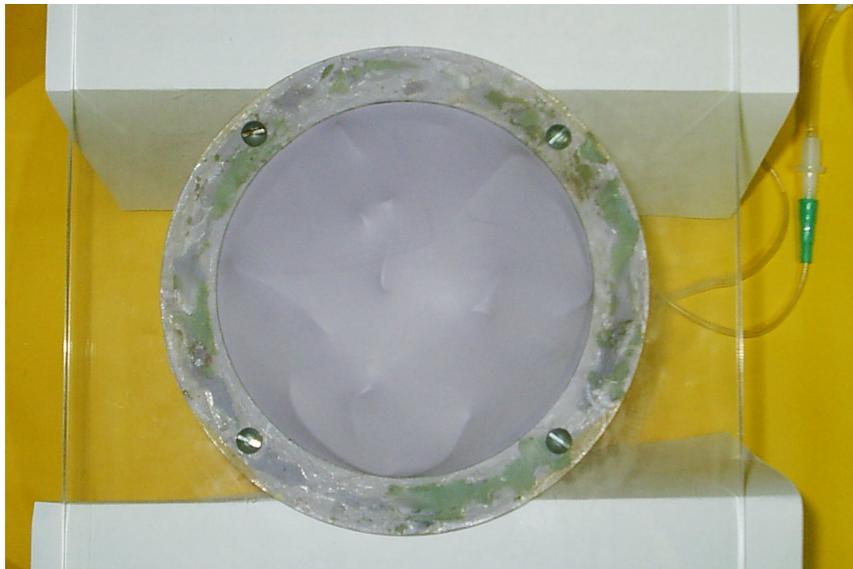


Figura 4.10 – Vista superior do início da expansão sobre base rígida

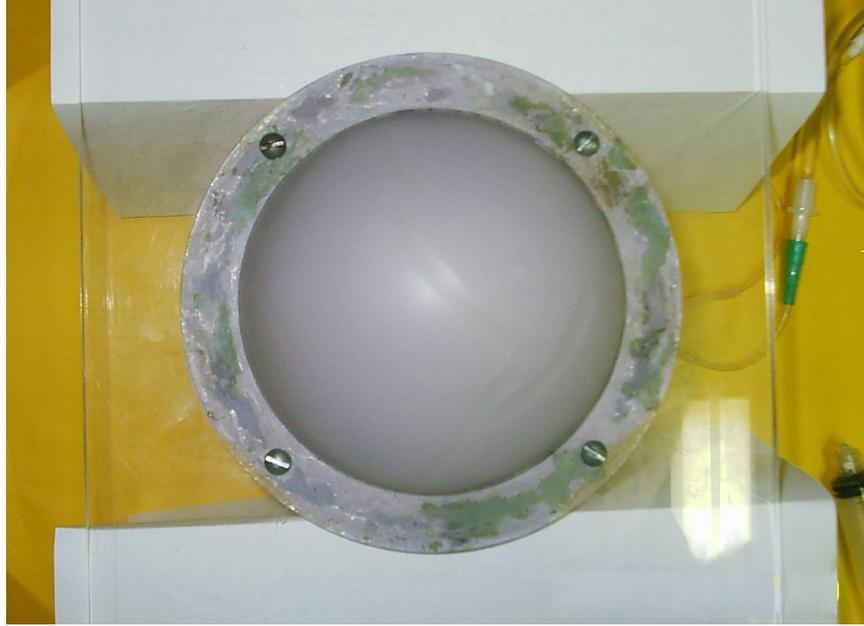


Figura 4.11 - Vista superior do final da expansão sobre base rígida

As experiências de expansão do tecido de borracha foram feitas até a inserção de 200 ml de água. Abaixo, da figura 4.12 até a 4.16, segue uma seqüência do processo de expansão.

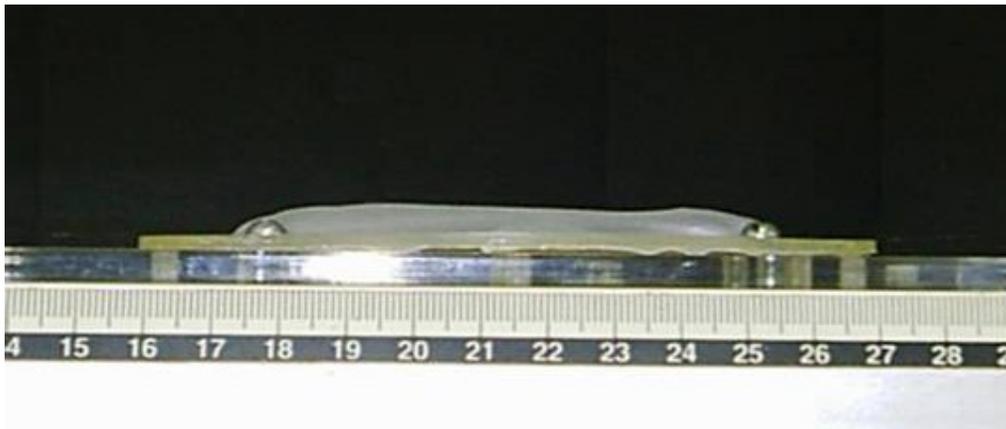


Figura 4.12 – Expansão sobre base rígida - 0 ml

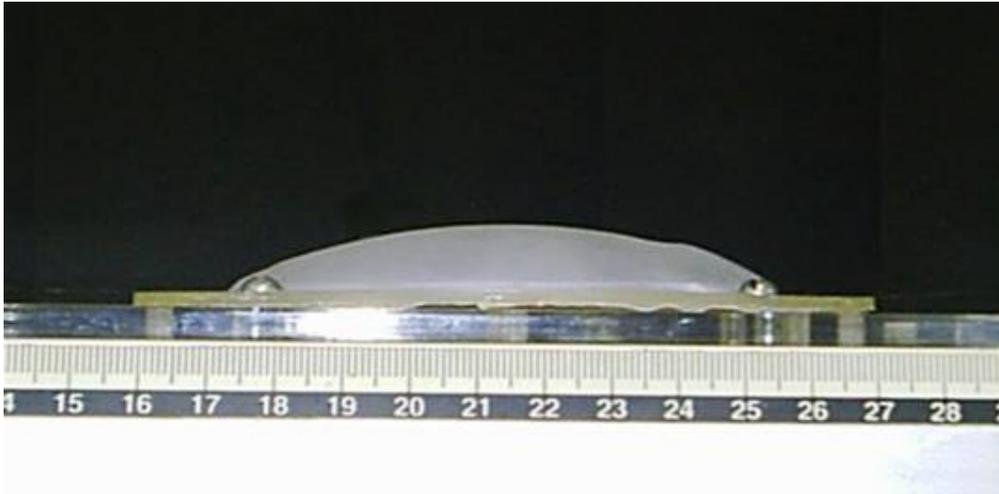


Figura 4.13 - Expansão sobre base rígida - 50 ml

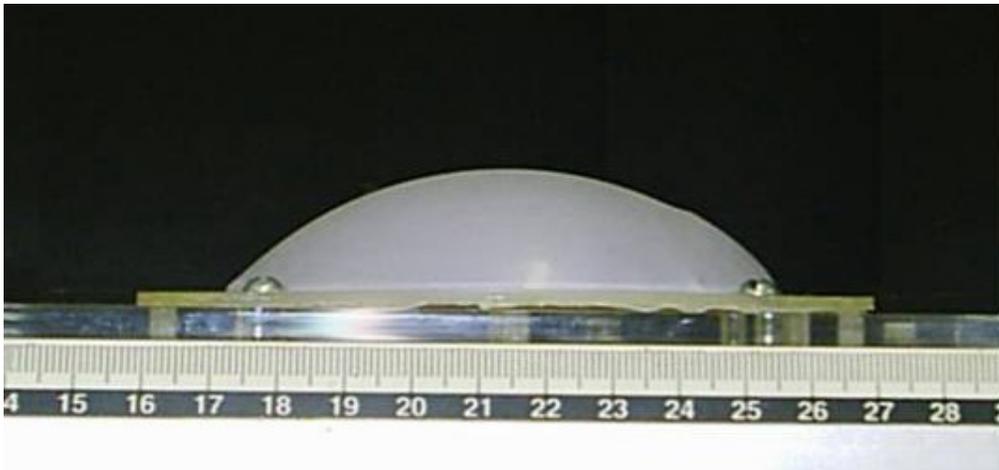


Figura 4.14 – Expansão sobre base rígida - 100 ml

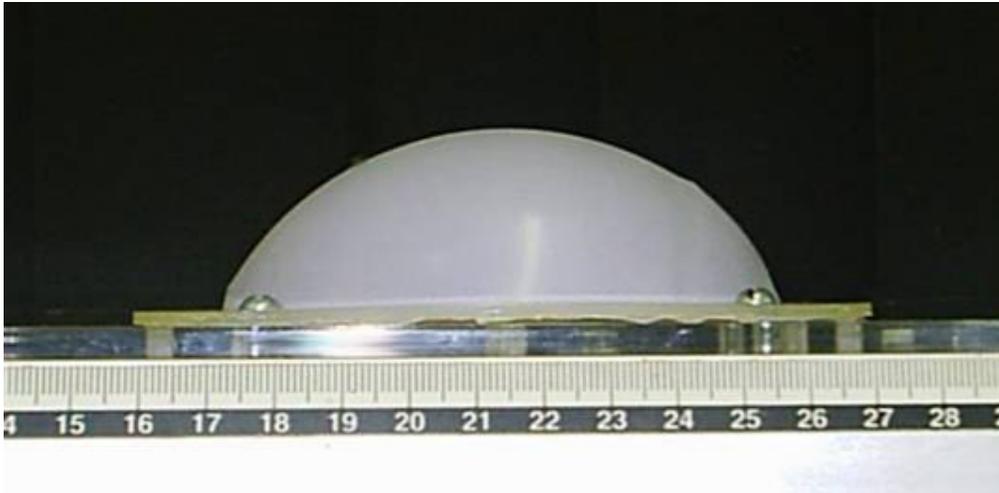


Figura 4.15 - Expansão sobre base rígida - 150 ml

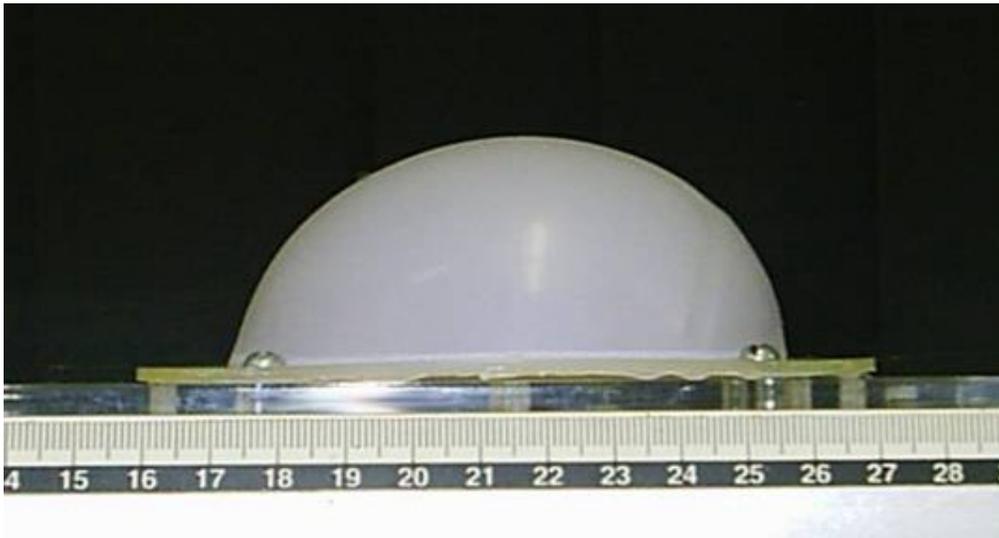


Figura 4.16 - Expansão sobre base rígida - 200 ml

4.6.2. Base elástica

4.6.2.1. Ensaio de compressão da base elástica

A base elástica usada nas experiências era composta por uma bexiga elástica contendo um material viscoso no seu interior, no caso uma massa utilizada em brincadeiras infantis, chamada Geleca. Esse conjunto foi feito para simular uma

região adiposa do corpo humano, já que o tecido adiposo preserva o volume durante a deformação e retorna a sua forma original após a mesma. Com isso a utilização deste material viscoso (Geleca) confinado em um saco elástico (bexiga de borracha) nos forneceu uma simulação do tecido adiposo.

Para realizarmos o ensaio da compressão da base elástica utilizamos o transdutor LVDT (Linear Variable Differential Transformer), para medir a deflexão que a bexiga contendo a Geleca sofria após o incremento de carga.

O ensaio de compressão foi feito seguindo as diretrizes do Teste de Carga de Placas. Esse teste executado está de acordo com o ASTM Standard Test Method D 1194, “ Bearing Capacity of Soil for Static Loads on Spread Footings ”, que foi usado para determinar a relação entre deflexão e pressão da placa.

A constante de rigidez encontrada é para uma base elástica com espessura de pelo menos duas vezes do diâmetro da placa.

A bexiga que continha o material viscoso pode ser vista na figura 4.17.

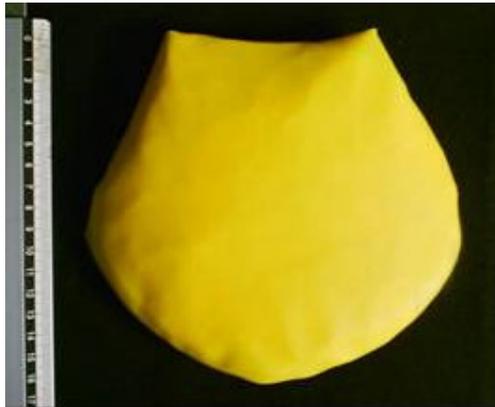


Figura 4.17 – Bexiga para o ensaio de compressão

A figura 4.18 ilustra a aparelhagem utilizada.



Figura 4.18 – Ensaio de compressão da base elástica

Usamos pesos como carga e colocamos incrementos de 10 em 10 gramas. Os pesos foram colocados em um recipiente de plástico que ficava sobre a base elástica. A figura 4.19 mostra a compressão da base elástica.



Figura 4.19 – Compressão da base elástica

4.6.2.2. Expansão sobre base elástica

Nas experiências de expansão sobre base elástica, a bexiga continha furos para sua fixação na placa de acrílico, como podemos ver na figura 4.20.

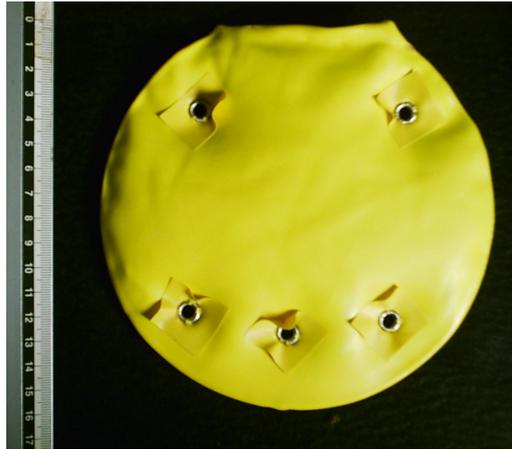


Figura 4.20 – Bexiga com furos contendo material viscoso - Geleca

O procedimento na montagem do ensaio de expansão sobre base elástica foi similar ao da base rígida, diferindo apenas na inclusão da bexiga sobre a placa. Com isso o expensor ficou em cima da bexiga, como mostra a figura 4.21.

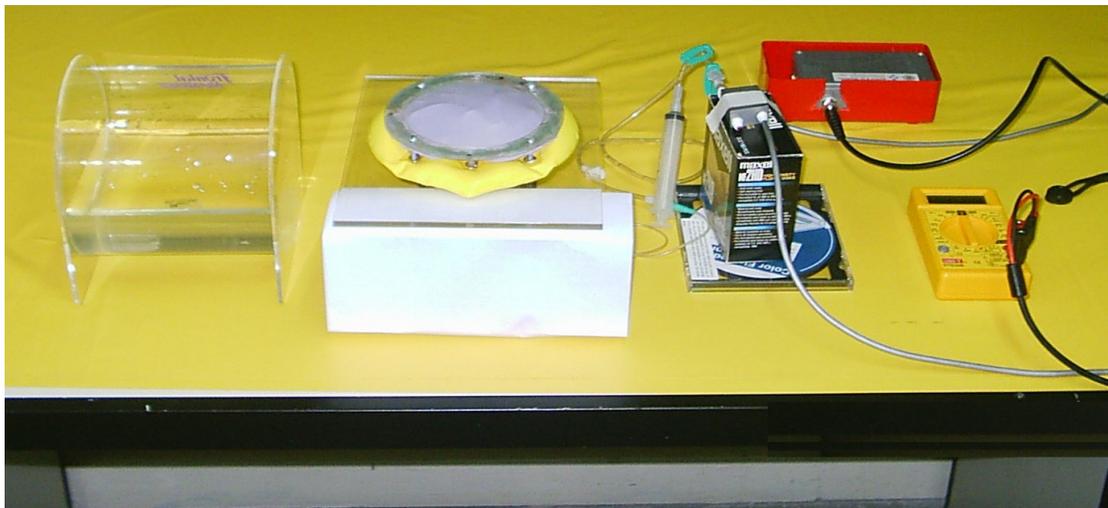


Figura 4.21 - Montagem do ensaio de expansão da borracha sobre base elástica

Como no ensaio da base rígida também podemos observar o ensaio no início e no final da expansão, pelas figuras 4.22 e 4.23, respectivamente.



Figura 4.22 - Vista superior do início da expansão sobre base elástica



Figura 4.23 - Vista superior do final da expansão sobre base elástica

O ensaio sobre base elástica também foi fotografado. A seqüência de fotos do ensaio pode ser vista nas figuras 4.24 – 4.28.



Figura 4.24 - Expansão sobre base elástica - 0 ml

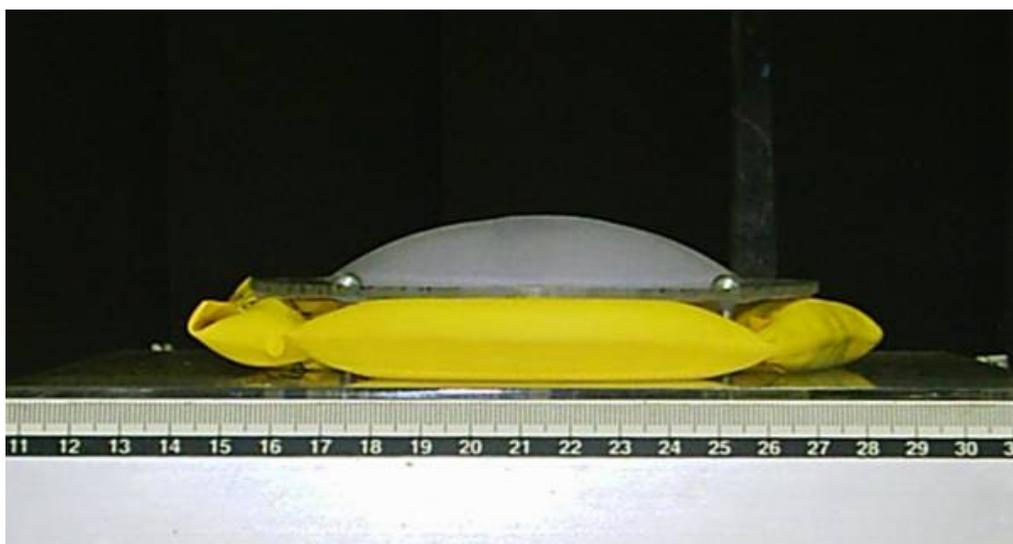


Figura 4.25 - Expansão sobre base elástica - 50 ml

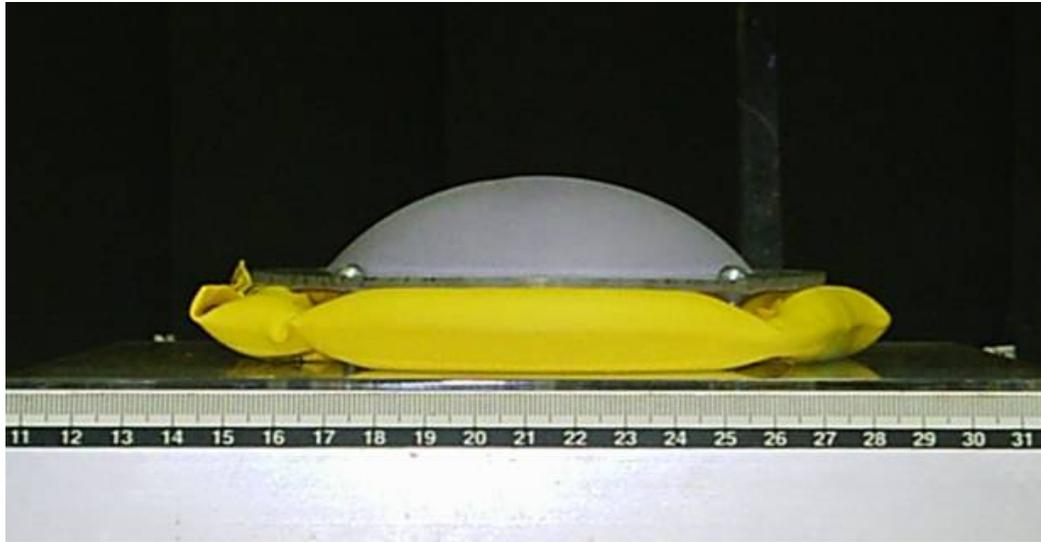


Figura 4.26 - Expansão sobre base elástica - 100 ml

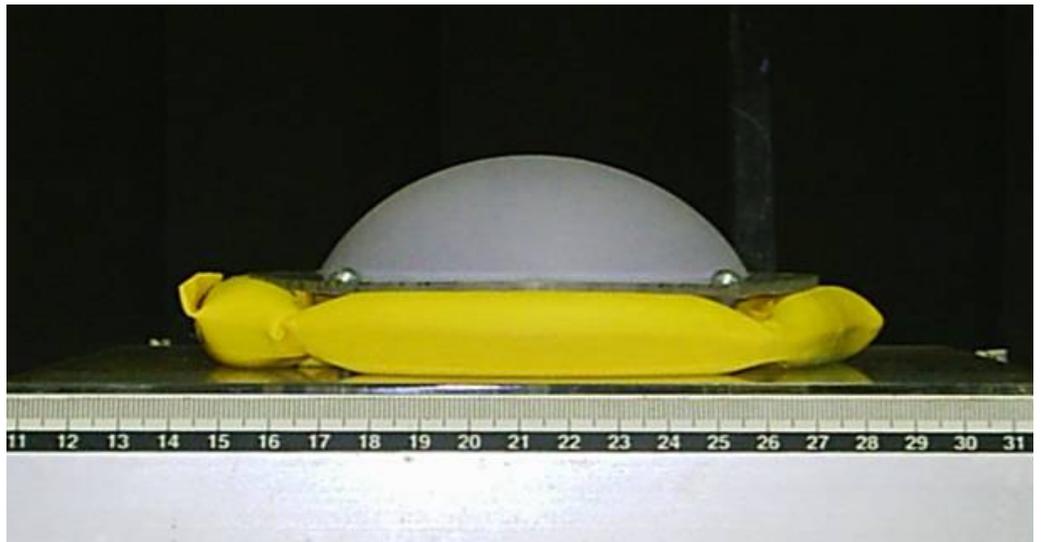


Figura 4.27 - Expansão sobre base elástica - 150 ml

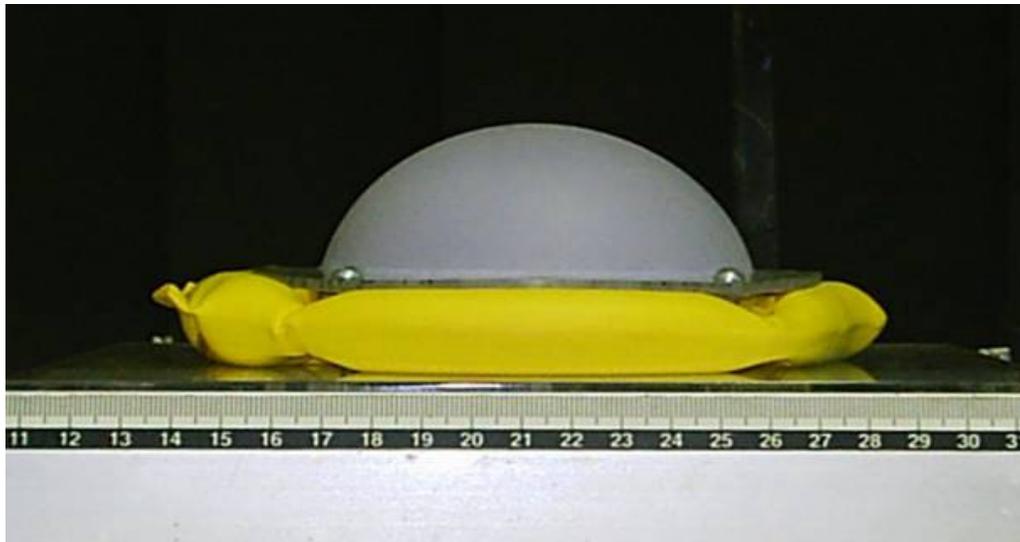


Figura 4.28 - Expansão sobre base elástica - 200 ml