

4. Programa Experimental

Para a determinação das propriedades de deformabilidade e resistência dos arenitos em estudo a serem utilizados no modelo numérico, foram executados ensaios de compressão simples (UCS) nos laboratórios do Cenpes-Petrobras. Foram também realizados ensaios de compressão em cilindros de paredes espessas para uso em modelos de previsão da produção de areia utilizando o modelo analítico de Willson (Willson, 2002). Os procedimentos para a obtenção dos corpos de provas a serem utilizados nos ensaios referidos acima são descritos a seguir.

4.1.

Preparação dos corpos de prova

Para a preparação dos corpos de prova contava-se com um testemunho de 18 cm (7,0 polegadas) de comprimento e 10 (cm) / 4,0 (polegadas) de diâmetro, identificado como Amostra 1, pertencente ao poço do reservatório em estudo e mais três testemunhos com dimensões de 10 (cm) / 4,0 (polegadas) de comprimentos por 6,50 (cm) / 2,625 (polegadas) de diâmetro de um campo vizinho, identificados como Amostras 2, 3 e 4.

Como todo processo de sondagem e transporte pode afetar aos testemunhos, antes de começar a preparação dos corpos foram feitas tomografias computadorizadas de raios X no Laboratório do Cenpes com o objetivo de observar o estado das amostras.

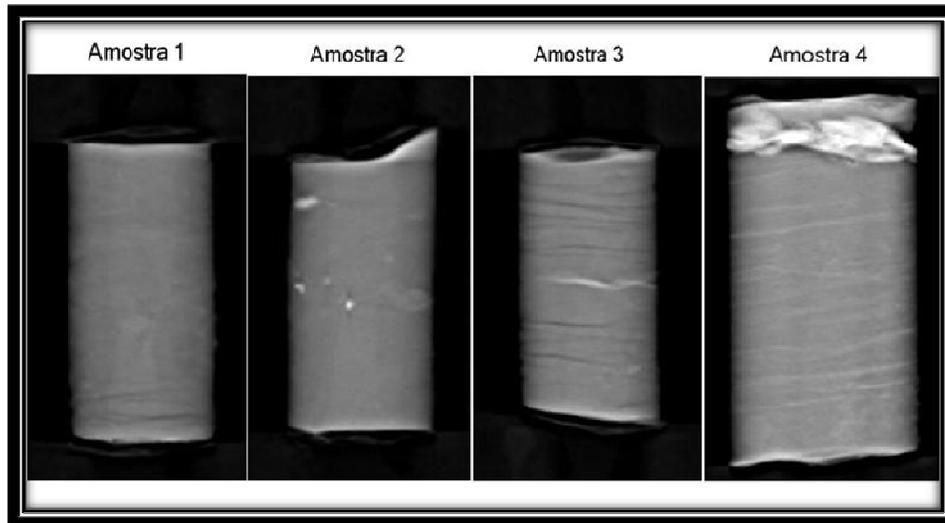


Figura 18.- Tomografia computadorizada das amostras em estudo

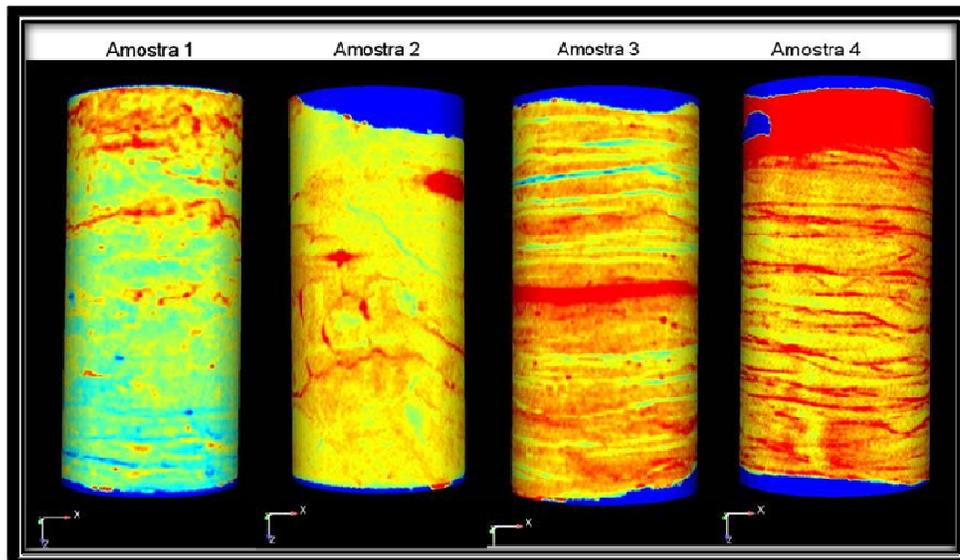


Figura 19.- Tomografia computadorizada (em escala de cores) das amostras em estudo

As figuras apresentam a presença de fraturas nos testemunhos, sobretudo, em as amostras 3 e 4. Na figura 19, a escala de cores para cada amostra é individual, porém todas representam as regiões de maior contraste tanto para menor densidade (azul) quanto para maior (vermelha)

Sendo assim, foi nestas amostras que se teve ainda mais cuidado na preparação dos corpos de prova.

A metodologia tem início com os cortes dos testemunhos com a serra circular diamantada de quarenta milímetros de espessura visando garantir a mínima perda da rocha.

Depois de cortada a seção, a amostra foi levada ao processo de usinagem em torno mecânico, na qual as superfícies são deixadas lisas, melhorando as imperfeições geradas nos processos anteriores.

As amostras para os ensaios de compressão uniaxial forem dimensionadas com diâmetros de 1,27 (cm) / 0,5 (polegadas) e comprimentos de 2,54 (cm) / 1 (polegada), mantendo desta forma a relação recomendada pelo ISRM (1981).

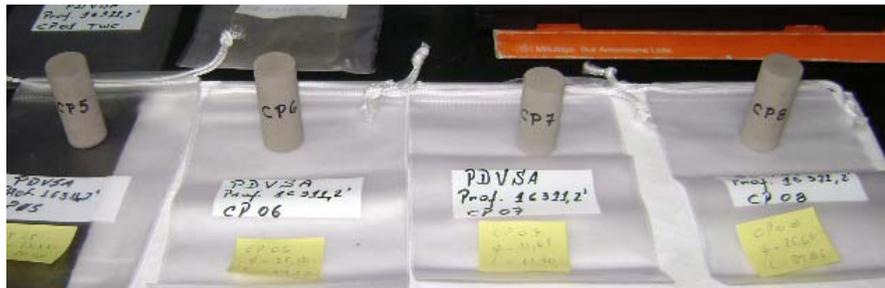


Figura 20.- Corpos de prova para os ensaio de Compressão uniaxial

No caso das amostras do ensaio de paredes espessas foi feito um furo interno que deve obedecer a uma relação 3:1 com o diâmetro externo. Neste caso, o corpo de prova é de 3,81 (cm) / 1,5 (polegadas), por tanto, o furo interno foi feito de 1,27 (cm) / 0,5 (polegadas)

A amostra é envolvida por uma membrana para impedir que o fluido do equipamento afete a constituição mineralógica do corpo, ou seja, a tensão seja transmitida diretamente na membrana e não na rocha.

Uma vez feito o furo é seguido o faceamento das superfícies através de um rebolo diamantado visando garantir o paralelismo das faces e a perpendicularidade com o eixo da amostra.



Figura 21.- Corpo de prova para os ensaio de cilindro oco

O total dos corpos de provas se apresenta na seguinte tabela

Tabela 4.- Corpos de prova

Testemunho	Corpo de prova	Litología	Tipo de ensaio
AMOSTRA 1	01	ARENITO	TWC
AMOSTRA 1	02		TWC
AMOSTRA 1	03		TWC
AMOSTRA 1	04		UNIAXIAL
AMOSTRA 1	05		UNIAXIAL
AMOSTRA 1	06		UNIAXIAL
AMOSTRA 1	07		UNIAXIAL
AMOSTRA 2	08		UNIAXIAL
AMOSTRA 2	09		UNIAXIAL

4.2.

Equipamento utilizado

Os ensaios foram executados no laboratório de Mecânica das Rochas do Centro de Pesquisa da Petrobras S.A, CENPES, no Rio de Janeiro. Para os ensaios de compressão uniaxial foi utilizado o equipamento MTS 816 de capacidade de 500 KN em compressão.

Para o ensaio TWC, foi utilizado o equipamento MTS 815, que consiste de uma prensa servo-controlada com rigidez de 10 GN/m e capacidade de 2700 KN em compressão. Para as medidas das deformações axial e radial foram utilizados extensômetros elétricos modelos MTS 632.11C-20 (axial) e

632.92C-03 (radial), cujas sensibilidades são de 2,386 mV / V (axial) e 0,765 m V / V (radial), Barroso (2002).

4.3.

Metodologia Utilizada

4.3.1.

Ensaio de Compressão Uniaxial

Optou-se pela realização dos ensaios uniaxiais com controle de deformação antes de chegar à resistência máxima, tendo em vista as vantagens que esse procedimento oferece em relação aos ensaios com tensão controlada, especialmente para a obtenção do comportamento pós-pico da rocha. A escolha da taxa de carregamento (0,05 KN/seg) obedeceu basicamente ao valor conhecido de ensaios feitos no passado e dimensionamento da amostra. A taxa de deformação radial foi de $1,20E-4$ mm/seg

Para a obtenção do comportamento pós-pico é necessário calibrar o equipamento já que o ensaio necessita fazer seguimento das deformações laterais, que no caso de corpos de provas tão pequenos é necessário.

Foram realizados também durante os ensaios ciclos de carregamento e descarregamento para identificar o comportamento elasto-plástico do material.



Figura 22.- Execução do ensaio de compressão uniaxial

4.3.2.

Ensaio de paredes espessas (*Thick walled cylinder, TWC*)

O ensaio em cilindros de paredes espessas é versátil e pode ser utilizado em diferentes aplicações. Sua geometria particular é particularmente útil para reproduzir condições de tensões ao redor de escavações subterrâneas e simular uma grande variedade de trajetória de tensões do que outros ensaios

A metodologia original do ensaio, corresponde a um corpo de prova de dimensões OD:ID:L (relação diâmetro externo, diâmetro interno, comprimento) de 25 mm: 8.5 mm: 50mm com tensões axiais e radiais iguais (mesma pressão confinante). O ensaio é realizado sem fluxo e conduzido até o colapso (perda total da coesão da parede interna) do corpo de prova. O valor é registrado como a resistência à *TWC*

Em termos de produção de areia, Veeken et al. (1991) propuseram este ensaio devido ao fato da elasticidade não linear e a plasticidade serem partes dos resultado dos *TWC*. O ensaio compreende os seguintes passos:

- As amostras são previamente saturadas com óleo por aproximadamente 24 horas. Isto com a idéia de representar as condições de um túnel canhoneado.



Figura 23.- Saturação das amostras. Ensaio de cilindro oco, ou *TWC*



Figura 24.- Corpo de prova saturado

- Revisão das dimensões da amostra, sobretudo, a uniformidade do diâmetro interno.
- Colocação dos *caps* na base e topo da amostra os quais são fixados com fita adesiva.
- Cobertura da amostra com membrana termo-retractil “teflon”, a qual é aderida ao corpo de prova utilizando-se um soprador térmico marca Steinel modelo HL 1800E de 200 a 1500 (W) que atinge temperaturas de até 600 (°C). Logo depois, o topo e base são amarrados com arame (entre os *caps* e a camisa). Todo o processo é apresentado na seguinte figura.



Figura 25.- Colocação dos *caps* no corpo de prova

- O processo continua com a montagem dos extensômetros elétricos ao redor do corpo de prova e logo na célula triaxial (figura 26)



Figura 26.- Montagem dos extensômetros elétricos



Figura 27.- Execução do ensaio de cilindro oco

- O ensaio começa sendo expulsas as bolhas de ar no sistema. Logo a amostra é colocada em um pré-carregamento de 0,3 (Mpa) aproximadamente com o objetivo de evitar deformação excessiva durante a pressurização.
- É enchido o furo interno com óleo, para logo fazer mais uma prova de que não exista ar no sistema.
- Começa o carregamento tipo hidrostático a uma taxa de acréscimo de 0,1 KN por segundo

- São medidas as deformações axiais e laterais através dos extensômetros.
- Quando é observada a inflexão da curva de deformação, momento no qual começa o colapso do material a taxa de confinamento é baixada e é deixado até o corpo de prova romper.
- É assentado o valor de colapso, conhecido como resistência à *TWC*