

Universidade de São Paulo

Instituto de Geociências

**ENSAIO DE COMPRESSÃO UNIAXIAL EM CORPOS DE PROVA EM
DIFERENTES TIPOS DE ROCHAS**

**Comparação Entre os Valores dos Módulos de Elasticidade e Ruptura
Obtidos, em Particular e Entre Si, Para Diferentes Tipos de Rocha e Análise
Crítica dos Modos de Ruptura**

Felipe Manica de Souza

Orientador: Francisco de Assis Cavallaro

co-Orientador: Edilson Pissato

Monografia de Trabalho de Formatura

(TF-16/18)

São Paulo

2016

**ENSAIO DE COMPRESSÃO UNIAXIAL EM CORPOS DE PROVA EM
DIFERENTES TIPOS DE ROCHAS**

**Comparação Entre os Valores dos Módulos de Elasticidade e Ruptura
Obtidos, em Particular e Entre Si, Para Diferentes Tipos de Rocha e Análise
Crítica dos Modos de Ruptura**

De acordo:

Aluno: Felipe Manica de Souza



Orientador: Francisco de Assis Cavallaro



co-Orientador: Edilson Pissato

Agradecimentos

Primeiramente, gostaria de agradecer ao professor Francisco pelo apoio dado durante o trabalho e pela paciência. Também, agradeço ao professor Pissato pela ajuda, principalmente, para a obtenção das amostras e apoio teórico.

Agradeço ao Aluisio e ao Arthur, e a empresa EPT, por me ajudarem a obter os testemunhos de sondagem, sem os quais os testes não seriam realizados.

Ao professor Fernando Marinho pelo suporte e paciência, desde a montagem da prensa, a disposição de tirar dúvidas.

Ao Chiquinho pelos esforços para fazer o bender funcionar.

A professora Tatiana por ter dado uma ajuda fundamental, nos cortes das amostras e, principalmente, nos monótonos testes de ruptura, e a UNICID, por me deixar usar a moderna aparelhagem dessa instituição.

Índice

I. RESUMO	1
II. ABSTRACT	2
III. INTRODUÇÃO	3
IV. METAS E OBJETIVOS	4
V. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA	4
V. 1 Fórmulas e parâmetros	4
V. 2 Preparação das amostras	10
V. 3 Equipamento	12
V. 4 Realização do teste	12
V. 5 A influência de propriedades intrínsecas das rochas no teste	14
V. 5. 1 Módulo de elasticidade	14
V. 5. 2 Módulo de ruptura	15
VI. MATERIAIS E MÉTODOS	16
VI. 1 Amostras	16
VI. 1. 1 Preparação	16
VI. 1. 2 Descrição	17
VI. 2 Equipamento	21
VI. 2. 1 Prensa hidráulica manual.....	21
VI. 2. 2 Prensa elétrica digital.....	22
VI. 3 Realização dos testes	23
VI. 3. 1 Ensaaios na prensa hidráulica	23
VI. 3. 2 Ensaaios na prensa elétrica digital.....	24
VI. 4 Tratamento dos dados.....	24
VII. RESULTADOS OBTIDOS.....	25
VII. 1 Apresentação dos resultados	25
VII. 2 Dificuldades encontradas	29
VII. 2. 1 Em relação às amostras	29
VII. 2. 2 Em relação aos testes dinâmicos.....	30
VII. 2. 3 Em relação ao ensaio de compressão uniaxial	31

VII. 2. 3. 1 Prensa hidráulica manual	31
VII. 2. 3. 2 Prensa elétrica digital	32
VII. 2. 4 Durante o tratamento dos dados	33
VII. 3 Alterações nos objetivos originais.....	37
VIII. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	38
VIII. 1 Módulo de elasticidade (Young)	38
VIII. 2 Módulo de ruptura	40
VIII. 3 Correlação entre os módulos de ruptura e Young.....	43
VIII. 4 Modo de ruptura	46
VIII. 5 Relação entre o modo de ruptura e o módulo de ruptura.....	51
IX. CONCLUSÕES.....	53
X. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

I. RESUMO

Neste trabalho foram realizados ensaios de compressão uniaxial em corpos de prova de diferentes tipos de rocha. Determinou-se a partir destes os módulos de elasticidade (Young) e ruptura.

Inicialmente, obtiveram-se testemunhos de sondagem de diferentes corpos rochosos. Esses foram então cortados com base em padrões de medida específicos (razão comprimento:diâmetro de 2 a 2,5:1) para formar amostras cilíndricas. Realizou-se então uma descrição litológica e coletaram-se dados de comprimento, peso e ângulo de camadas (foliações e laminações) das mesmas.

Feito isso, executaram-se ensaios de compressão uniaxial, durante os quais os corpos de prova foram submetidos a uma força compressiva. Anotou-se a deformação que cada corpo sofria conforme a tensão era aumentada. Incrementou-se a tensão até que houvesse ruptura, obtendo-se assim o módulo de ruptura. Relatou-se o modo de ruptura de cada amostra.

Prosseguiu-se com a construção da curva de tensão-deformação para cada amostra, através da qual o módulo de Young foi calculado.

Em seguida, comparou-se entre os resultados obtidos quantitativamente, através do uso de gráficos e tabelas, e qualitativamente, através da análise crítica dos gráficos e tabelas. Comparações foram feitas das diferenças dos resultados obtidos com o esperado através da literatura e dos distintos valores observados para os diferentes litotipos. Em seguida, empreendeu-se a explicar os motivos causadores das variações.

Em geral, observou-se que os módulos de Young obtidos foram menores que os registrados na literatura. Isso devido às limitações da prensa com que se realizaram os testes, em termos da baixa carga aplicada e o alto tempo de execução dos ensaios. Notou-se ainda, que poros e fraturas tendem a se fecharem mais rapidamente em rochas mais moles.

Em relação aos módulos de ruptura, esses tiveram resultados mais coerentes com a literatura, apesar de relativamente baixos. Não obstante isso, pode-se chegar às conclusões de que rochas ígneas e metamórficas de menor granulometria são menos resistentes.

Finalmente, analisando o módulo de ruptura em conjunto com o modo de ruptura, constatou-se que rochas que se quebram em planos bem definidos tendem a ter menores módulos.

II. ABSTRACT

This project revolves around the uniaxial compression test, aiming at determining both the modulus of elasticity (Young) and the modulus of rupture for different rock types.

Initially, cores were obtained for different rock bodies. These were then cut, based on specific patterns of measurement (length:diameter ratio from 2 to 2,5:1), to form cylindrical samples. Concerning these, a lithological description and collection of data, such as length, weight and angle of layers (foliation and laminations) was then done.

Subsequently, the uniaxial compression test was executed. During the test, a progressively increasing compressive force was applied on the sample. Measurements were taken at certain intervals of loading for the corresponding deformation suffered. The load was raised up until the rock underwent ultimate failure, thus obtaining the compressive strength. The mode of rupture for each sample was then registered.

Thereafter, a stress-strain curve was made for each sample, through which the modulus of Young was then calculated.

Afterwards, the results were compared quantitatively, through the use of graphs and tables, and qualitatively, through the critical analysis of those graphs and tables. Comparisons were made regarding the differences between the results obtained and those that were expected based on the literature, and between the distinct values acquired for the different types of rock. Following that, there was an endeavor as to explain the motives that caused the variations.

Generally, it was recognized that the Young moduli arrived at were lower than those registered on the literature. This is due to limitations regarding the press with which the tests were done, in terms of the low load capability of the apparatus and the long time taken for the completion of the trials. It was realized, nevertheless, that pores and fractures tend to close more rapidly in softer rocks.

Concerning the rupture moduli, the results were more sensible with regards to the literature, albeit relatively low. Nonetheless, it was possible to reach the conclusion that igneous and metamorphic rocks with smaller grain sizes are less resistant.

Finally, through the integrated analysis of the modulus of rupture and the mode of rupture, it was concluded that rocks which preferentially break in well defined planes tend to have lower moduli values.

III. INTRODUÇÃO

A preocupação com a estabilidade e, conseqüentemente, segurança de maciços rochosos relacionados a obras, como túneis, pedreiras, fundações em geral, etc, gera a necessidade da criação de uma área fundamental de estudo dentro da geologia de engenharia, dedicada ao estudo da mecânica das rochas (Rahn 1986).

Dessa forma, é importante que engenheiros saibam como rochas e maciços rochosos se deformam quando sujeitos a diversas cargas relacionadas a estruturas. Essa deformação pode ser na forma de recalque, subsidência da superfície ou o fechamento de paredes em aberturas subterrâneas. A estabilidade de represas, por exemplo, está ligada a deformação da rocha da fundação quando submetida a carga gerada pelo peso do concreto da estrutura. Essa deformação pode ser instantânea ou levar um longo tempo, e é função da deformabilidade, tanto em termos da rocha intacta (ligada ao tipo de rocha), como do efeito de descontinuidades (Amadei).

Diferentemente de materiais produzidos antropicamente, como o aço e concreto, analisados no ramo da mecânica de materiais, que são homogêneos (mesma composição por todo o corpo) e isotrópicos (mesma propriedade direcional por todo o corpo), rochas são heterogêneas e anisotrópicas. É comum então a simplificação e generalização dos métodos analíticos através da consideração da rocha como sendo homogênea e isotrópica (Rahn, 1986).

Essa simplificação significa que dados laboratoriais para rochas não são tão confiáveis como aqueles obtidos para materiais na engenharia civil. Entretanto, é fundamental que se tenha uma compreensão dos testes laboratoriais uma vez que eles dão origem a modelos e fórmulas derivadas dos mesmos. Esses testes são imprecisos por não refletirem imprecisões de grande escala, que seriam encontradas *in situ*, como juntas, falhas, diferenças na composição mineralógica, etc (Rahn, 1986).

O teste realizado no presente trabalho foi o de compressão uniaxial, efetuado em corpos de prova cilíndricos, que permite a determinação dos módulos de Young e de ruptura.

O primeiro exemplo de medição da deformação elástica em rochas se deu durante a construção do túnel de Amsteg em 1920 ao norte dos Alpes suíços pela *Swiss Federal Railways*. Para isso, escavou-se uma galeria sem saída, essa foi selada por um selo de concreto e uma cobertura de aço, sendo subseqüentemente enchida de água sob pressão. Na galeria havia sido instalado um aparelho denominado *spider*, com seis braços, cujas variações de comprimento eram medidas em uma bitola. O módulo volumétrico de elasticidade foi então calculado dividindo-se a tensão (pressão de água) pela deformação (Jaeger, 1979).

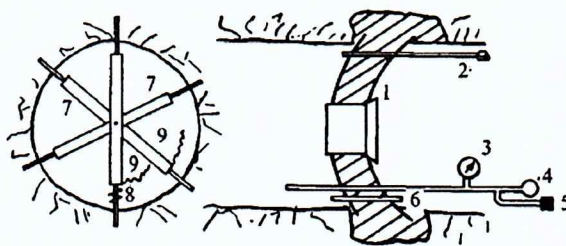


Fig. 1- Esquema de teste para medir o módulo de elasticidade com água sob pressão em galeria (Jaeger, 1979).

A descrição acima ilustra a complexidade de se efetuarem testes estáticos de grandes magnitudes no campo, tanto em relação à duração dos mesmos, como em termos econômicos e de praticidade. Além disso, tal teste poderia apenas vir a ser realizado após as obras estarem em andamento, e apenas quando as mesmas envolverem a abertura de galerias subterrâneas. Testemunhos de sondagem oferecem a oportunidade de se obter uma amostragem direta da área antes do início das obras, em grandes profundidades, que quando aliada ao uso de geofísica para complementar as informações faltantes entre um furo e outro, fornece uma boa compreensão dos materiais e suas características, presentes no subsolo, o que é interessante para um trabalho de reconhecimento. Testes realizados em corpos de prova confeccionados a partir de testemunhos coletados, como o de compressão uniaxial, levam a determinação das propriedades de solos e rochas, o que pode vir a oferecer dados úteis, por exemplo, que ajudariam a estabelecer a estabilidade do local.

IV. METAS E OBJETIVOS

Efetuar ensaios de compressão uniaxial em corpos de prova de diferentes tipos rocha confeccionados a partir de testemunhos de sondagem. Determinar através dos testes os módulos de elasticidade (Young) e ruptura para os diferentes tipos de rocha. Analisar separadamente os resultados obtidos para cada litotipo. Comparar quantitativamente, através do uso de gráficos e tabelas, e qualitativamente, através da análise crítica dos gráficos e tabelas, as diferenças nos valores encontrados para as distintas rochas. Procurar explicar os motivos de tais variações, tomando-se como base a fundamentação bibliográfica. Por fim, relatar e empreender a justificar o(s) modo(s) de ruptura observado(s) para cada tipo litológico.

V. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

V. 1 Fórmulas e parâmetros

O teste a ser realizado é o de compressão uniaxial não confinado, por esse busca-se encontrar os parâmetros abaixo.

Tensão (σ) é força (F) por unidade de área (A) que é aplicada em um plano específico do material. Apesar de não poder ser medida diretamente, pode ser calculada assumindo-se que ela está uniformemente distribuída no material. A unidade de tensão é N/m^2 ($1\text{N/m}^2 = 1\text{Pa}$), sendo que Newton é a unidade definida como a força necessária para acelerar 1Kg à 1m/s^2 (Rahn, 1986; ASTM, 2002; Lama e Vutukuri, 1978).

Utilizam-se as fórmulas $\sigma = \frac{F}{A}$ e $\epsilon = \frac{L-L_0}{L_0}$, onde ϵ é a medição da deformação de um material em resposta a uma carga aplicada e L é a deformação axial. ϵ é adimensional, uma vez que ele consiste na divisão de comprimento por comprimento (Rahn, 1986; ASTM, 2002; Lama e Vutukuri, 1978).

Para um domínio elástico, a lei de Hooke (válida para molas, onde, $k = \frac{F}{x}$) é válida analogamente, com a tensão substituindo a força (Rahn, 1986; ASTM, 2002; Lama e Vutukuri, 1978).

Utiliza-se a fórmula $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$, onde E é a constante de proporcionalidade, conhecida como o módulo de Young ou de elasticidade, tendo como unidade N/m^2 . Experimentalmente, E pode ser obtido através da curva de tensão-deformação (Rahn, 1986; ASTM, 2002).

O módulo de Young mede a rigidez de um material, o que é a força necessária para deformar um material (para causar uma mudança de comprimento/ relacionado à deformação elástica), e não resistência que é a força necessária para causar ruptura (o que é dado pelo módulo de ruptura/ relacionado à deformação plástica).

Uma curva tensão-deformação em laboratório é invariavelmente não linear. Apesar de o termo módulo de Young ser utilizado apenas para materiais linearmente elásticos, ele é calculado para rochas através do módulo da secante ou tangente. Normalmente usa-se a tensão a 50% do módulo de ruptura (Pells, 1993) (Fig. 2a e Fig. 2c). Outro método para o cálculo do módulo de elasticidade se dá pela utilização da média da parte mais ou menos linear da curva tensão-deformação (Fig. 2b). Nota-se pela Fig. 2 que o comportamento do material rochoso a 50% de tensão é (aproximadamente) elástico linear, o que é importante uma vez que a lei de Hook se aplica apenas para deformação linear e, como pode ser visto pelo gráfico, um mais alto valor de tensão tende a entrar em um campo não linear de deformação.

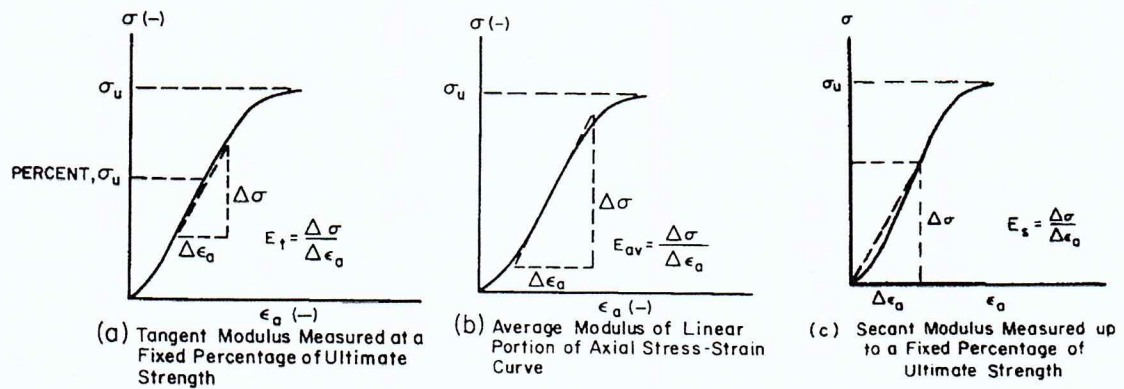


Fig. 2- (a) Módulo de elasticidade calculado graficamente pela tangente medida a uma porcentagem fixa do módulo de ruptura (normalmente utilizando-se 50% da tensão de ruptura). (b) Módulo de elasticidade calculado graficamente pela média da parte linear da curva tensão-deformação. (c) Módulo de elasticidade calculado graficamente pela secante que se estende da origem até uma porcentagem fixa do módulo de ruptura (normalmente utilizando-se 50% da tensão de ruptura). (ASTM, 2002).

Nota-se o fato de que o valor do módulo de Young no início do teste é pequeno (na parte não linear da curva), ou seja, uma carga causa uma deformação muito grande. Postula-se que a causa de tal fenômeno é a presença de fraturas e poros, o processo de fechamento dos quais durante estágios iniciais do ensaio resulta em uma maior deformação e consequentemente um menor módulo de elasticidade (Jaeger, 1979).

	Granite	Basalt	Gneiss	Schist	Quartzite	Marble	Limestone	Sandstone	Shale
Av. E	59.3	62.6	58.6	42.4	70.9	46.3	50.4	15.3	13.7
Max. E	75.5	100.6	81.0	76.9	100.0	72.4	91.6	39.2	21.9
Min. E	26.2	34.9	16.8	5.9	42.4	23.2	7.7	1.9	7.5
Range	49.3	65.7	64.2	71.0	57.6	49.2	83.9	37.3	14.4
No. of samples	24	16	17	18	10	16	29	18	9

Tabela 1- Valores típicos do módulo de Young (em GPa) para nove tipos comuns de rocha (Johnson e Degraff, 1988, apud Amadei).

A resistência do corpo é um reflexo do módulo de ruptura (*uniaxial compressive strength*), basicamente a tensão registrada quando a rocha colapsa/ se rompe. Materiais rochosos fracos são aqueles com módulo de ruptura menor que 15MPa, intermediários de 15 a 50MPa e resistentes aqueles acima de 50MPa (Pells, 1993). O módulo de ruptura é usualmente medido em quilo por centímetro quadrado ou libra por polegada quadrada nos EUA ($1\text{kg/cm}^2 = 14.2\text{lb/in}^2$) (Jaeger, 1979).

É importante lembrar que não só o litotipo, mas também o grau de fraturamento e o grau de intemperismo influenciam o valor de ruptura. A Tabela 2 indica como o valor do módulo de ruptura para um determinado tipo de rocha possui grande variação, logo o conhecimento

apenas do tipo de rocha não é o suficiente para fazer previsões sobre o seu valor. Apenas quando se há uma base de dados já existente para o local de origem da amostra, como grau de intemperismo e uma descrição litológica, fatores de grande influência no módulo de ruptura, esses dados podem ser compilados e considerados para se fazer uma previsão razoável (Pells, 1993).

Material	Number of different materials	Unconfined compressive strength	
		Mean (MPa)	Range (MPa)
Andesite	10	140	77-304
Basalt	34	156	42-355
Chert	4	244	202-360
Conglomerate	12	106	18-226
Diabase	15	238	115-320
Diorite	14	192	64-333
Dolerite	3	294	211-410
Dolomite	16	123	33-420
Gabbro	6	218	126-311
Gneiss	39	154	26-340
Granite	76	183	58-300
Greywacke	12	81	30-221
Limestone	149	105	12-294
Phyllite	9	97	7-314
Quartzite	47	232	77-629
Salt	19	46	21-157
Sandstone	116	98	10-318
Schist	21	96	24-245
Shale	53	106	4-504
Tuff	19	57	4-290

Tabela 2- Módulo de ruptura para diferentes tipos de rocha (Compilado por Pells, 1993, a partir de Lama e Vutukuri, 1978).

Rock type	Uniaxial compressive strength (MPa)		
	Min.	Max.	Mean
Chalk	1-1	1-8	1-5
Rocksalt	15	29	22-0
Coal	13	41	31-6
Siltstone	25	38	32-0
Schist	31	70	43-1
Slate	33	150	70-0
Shale	36	172	95-6
Sandstone	40	179	95-9
Mudstone	52	152	99-3
Marble	60	140	112-5
Limestone	69	180	121-8
Dolomite	83	165	127-3
Andesite	127	138	128-5
Granite	153	233	188-4
Gneiss	159	256	195-0
Basalt	168	359	252-7
Quartzite	200	304	252-0
Dolerite	227	319	280-3
Gabbro	290	326	298-0
Banded ironstone	425	475	450-0
Chert	587	683	635-0

Tabela 3- Módulo de ruptura para rochas intactas (Bieniawski, 1973, apud Jaeger, 1979).

O gráfico de Deere-Miller a seguir (Fig. 3) ilustra a correlação entre o módulo de ruptura e o módulo de Young para diferentes tipos de rocha, com os valores de ambos os módulos aumentando sincronicamente, como é possível ver na variação linear do xisto (Pells, 1993).

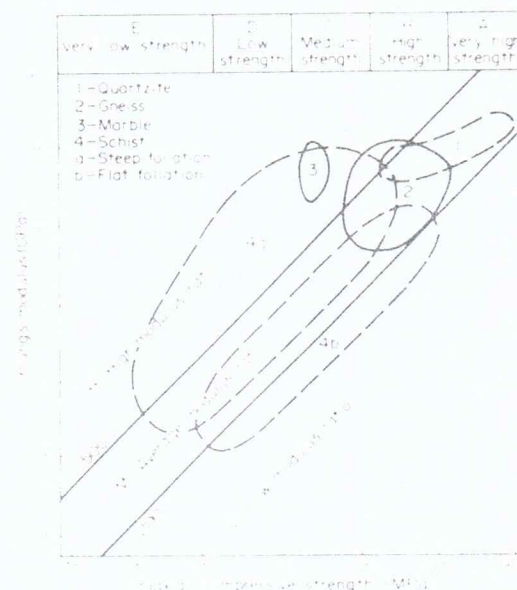


Fig. 3- Gráfico módulo de ruptura versus módulo de elasticidade para diferentes tipos de rocha (Pells, 1993).

Rock type	Ratio modulus UCS
Basalt	200-500
Granite	300-500
Limestone	300-500
Sandstone	100-400
Shale	80-300

Tabela 4- Razão entre módulo de Young e compressão uniaxial para diferentes tipos de rocha (Pells, 1993).

Na maioria das rochas o módulo de ruptura diminui com o aumento da razão comprimento/diâmetro (L/D). Isso tende a ser insignificante em rochas de granulometria fina, mas é algo bem significativo em rochas de granulometria grossa ou em materiais fissurados como lamitos e carvão (Pells, 1993).

A Fig. 4 ilustra os modos de ruptura que podem ocorrer em ensaios de compressão uniaxial. O fraturamento pode ser de modo tensional (criação de uma fratura paralela ao eixo de aplicação de carga), ruptura ou ainda de modo cisalhante por um plano de fraqueza pré-existente na rocha (Jaeger, 1979).

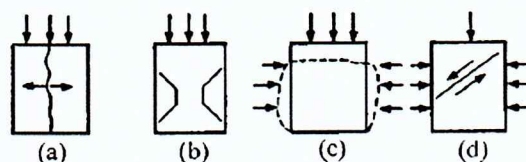


Fig. 4- Tipos de rompimento de material rochoso (a) tensional; (b) rompimento cisalhante (c) deformação viscoplástica; (d) cisalhamento ao longo de fratura (Jaeger, 1979).

Entretanto, não há um modo geral de ruptura para as rochas, mesmo que de um mesmo tipo. No caso de rochas anisotrópicas como xistos, folhelhos e ardósia, o modo de falha pode ser pela separação das foliações caso estas estejam orientadas paralelamente ao vetor de carga aplicada ou cisalhamento, caso a orientação esteja entre 40° e 80° do eixo (Pells, 1993).

Um corpo de prova pode ser capaz de sustentar uma carga mesmo após ruptura. Pells (1993) cita que Wawersik e Fairhurst detectaram dois tipos de comportamento pós-ruptura (Fig. 5). Pells (1993) cita ainda Bieławski, Denkhaus e Vogler, para os quais o comportamento de ruptura é influenciado pela forma, pelo material e pelo sistema de aplicação de carga, dessa forma, é dito que para um dado material é possível se obter qualquer formato de curva pós-ruptura através da manipulação da geometria do corpo de prova.

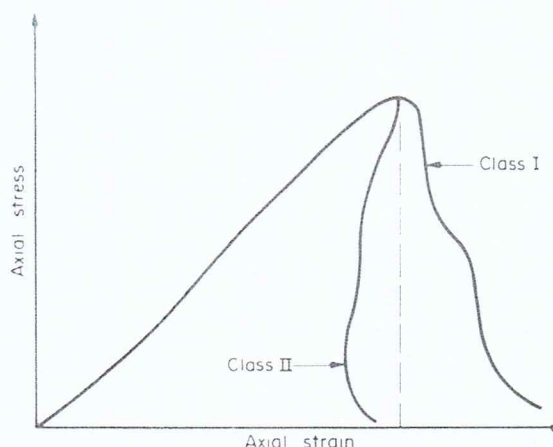


Fig.5- Dois modos de comportamento pós-ruptura, sendo o II mais abrupto do que o I (Pells, 1993).

Na maioria das rochas o módulo de ruptura diminui com o aumento da razão comprimento/diâmetro (L/D). Isso tende a ser insignificante em rochas de granulometria fina, mas é algo bem significativo em rochas de granulometria grossa ou em materiais fissurados como lamitos e carvão (Pells, 1993).

A teoria de Weibull explica a diminuição do módulo de ruptura com o aumento do tamanho, através da visualização de um cilindro de amostra como a soma de diversos cilindros menores, e que a tenacidade do corpo não depende da média da tenacidade dos pequenos cilindros, mas naquele cilindro com menor tenacidade (Jaeger, 1979).

Jaeger (1979) cita experimentos de compressão uniaxial realizados por Bernaix (1966) em cilindros de rocha de 10, 36 e 60mm de diâmetro e altura o dobro do diâmetro. Testou-se de 30 a 80 cilindros de cada tamanho. Ele então calculou a razão entre os módulos de ruptura para 10mm (R_{10}) e 60mm (R_{60}) bem como a razão entre a variância (S_d) e a média (M) e compilou a seguinte tabela:

Rock type	Fissures	S_d/M	R_{10}/R_{60}
Very poor gneiss	microfissures; microfractures, very intense	0.37	2.90
Poor gneiss	microfissures; microfractures; macrofractures, intense	0.30	1.90
Jurassic limestone	microfissures, very few; macrofractures, intense	0.25	1.40
Biotite gneiss	microfissures, average	0.22	1.25
Compact limestone	no microfissures	0.005	1.0

Tabela 5- Grau de faturamento e razões entre variância/ média e módulos de ruptura para cilindros de 10mm e 60mm para rocha (Bernaix ,1966, apud Jaeger, 1979).

Nota-se que a tabela está de acordo com teoria de Weibull e o que foi dito por Pells (1993), quanto mais fraturadas as rochas maior o valor do módulo de ruptura para cilindros de 10mm tende a ser, comparado a cilindros de 60mm. Além disso, há uma maior dispersão de valores quanto maior o grau de faturamento.

Ressalta-se que os valores da tabela acima não se relacionam diretamente com o valor absoluto do módulo de ruptura das rochas, com uma rocha dura fraturada podendo ter um valor maior que uma rocha mole não fraturada (Jaeger, 1979).

Jaeger (1979) cita Deere e Miller (1966), que após a realização de experimentos em 80 amostras de granito, 26 de diabásio e 70 de basalto compilaram os dados e fizeram as seguintes classificações:

(a)			32000 lb/in ² = 220,63MPa
Class	Description	Ultimate compressive strength (lb/in ²)	
A	very high strength	32 000	
B	high strength	16 000-32 000	16000lb/in ² = 110,32 MPa
C	medium strength	8 000-16 000	8000lb/in ² = 55,16MPa
D	low strength	4 000-8 000	
E	very low strength	4000	4000lb/in ² =27,58MPa
(b)			
Class	Description	Modulus ratio	
H	high modulus ratio	500	
M	medium ratio	200-500	
L	low modulus ratio	200	
(c)			
Class	Space		
very close	2 in (5 cm)		
close	2 in to 1 ft (5 cm to 30 cm)		
moderately close	1 ft to 3 ft (30 cm to 90 cm)		
wide	3 ft to 10 ft (1 m to 3 m)		
very wide	10 ft (> 3 m)		

Tabela 6- (a) Classificação de rochas intactas com base no módulo de ruptura. (b) Classificação de rochas intactas com base na razão E/σ . (c) Classificação geológica de rochas intactas com base no espaçamento de fraturas (Deere e Miller, 1966, apud Jaeger, 1979).

V. 2 Preparação das amostras

Para os testes de compressão uniaxial usa-se cilindros retos com aproximadamente 2,5, 5,0 ou 7,5cm de diâmetro (1, 2 ou 3 polegadas) (Jaeger, 1979) onde o valor do diâmetro recomendado é ao menos 10 vezes maior que o maior grão ou fissura, o que pode acarretar

em diâmetros maiores que 300mm. Entretanto, razões econômicas normalmente põem um limite de 80mm, com um diâmetro em torno de 50mm sendo usualmente utilizado, e um comprimento de duas a três vezes o diâmetro (Pells, 1993). O diâmetro mínimo recomendado pela ASTM (2001) é de 1 7/8 polegadas (47mm) enquanto a razão comprimento/ diâmetro recomendada é de 2,0 a 2,5.

As faces da amostra (base) devem ser polidas com ao menos 0,02mm de precisão para rochas resistentes, 0,05mm para médias e 0,1mm para fracas e as laterais retas, com um desvio de não mais que 0,3mm (1,5mm para rochas fracas, 1mm para médias e 0,5mm para resistentes). Para verificar se o corpo de prova se enquadra nesse requisito, a recomendação dada pela ASTM (2001) é a de que o mesmo seja rolado em uma superfície plana e lisa, e que o maior espaço entre ambos não exceda o valor de 0,02 polegadas (0,5mm). Outra possibilidade ainda é de colocar a amostra em um bloco em V (Fig. 6), no qual os lados do mesmo estejam a 90° um do outro, posicionar um micrometro sobre a amostra e mover a mesma de um lado para o outro do bloco, sem rotacioná-la, observando-se as alterações máximas e mínimas medidas. Rotacionar a amostra para 120° e depois para 240°, repetindo o processo de medição para cada caso. Verificar se a maior diferença entre valores não passa de 0,5mm.

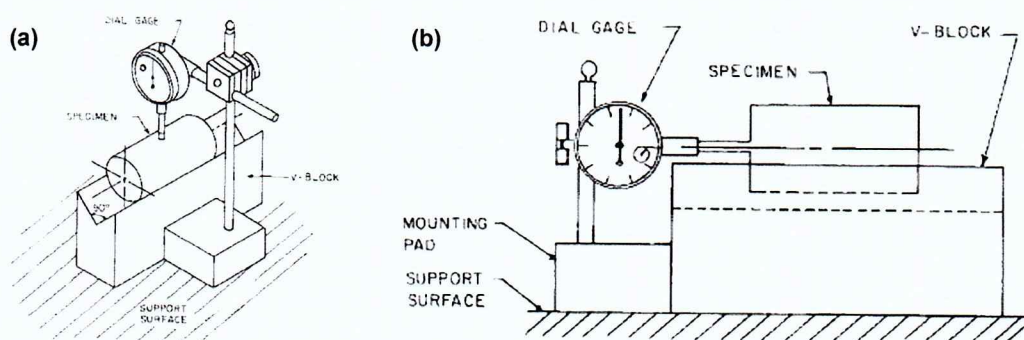


Fig. 6: (a) Configuração para se medir/determinar a nivelção da lateral da amostra. (b) Configuração para determinação da condição planar da base do corpo de prova e se o mesmo é perpendicular à lateral (ASTM, 2001).

A superfície deve estar ainda paralela ao eixo com 0,02rad para rochas fracas, 0,01rad para rochas médias e 0,005rad para rochas duras. A ASTM (2001) tolera no máximo 0,001 polegadas (0,0254mm) de irregularidade no plano circular do cilindro. Não se recomenda a estocagem por mais de 30 dias devido à perda de água, o que prejudicaria a confiabilidade do estudo. Rochas como granitos, basaltos, quartzitos, calcários e arenitos podem ser estocadas por mais tempo, entretanto, rochas argilosas ou metamórficas, cujos minerais podem se desidratar, devem ser testadas o mais rapidamente possível depois da sondagem.

O número de amostras deve ser considerado por razões práticas, entretanto um número de pelo menos cinco é preferível (Bieniawski e Bernede, 1979).

V. 3 Equipamento

Para o efetuar o teste recomenda-se um disco cilíndrico (prensa), de espessura entre 15 e 20mm, de cada lado da amostra, de dureza mínima HRC58 na escala Rockwell, sendo feitos normalmente de aço inox (ASTM, 2002; Bieniawski e Bernede, 1979). Idealmente os discos devem ter no mínimo o mesmo diâmetro que o corpo de prova e no máximo 1,5 a 2mm a mais que o diâmetro do corpo de prova (ASTM, 2002; Bieniawski e Bernede, 1979). A placa da base é fixa e a do topo é rosqueada a um cano compressor que aplica a carga. Pode-se colocar uma esfera no topo do disco superior que tem a capacidade de se movimentar livremente e de ser travada no local, pois sua função é fazer com que os dois discos estejam paralelamente posicionados (ASTM, 2002).

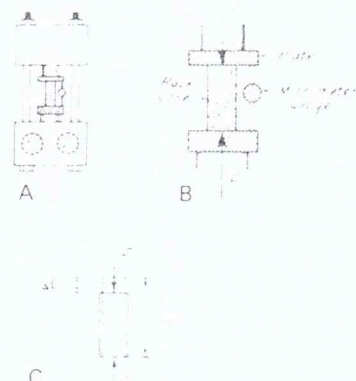


Fig. 7- A. Máquina de compressão (prensa). B. Medidor micrometro (*Micrometer Gauge*) para medir a deformação. C. Esquema de deformação da rocha (Johson, 1970, apud Rahn, 1986).

O equipamento deve ser capaz de aplicar a carga de modo controlável mecanicamente ou eletronicamente. O equipamento deve ter uma precisão de 1% na medição da tensão (Bieniawski e Bernede, 1979).

Para medir a tensão é necessário um medidor micrométrico/ compressômetro. Para medir a deformação axial os medidores são colocados por volta do corpo de prova a meia altura igualmente espaçados (ASTM, 2002). Não se recomenda que os micrometros sejam ligados ao disco de prensa, ou seja, deve se medir a deformação diretamente do corpo de prova e não pela descendência da prensa. Esses podem ser de três tipos, mecânico, elétrico ou ótico. Recomenda-se o uso de um micrometro com precisão mínima de 1 μ m (Lama e Vutukuri, 1978).

V. 4 Realização do teste

Recomenda-se a medição do corpo de prova antes da realização do experimento com erro máximo de 0,01mm e diâmetro medido a 1/3 e 2/3 da altura. Medição do comprimento com erro máximo de 0,1mm. Peso com erro máximo de 0,1g (Pells, 1993).

Os seguintes dados devem ser anotados: a) dia do teste b) número do corpo ou designação (número de amostragem na sonda) e local de proveniência c) descrição litológica d) modo e história de estocagem e) orientação do eixo de aplicação de carga em relação à xistosidade, acamamento etc f) diâmetro, altura e peso g) umidade h) tensão e

tempo de aplicação de carga i) modo de ruptura (cisalhamento, clivagem axial, etc) j) módulo de ruptura em MPa (Pells, 1993; Bieniawski e Bernede 1979).

Para a determinação do módulo de ruptura, deve aplicar-se uma carga de 0,5-1,0MPa/s, de modo que ruptura ocorra dentre 5 a 15 minutos (Lama e Vutukuri, 1978) (Pells (1993) diz que a carga deve ser aplicada de modo que ruptura ocorra de 10 a 20 min, Bieniawski e Bernede (1979) de modo que ruptura ocorra dentre 5 a 10 minutos). A tensão máxima deve ser registrada em Newtons, lembrando que $1\text{N/m}^2 = 1\text{Pa}$, com precisão de 1%. Feito isso, para determinar-se o valor do módulo de ruptura, divide-se este valor pela área da seção do corpo (Bieniawski e Bernede, 1979).

Deve-se tomar um mínimo de 20 a 50 medidas no micrometro desde o início do teste até a ruptura, para construir-se um gráfico decente (Lama e Vutukuri, 1978).

Para que as medidas sejam aceitáveis, a tensão deve ter uma precisão de pelo menos 1% e a deformação de 2% (Pells, 1993).

Erros podem ser causados associados com: superfície não plana o que tem um efeito significativo levando a uma ruptura prematura; superfícies não paralelas tendo um leve efeito conduzindo a uma ruptura prematura; razão comprimento diâmetro muito pequena tendo um leve efeito ao aumento do módulo; laterais da amostra não sendo lisas tendo um leve efeito conduzindo a uma ruptura prematura; placas não sendo do mesmo tamanho que o corpo tem efeito mínimo para rochas fracas ($<50\text{MPa}$), mas o módulo fica muito alto para rochas resistentes; o uso de capa inapropriado causando rompimento prematuro. Tempo de carga também contribui, com um aumento no módulo se o tempo de carga é menor que 30 s e uma diminuição para mais de 15min (Pells, 1993).

Idealmente é de ajuda a presença de um aparelho que mede a deformação constantemente, se não um aparelho manual pode servir, onde o incremento de carga não será constante mas episódico, entretanto é importante que não se gaste mais de 30s com um mesmo valor de carga. Medidores de deformação devem ser cimentados próximo ao centro do corpo (Pells, 1993).

É importante que se tenha conhecimento de que a velocidade com que se aplica a carga afeta o valor de E , quanto mais rápido se aplica a carga maior o valor, com esse aumento chegando até a 30%. A Fig. 8 mostra como o tempo de carga afeta o valor do módulo de elasticidade (Jaeger, 1979).

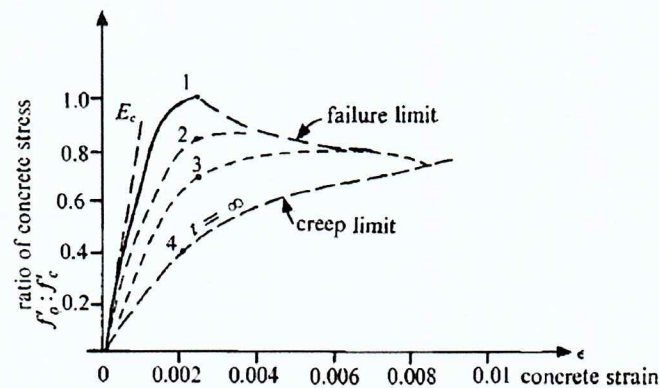


Fig. 8- Influência do tempo de aplicação de carga nos módulos de elasticidade e ruptura em concreto. (1) $t=20\text{min}$; (2) $t=100\text{min}$; (3) $t=7\text{ dias}$; (4) $t=\infty$ (Ruesch, 1960, apud Jaeger, 1979).

V. 5 A influência de propriedades intrínsecas das rochas no teste

V. 5. 1 Módulo de elasticidade

Poros e fraturas: Lama e Vutukuri (1978) citam que estudos sobre a elasticidade e plasticidade de minerais das rochas, como Adams e Nicolson (1901) e Adam e Williamson (1923) que demonstraram que rochas e minerais não tem plasticidade em condições de temperatura ambiente. Com base nisso especulou-se que o fato de que a curva tensão-deformação não é linear (no início e fim) é explicado como sendo efeito de poros e fraturas.

Rochas mais moles que são mais suscetíveis à alteração, como calcários, tendem a ter uma maior sensibilidade em termos de que quanto maior é a densidade, maior é o módulo de Young.

Fábrica e anisotropia: De acordo com a Fig. 9, rochas foliadas possuem o maior módulo de elasticidade quando a foliação se encontra a 90° do eixo principal de tensão (no caso de amostras cilíndricas o mesmo coincide com o eixo axial). Quando a foliação está a 30° o módulo de elasticidade tem um valor intermediário, e quando a mesma está a 60° o valor é o menor de todos (Lama e Vutukuri, 1978). O valor a 90° é devido ao fato de que em uma rocha foliada ou bandada, as camadas mais duras sustentariam a carga caso elas estivessem verticalizadas, e como essas se deformam menos o módulo tende a ser maior. Caso as camadas estivessem a 0° (perpendiculares ao eixo de aplicação de carga), as camadas mais moles receberiam a maior parte da carga, e como elas teriam alta deformação, o módulo seria baixo (Nelson, 2001). É difícil de explicar o porque o folhelho da Fig. 9 tem um valor maior para 30° do que para 60° .

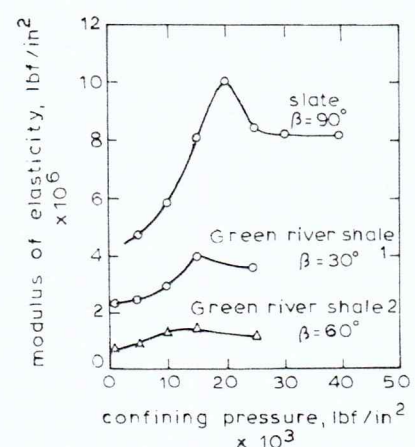


Fig. 9- Variação do módulo de elasticidade (ordenada) sob diferentes pressões confinantes (abscissa). β é o ângulo de orientação de camadas com a direção de tensão principal (Gray, 1967, apud Lama e Vutukuri, 1978).

V. 5. 2 Módulo de ruptura

Porosidade: Rochas mais porosas tendem a ter um menor módulo de ruptura (Nelson, 2001).

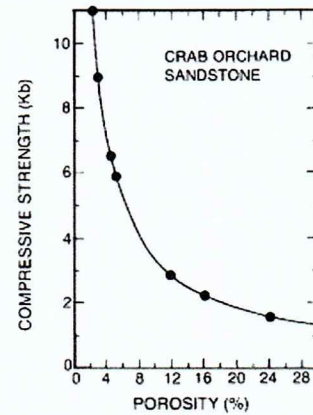


Fig. 10- Gráfico módulo de ruptura (ordenada) por porosidade (abscissa) para arenito (Dunn et. Al, 1973, apud Nelson, 2001).

Granulometria: Em rochas clásticas bem selecionadas, a resistência aumenta com a diminuição da granulometria. Isto é devido ao fato de que se considerarmos a rocha como um agregado de grãos de esferas uniformes, esferas menores terão mais contatos entre bordas de grãos por unidade de volume (Brace, 1961, apud Nelson, 2001; Nelson, 1983 apud PetroWiki).

Seguindo a mesma linha de raciocínio, quando os grãos são mais angulosos e/ou menos selecionados, o número de contato entre bordas por volume tende a aumentar. Cimentação também tem o mesmo efeito (PetroWiki). Logo, pode se imaginar que rochas ígneas, como um granito, que geralmente possuem menos vazios e cujos grãos tendem a intercrescer com as bordas em contato um com os outros, no geral, terão uma maior superfície de contato entre grãos por unidade de volume.

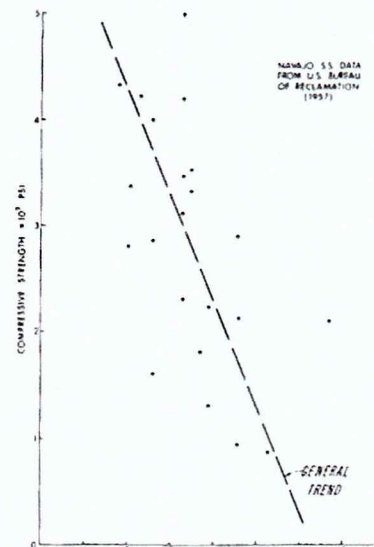


Fig. 11- Módulo de ruptura (ordenada) em função do diâmetro médio de grãos (abscissa) para o arenito Navajo de Page, Arizona (Nelson, 2001).

Fraturas: Rochas de granulometria mais fina tendem a ter mais fraturas.

Rochas mais rígidas, isto é, que tendem a se romperem com pouca deformação (absorção de energia), tendem a ter fraturas com menor espaçamento umas das outras. Muitos minerais rígidos não são necessariamente pouco resistentes, por exemplo, quartzo. Outros minerais rígidos seriam feldspato, dolomita e calcita (Nelson, 2001).

A presença de argila tende a diminuir a resistência da rocha. Parte disso pode ser explicado pelo menor coeficiente de atrito nas rochas (Fig. 13), o que aumentaria a susceptibilidade para que ocorresse, por exemplo, cisalhamento ao longo de um plano.

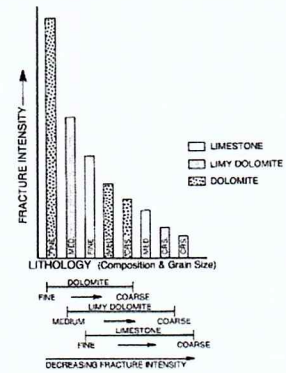


Fig. 12- Histograma mostrando a intensidade do faturamento tectônico (ordenadas) em função da litologia e granulometria (abscissa) (Modificado de Sinclair, 1980, apud Nelson, 2001).

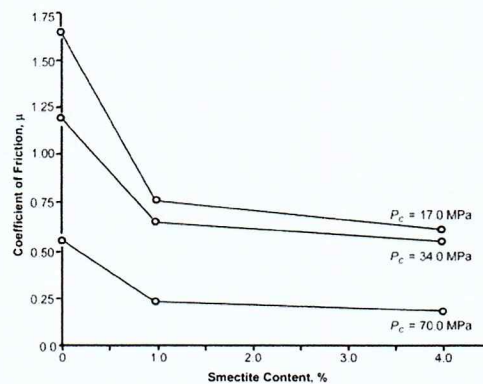
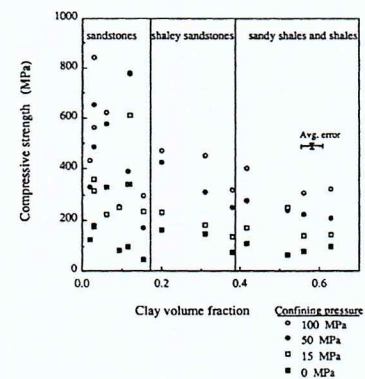


Fig. 13- Coeficiente de atrito por porcentagem de esmectita no Giz de Austin (Corbett *et al.*, 1987, apud PetroWiki).

Jizba, 1991, testou, sem e com três diferentes níveis de pressão confinante, 16 amostras que de folhelhos e arenitos que são selantes de gás secos, variando de 2 a 63% no conteúdo de argila e porosidade de 1 a 15%. Observa-se pelo gráfico (Fig. 14) a queda no módulo de ruptura conforme a fração de argila aumenta. A variação é mais pronunciada quanto maior a pressão confinante.

Fig. 14- Módulo de ruptura (ordenada) por conteúdo de argila (abscissa) para as rochas testadas. Identificaram-se três domínios baseando-se em descrições petrográficas: arenitos ($0 < C < .17$) arenitos folheados ($.17 \leq C \leq .38$) e folhelhos arenosos ($C > .38$), onde C é a fração de argila por volume. Testaram-se quatro amostras para cada tipo de rocha, cada uma sob uma pressão confinante diferente (Jizba, 1991).



VI. MATERIAIS E MÉTODOS

VI. 1 Amostras

VI. 1. 1 Preparação

Os testemunhos de sondagem que deram origem as amostras foram coletados na empresa EPT- Engenharia e pesquisas tecnológicas S.A. As amostras ficaram por lá estocadas em torno de um ano. Como já ressaltado na seção V.2.1, isso não constitui um

problema para os granitos e gnaisses. Já o laminito, devido a sua fina granulação, pode ter tido algum tipo de modificação em relação às condições originais.

Após terem sido cortados no IGc, como os cortes foram insatisfatórios, os testemunhos foram polidos com uma serra, que funcionava de certa forma como uma lixa, com ponta de diamante, disponível na UNICID, da marca Contenco Indústria e Comércio Ltda, para que as superfícies das bases do cilindro das amostras ficassem as mais planas e paralelamente possíveis umas das outras. Nota-se o bloco em V na figura, assim como o indicado pela ASTM, 2001. O bloco e a serra estão dispostos a ângulos retos um do outro, dessa forma o cilindro da amostra é cortado de modo em que a base fique perpendicular ao eixo axial, para formar um cilindro reto. Para determinar quando o corpo de prova havia atingido uma condição satisfatória, utilizavam-se o parâmetro do som distinto da serra quando essa entrava em contato com as amostra (caso não houvesse um som uniforme da serra cortando a amostra por toda sua extensão, esse era um sinal de que a base ainda estava desigual) e um esquadro para checar as condições de planaridade e ortogonalidade.

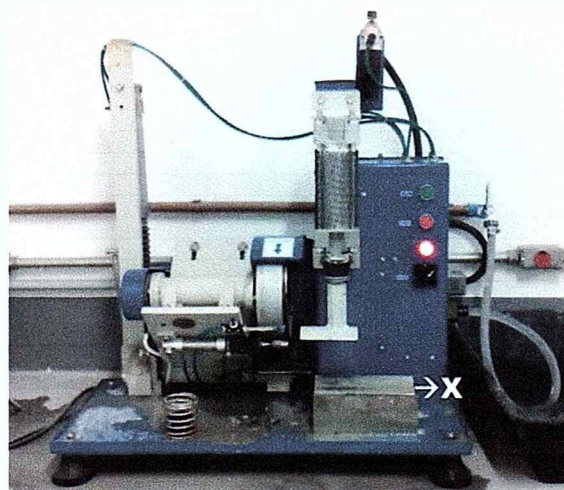


Fig. 15- Serra utilizada para polir e tornar ortogonal as bases do corpo de prova. O bloco em V encontra-se indicado (X).

Foi checado ainda se os corpos de prova possuíam laterais lisas, sem desigualdades abruptas, através do rolamento dos mesmos em uma superfície plana (mesa), como recomendado pela ASTM (2001).

As amostras de todas as rochas tinham 54mm de diâmetro, com a exceção do laminito que possuía 75mm de diâmetro. Logo, as amostras desse foram cortadas de modo a ter comprimento superior a 150mm, diferentemente das outras que foram cortadas com um comprimento geralmente em torno de 110 ou 120mm. Dessa forma, todas se enquadraram na relação comprimento:diâmetro dos corpos de prova recomendada pela ASTM (2001), de 2-2,5:1.

VI. 1. 2 Descrição

Foram realizados testes com gnaisses, granitos e uma rocha carbonática, cujas descrições seguem abaixo:

Gnaiss ultramilonítico: Finamente bandado, com bandas milimétricas a métricas, estas últimas, sendo a grande maioria. Bandas milimétricas tendem a ser félsicas (submilimétricas variam). Possui granulometria fina. Índice de máficos predominantemente entre 20 e 30% (por vezes maior ou menor que isso). As amostras não possuem sinal de alteração. É proveniente de Jundiá.

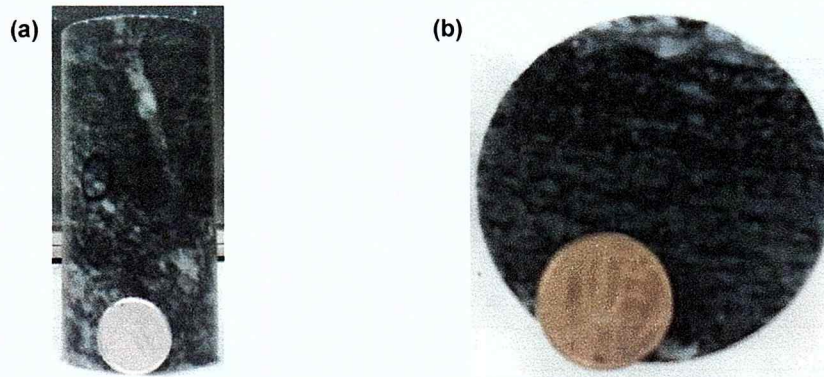


Fig. 16- Gnaiss ultramilonítico: (a) Perfil de corpo de prova. (b) Base de corpo de prova.

Gnaiss milonítico: Finamente bandado, com bandamento variando de milimétrico a submilimétrico, esses sendo a maioria. Bandas milimétricas tendem a ser félsicas (submilimétricas variam). A rocha é composta, em média, de cerca de 20% de porfiroblastos de feldspato róseo, que chegam a ter 3 cm. O índice de máficos varia entre 16 a 22. É proveniente de Jundiá.

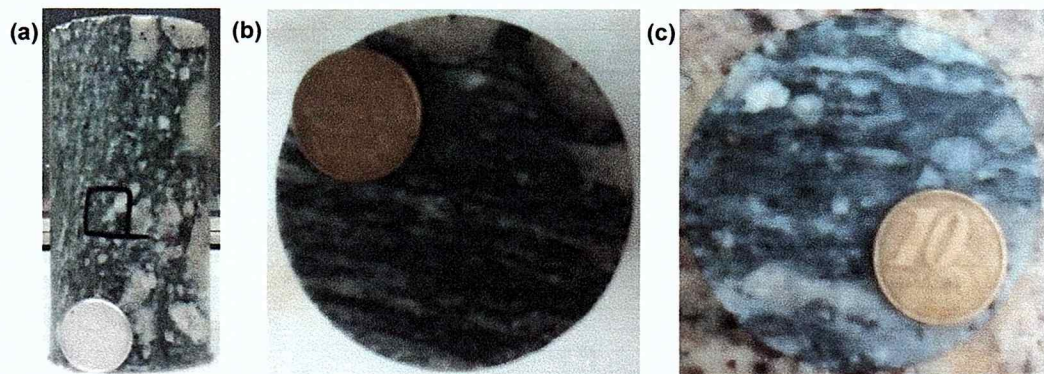


Fig. 17- Gnaiss milonítico: (a) Perfil de corpo de prova. (b) Base de corpo de prova. (c) Base de corpo de prova.

Obs.: Essas duas rochas acima são relacionadas entre si, provenientes do mesmo local, com transições abruptas entre uma e outra, observadas em testemunho. Nota-se que o bandamento das mesmas tende a ser um tanto irregular, isto é, as camadas, por vezes, variam consideravelmente em seus caimentos entre diferentes partes da amostra, ou até mesmo em locais vizinhos.

Gnaiss: Bandamento varia de submilimétrico (bandas máficas e gnáissicas) a milimétrico (apenas bandamento gnáissico). Índice de cor vai de 10 a 20. Tem granulação fina. O Local de proveniência é desconhecido.

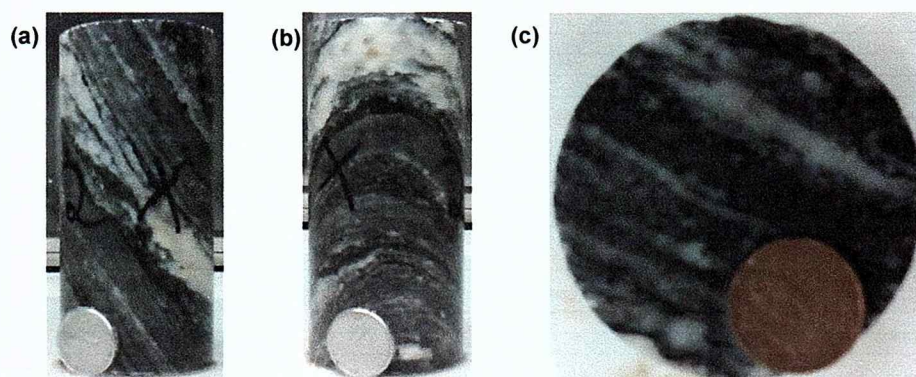


Fig. 18: Gnaiss: (a) e (b) Perfil de corpo de prova. (c) Base de corpo de prova.

Granito I: Cor vermelha a rósea. Granulação média a grossa (variando de 1 a 10 mm). Tem um baixo índice de cor (IC=2). Não possui sinal de alteração. Os grãos são sub arredondados a sub angulosos. É proveniente de Jundiá.

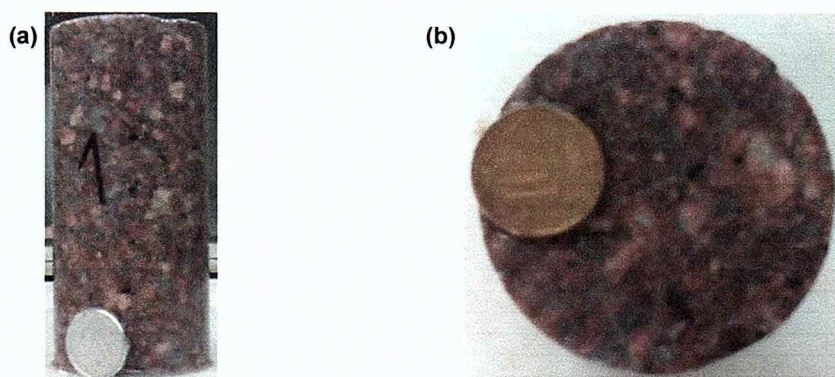


Fig. 19: Granito I: (a) Perfil de corpo de prova. (b) Base de corpo de prova.

Granito II: A cor varia de cinza claro a médio. Tem granulação média (1-4mm). De fato, a rocha possui frequentemente um fraco bandamento, que vai de sub milimétrico a milimétrico, sendo heterogênea nesse sentido, isto é, em partes um bandamento moderado se encontra presente, enquanto em outras não há nenhum bandamento. Além disso, esse bandamento é caótico, ou seja, é normal que uma banda não se encontre paralelizada a outra, por exemplo, em uma amostra o mergulho das bandas varia de 27 a 60°. Apesar disso, a parte sem bandamento tende a ser mais presente no geral, por esse motivo, optou-se por denominar a rocha de granito.

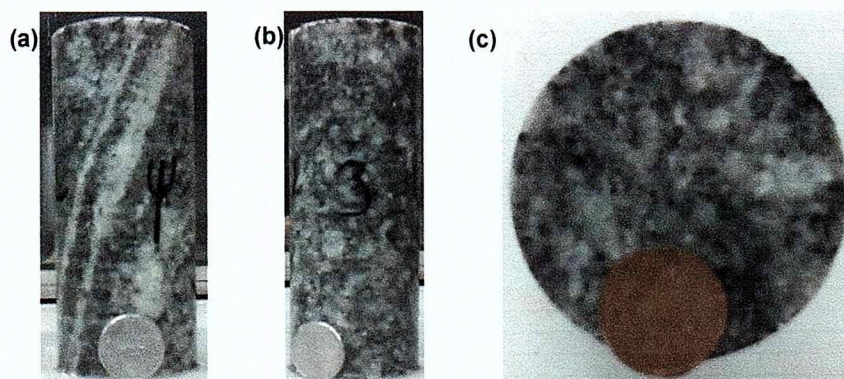


Fig. 20: Granito II: (a) Perfil de corpo de prova com moderada foliação. (b) Perfil de corpo de prova granítico. (c) Base de corpo de prova granítico no geral, mas com fraca foliação.

Rocha Carbonática: A cor varia de cinza claro (na maior parte das amostras) a médio-escuro. Essa variação pode ser resultante de uma maior influência de sedimentos terrígenos argilosos nas amostras mais escuras, sendo essa rocha assim uma marga. Entretanto, preferiu-se a ela a outorga do nome de laminito carbonático, uma vez que a rocha é laminada. A granulometria é muito fina (argilosa). A rocha possui uma alteração evidenciada por uma coloração marrom avermelhada ou amarelada, bem presente em algumas amostras, especialmente as mais claras. Há a presença ainda de fraturas, visíveis na maioria das amostras, que estão orientadas sub paralelamente umas as outras e mergulham para uma direção oposta a das laminações. Com base em Deere e Miller, 1966, essas fraturas são classificadas como muito próximas umas das outras (espaçamento menor que 5cm). É proveniente do Km 32 da rodovia Anhanguera.

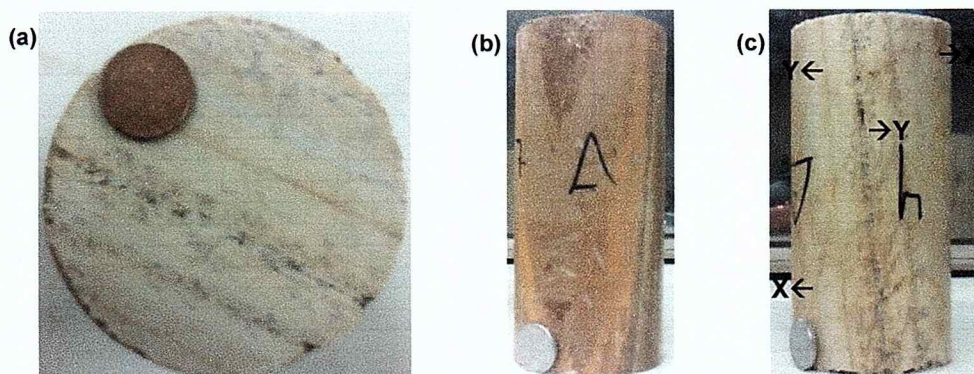


Fig. 21: Laminito: (a) Base de corpo de prova, com foliação. (b) Perfil de corpo de prova com laminação evidente e com coloração de alteração. (c) Perfil de corpo de prova com laminação (Y) e fraturas (X) indicadas.

Os dados de cada amostra, em particular, encontram-se em anexo (anexo 1). Nota-se que as amostras foram numeradas, entretanto, várias foram descartadas devido a fatores como heterogeneidade (algumas amostras eram constituídas com metade sendo do gnaiss milonítico e metade do ultramilonítico), utilizadas para testes prototípicos e outros fins, como a amostra 9 do gnaiss ultramilonítico que foi furada com a broca de widea visando o teste com o *bender elements*, por isso, observa-se que com os gnaisses miloníticos, por exemplo, as amostras de 6 a 10 estão faltando. O autor havia marcado o número de cada amostra com caneta permanente, em vista disso, para evitar confusão, decidiu-se manter os números. Esses poderiam ser corrigidos no relatório final, com a 11 do gnaiss milonítico virando a 6, a 12 renumerada 7 e assim por diante. Entretanto, devido o fato de que o relatório da prensa elétrica digital está com a numeração original, decidiu-se manter a mesma.



Fig. 22- Exemplo de medição do ângulo de mergulho de camada. Alinha-se o transferidor com o eixo axial, alinhando-se as marcas da base do transferidor na mesa.

VI. 2 Equipamento

VI. 2. 1 Prensa hidráulica manual

A Fig. 23 mostra a prensa hidráulica manual, que se encontra no laboratório de mecânica dos solos (LMS) no Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica (PEFUSP) da Escola Politécnica, que foi utilizada com as partes compositoras indicadas, sendo essas:

- (a) Medidor micrometro mecânico ligado ao disco de prensa, cuja menor divisão de leitura é de $10\mu\text{m}$ e cuja capacidade máxima de medição é de 1cm ($10^6\mu\text{m}$), que mede a deformação do corpo de prova conforme o disco se desloca para baixo com a aplicação de uma carga no corpo de prova.
- (b) Medidor micrometro mecânico ligado ao anel de deformação, cuja menor divisão de leitura é de $10\mu\text{m}$ e cuja capacidade máxima de medição é de 1cm ($10^6\mu\text{m}$). Cada $130\mu\text{m}$ medidos equivalem a 100Kgf (981N) aplicados no corpo de prova.
- (c) Anel dinamométrico de 1000Kgf , que conforme é comprimido se deforma constantemente, e cuja deformação indica o quanto de força foi aplicada.
- (d) Disco de prensa, que aplica a carga na amostra, com diâmetro de 750mm .
- (e) Corpo de prova.

- (f) Capa cilíndrica protetora metálica, cuja função é prevenir a integridade física do realizador do teste no evento de ruptura da amostra, que pode ocasionar na ejeção de lascas em alta velocidade.
- (g) Alavanca de aplicação de carga, que funciona manualmente.



Fig. 23- Prensa hidráulica manual. (a) Medidor micrometro mecânico ligado ao disco de prensa. (b) Medidor micrometro mecânico ligado ao anel dinamométrico. (c) Anel dinamométrico. (d) Disco de prensa. (e) Corpo de prova. (f) Capa cilíndrica protetora. (g) Alavanca de aplicação de carga.

A prensa é da marca Marcon. Ela tem um limite máximo de 100 toneladas de carga (100000Kgf).

VI. 2. 2 Prensa elétrica digital

A Fig. 24. mostra a prensa elétrica digital, que se encontra no laboratório de mecânica dos solos na UNICID. O equipamento tem uma bomba hidráulica interna. Ele vem acompanhado de software para a aquisição de dados e emissão de relatório, que se encontra instalado no computador ligado à prensa.

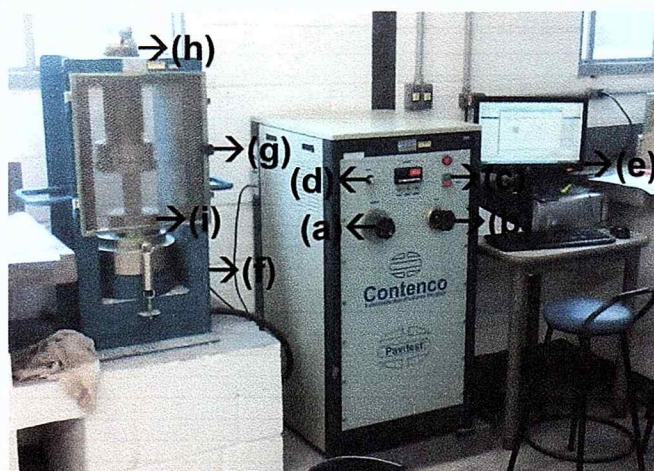


Fig. 24- (a) Registro de incremento de carga. (b) Registro de decremento de carga. (c) Botão de acionamento da bomba hidráulica. (d) Chave geral. (e) Computador ligado à prensa. (f) Estrutura de prensa. (g) Tela de proteção. (h) Fuso para aproximação do disco superior ao corpo de prova. (i) Disco inferior, responsável pela aplicação da carga.

A prensa é da linha Pavitest, da marca Contenco e tem um limite máximo de 100 toneladas (100000Kgf) de carga.

VI. 3 Realização dos testes

VI. 3. 1 Ensaios na prensa hidráulica

De acordo com as recomendações de Pells (1993) e Bieniawski e Bernede (1979) foram feitas anotações pertinentes ao dia de realização do teste, número e designação do corpo de prova. Outros parâmetros como o local de proveniência, descrição litológica, orientação do eixo de aplicação de carga em relação às camadas, diâmetro, comprimento e peso, já haviam sido registrados, como já se ressaltou. A única propriedade não medida foi a umidade.

Inicialmente, a alavanca era bombeada minuciosamente até que fosse obtido o contato entre o disco de prensa e o corpo de prova (indicado por uma alteração no micrometro ligado ao anel de dinamométrico). Zerava-se então, ambos os micrometros. Iniciava-se a cronometragem. Começava-se então a bombear a alavanca lentamente, pois esta era muito sensível. Uma leitura era feita cada vez que o micrometro ligado ao anel dinamométrico avançava 5 μ m, ou seja, leituras eram feitas nas marcas de 5 μ m, 10 μ m, 15 μ m e assim por diante. Para que essa fosse realizada, o bombeamento era interrompido e anotava-se o valor indicado no micrometro ligado à prensa (valor diretamente relacionado à deformação) de modo rápido, respeitando-se assim as recomendações de Pells (1993) de que não se pare o incremento de carga por mais de 30s. Feito isso, prosseguia-se com o bombeamento. O teste assim continuava até que a leitura de 130 μ m fosse atingida no anel dinamométrico (equivalente a 1000 Kgf, ou seja, a capacidade máxima do anel). Parava-se

então o cronometro. Feito o teste, um total de 26 medidas haviam sido coletadas. Isso se enquadra nos parâmetros recomendados por Lama e Vutukuri (1978) de 20 a 50 medições no mínimo, especialmente considerando-se que a recomendação dada por eles é para um ensaio completo, ou seja, até a ruptura.

Testes prototípicos foram efetuados com o objetivo de testar a prensa e estimular a familiarização com o equipamento, bem como o modo de realização. Além disso, eles permitiram a obtenção de uma noção de com qual intensidade a alavanca deveria ser bombeada para que o teste tivesse uma certa duração desejada.

VI. 3. 2 Ensaaios na prensa elétrica digital

A prensa é ligada a um computador, no qual um software estava instalado, que permitia o acompanhamento do teste no monitor através da visualização em um gráfico da curva carga por tempo e o valor, em megapascal por segundo (MPa/s) e em quilograma-força (Kgf), da carga aplicada, cuja administração era controlada através do registro de incremento de carga. Esse registro controlava a velocidade da ascensão do disco inferior, que aplicava uma força na amostra. Procurou-se manter a mesma em 0,4MPa, tarefa por vezes difícil, especialmente durante o início e o fim (antes da ruptura) do teste quando o comportamento da curva era irregular, com a carga por vezes oscilando entre valores desde 0,1, até maiores que 1MPa, talvez devido a acomodação da amostra as condições compressivas uma vez que a rocha tem vazios, dessa forma o processo de fechamento de fraturas aumentaria a aceleração do disco (marcando assim uma maior força), e quando as mesmas se fecham por completo a carga tenderia a diminuir pois o disco prensa passaria a encontrar uma maior resistência em seu deslocamento, uma vez que o incremento de carga é medido através da velocidade/ aceleração do disco. Entretanto, durante a maior parte do teste, após a acomodação da amostra no começo, geralmente a carga era mantida em 0,4 MPa sem dificuldades, muitas vezes sem se quer mexer no registro. Assim prosseguia-se, até que houvesse a ruptura, momento no qual a carga era registrada, sendo essa o módulo de ruptura. Ao final do experimento, relatava-se ainda o tipo de faturamento que havia ocorrido.

VI. 4 Tratamento dos dados

Certos cálculos foram feitos no tratamento dos dados no Microsoft Office Excel (que se encontra no anexo 2) para o cálculo do módulo de elasticidade:

Em relação à carga/força (F) aplicada: Primeiramente, se faz a conversão do valor tomado no micrometro ligado ao anel dinamométrico. Cada 13 μ m equivalem a 100kgf, ou seja, cada 1 μ m é igual a 7,69Kgf. Por isso, multiplica-se a medida em micrometros por 7,69, havendo assim a conversão para quilograma-força. Multiplica-se então esse resultado por 9,81, obtendo-se assim o valor em Newtons. Segundamente, as amostras possuem

diâmetro de 0,054m (54mm), conferindo um valor de $2,29 \times 10^{-3} \text{m}^2$ para a área da base (A) do corpo de prova, que é cilíndrico (com a exceção do laminito, com 0,075m de diâmetro e $4,42 \times 10^{-3}$ de área). Feito isso, divide-se então a carga/força (F) em Newtons pela área da base (A), calculando-se então a tensão (σ) em N/m^2 .

Em relação à deformação (ϵ): Converte-se os valores do comprimento do corpo de prova (L_0) e da deformação lida no micrometro ligado ao disco de prensa de micrometros para metros. Subtrai-se o comprimento pela deformação, para descobrir o comprimento deformado/comprimido (L). Aplica-se a então a fórmula $\epsilon = \frac{L-L_0}{L_0}$.

Efetuados os cálculos acima, gera-se um gráfico de dispersão, com a tensão (σ) na ordenada e a deformação (ϵ) na abscissa. Feito isso, analisa-se o gráfico para definir visualmente a parte elástica linear. Cria-se um outro gráfico com essa parte linear onde uma linha de tendência é adicionada, sendo essa a média da parte mais ou menos linear da curva tensão-deformação. Acrescenta-se a equação da reta ($y = mx + b$), onde m é o coeficiente angular da reta, sendo $m = E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\epsilon}$. Esse método é o da média da parte linear da curva tensão-deformação (Fig. 3b). Ele foi o escolhido para o presente trabalho devido ao fato de que nenhuma das amostras se rompeu, uma vez que o anel dinamométrico tem um limite de 1000Kg/ 9810N ($4,28 \text{N/m}^2$ para uma amostra de 54mm de diâmetro/ $2,22 \text{N/m}^2$ para uma amostra de 75mm), o que não possibilita a utilização dos outros métodos que tomam como base valores a 50% do módulo de ruptura.

Ressalta-se, que os valores de m oferecido pela equação foram insatisfatórios, pois só é dado um número na resposta, por exemplo, $2\text{E}+10$ ou $3\text{E}+9$. Para que os dados ficassem então mais precisos, foi utilizada a função PROJ. LIN, que dá o resultado do coeficiente angular com alta precisão.

VII. RESULTADOS OBTIDOS

VII. 1 Apresentação dos resultados

A seguir segue a tabela com os resultados obtidos para os testes efetuados na prensa hidráulica manual. Em anexo (anexo 2) encontra-se o processo mais detalhado da determinação do módulo de elasticidade, com as planilhas utilizadas para a realização dos cálculos no excel e os gráficos de tensão-deformação construídos, a partir dos quais o módulo de Young foi extraído.

Rocha	Nº da amostra	Módulo de elasticidade, E (GPa)	Tempo de realização do ensaio para a determinação do módulo de elasticidade (min:s)	Média do módulo de elasticidade, E (GPa)
Gnaiss ultramilonítico	1	11,4	20:08	4,7
	2	1,0	3:17	
	3	5,6	11:17	
	4	4,9	15:05	
	5	3,8	5:13	
	6	2,5	9:16	
	7	7,4	4:39	
	8	2,9	30:03	
	11	2,6	51:23	
	12	4,4	8:01	
	13	5,3	4:30	
Gnaiss milonítico	11	15,6	3:58	4,6
	12	1,2	4:25	
	13	2,6	4:24	
	14	2,5	4:18	
	15	1,3	4:15	
Gnaiss	1	0,9	3:46	4,1
	2	1,8	4:28	
	3	3,9	3:30	
	4	9,7	3:33	
Granito 1	1	6,0	9:38	9,4
	2	8,3	10:00	
	3	13,8	15:09	
Granito 2	1	1,1	7:56	3,9
	2	9,4	6:11	
	3	*	7:00	
	4	3,7	7:06	
	5	1,2	7:52	
Laminito	1	15,4	4:17	6,4
	2	2,0	12:13	
	3	7,5	3:43	
	4	*	4:16	
	5	4,1	5:13	
	7	2,8	3:51	

* não foi possível determinar-se o módulo graficamente.

Tabela 7- Resultados dos ensaios de compressão uniaxial na prensa hidráulica manual, visando obter o módulo de elasticidade.

Para algumas rochas repetiu-se o teste, obtendo-se os seguintes resultados:

Rocha	Nº da amostra	Módulo de elasticidade, E (GPa)	Tempo de realização do ensaio para a determinação do módulo de elasticidade (min:s)	Média do módulo de elasticidade, E (GPa)
Granito 1	1	7,6	3:45	5
	2	1,7	4:14	
	3	5,7	3:33	
Laminito	1	19,2	3:20	12,2
	2	22,3	2:50	
	3	4,7	5:20	
	4	*	3:12	
	5	*	2:30	
	7	2,6	4:07	

* não foi possível determinar-se o módulo graficamente.

Tabela 8- Resultado da repetição do ensaio de compressão uniaxial em algumas amostras na prensa hidráulica manual, visando obter o módulo de elasticidade.

A seguir segue a tabela com os resultados obtidos para os testes, efetuados na prensa elétrica digital. Em anexo, estão os relatórios emitidos pelo software da prensa elétrica, com o módulo de ruptura, dia e a curva tensão-tempo. Pede-se para ignorar os dados cadastrais do corpo de prova. Ressalta-se o código de cada tipo de rocha nos relatórios. O gnaiss ultramilonítico possui o número da amostra acompanhado de o, por exemplo, 1 o; 2 o e assim por diante. O gnaiss milonítico vem acompanhado do código [], por exemplo, 1 []; 2 [] etc. O gnaiss tem o código x. O granito 1 tem o símbolo +. O granito 2 é indicado pelo sinal =. E por fim, o laminito não tem nada o acompanhando, com apenas o número indicado, por exemplo, 1; 2; 3 etc.

Rocha	Nº da amostra	Módulo de ruptura (MPa)	Tempo de realização do ensaio (min:s)	Média do módulo de ruptura (MPa)	Modo de ruptura
Gnaiss ultramilonítico	1	68,2	3:40	46,7	B
	2	81,3	4:22		B
	3	78,1	4:31		B
	4	33,6	*		B
	5	46,4	2:30		B
	6	58,4	*		B
	7	37	2:28		B
	8	39,1	1:47		A
	11	24,1	1:30		A
	12	8,4	0:25		A
	13	38,8	*		C
Gnaiss	1	74,5	4:00	98,6	C
	2	140,6	5:32		A

milonítico	3	88,1	3:40		A e B
	4	126	4:50		D
	5	155,8	*		E
	11	71,6	5:13		D
	12	99,9	*		F
	13	33,4	*		C
	14	111,1	4:57		C
	15	85,1	4:43		F
Gnaiss	1	20,8	1:27	43,5	A
	2	28,9	1:45		A
	3	32,5	1:17		A
	4	90,8	4:11		A
Granito 1	1	187,3	9:02	189,8	F
	2	219,9	9:50		E
	3	162,3	6:21		D
Granito 2	1	164,9	*	121,3	D
	2	126,4	*		B
	3	134,8	*		D
	4	159,5	7:57		E
	5	21	1:35		B
Laminito	1	37,7	*	79,6	A
	2	74,9	4:03		A
	3	155,4	6:55		E
	4	+	+		+
	5	96,8	4:10		A
	7	33,4	2:16		A

* tempo de execução não anotado (disponível apenas o do gráfico em anexo).

+ O corpo de prova se rompeu espontaneamente, durante o transporte para realizar o ensaio na UNICID, em um plano de laminação.

O modo de ruptura foi representado por letras com significados, estes sendo:

- A- Ruptura em plano de camadas da rocha (laminação, bandamento etc).
- B- Ruptura em plano, mas este não sendo o de camadas da rocha.
- C- Ruptura interna.
- D- O corpo de prova foi estilhaçado.
- E- O corpo de prova explodiu com o alívio da tensão (*rock burst*).
- F- Quebra/ lascamento superficial.

Tabela 9- Resultados dos ensaios de compressão uniaxial em algumas amostras na prensa elétrica digital, visando obter o módulo de ruptura.

Ressalta-se uma leve discrepância entre os tempos da tabela (anotados pelo autor durante o teste) e os no relatório em anexo. Isso se dá pelo intervalo entre a ruptura e a finalização do teste no software, que é efetuado manualmente pelo realizador do ensaio.

VII. 2 Dificuldades encontradas

VII. 2. 1 *Em relação às amostras*

As amostras acabaram não sendo cortadas com o mesmo tamanho. Inicialmente, como o interesse era a comparação dos módulos de Young dinâmico e estático entre uma mesma amostra (ambos os testes seriam feitos em um mesmo corpo de prova) tal fato não seria de decisiva importância. Todavia, com a alteração do objetivo original a padronização das amostras, de forma a terem um mesmo comprimento, passou a ser mais interessante uma vez que os corpos de prova seriam comparados entre si, particularmente considerando-se a influência do comprimento no módulo de ruptura pela teoria de Weibull (vide seção V. 1). Ressalta-se, a dificuldade de cortar todas as amostras com a serra da UNICID (Fig. 15), a um tamanho único de comprimento. Essa máquina, de fato, funciona de certa forma como uma lixa, triscando a base do corpo de prova para tirar lascas do mesmo, logo, cortar o corpo de prova é um processo demorado. Não obstante o tempo, o autor tinha em mente inicialmente a uniformização do comprimento em 11 cm, entretanto os esforços do mesmo para tal fim foram frustrados uma vez que era comum o rompimento das amostras em parte da base, isto é, pedaços acabavam sendo arrancados da borda da base e de parte da lateral do corpo, por vezes nas laminações e foliações ou até mesmo no granito, tornando assim a amostra desigual. Isto era um acontecimento comum, e várias amostras quando estavam próximas a 11 cm sofriam de tal fenômeno, momento no qual a amostra deveria continuar a ser polida, muitas vezes ficando com 10,8 cm ou menos, no último caso acabando por serem descartadas. O sacrifício de corpos de prova não seria de grande importância caso houvesse uma abundância de amostras. Entretanto, especialmente nos casos do laminito, granitos 1 e 2 e gnaisse, o autor não poderia arriscar a perda de amostras, já que a literatura recomenda um mínimo de cinco amostras (Bieniawski e Bernede, 1979), número alcançado por pouco nos casos do laminito, com seis amostras no total, e granito 2, com cinco, e ignorada nos casos do gnaisse, com 4, e granito 1, com 3, uma vez que essas rochas foram consideradas de alta importância para serem deixadas de fora, apesar da violação das regras impostas pela literatura.

Isto posto, reconhece-se então o fato de que a não normalização do tamanho das amostras pode vir a ser uma fonte de erro, consequentemente diminuindo a confiabilidade da comparação entre os valores para distintos corpos de prova, especialmente considerando-se que Pells, 1993, disse que materiais fissurados, como o laminito, e rochas de granulometria mais grossa, como os granitos, tendem a serem altamente afetados por variações na razão L/D .

VII. 2. 2 Em relação aos testes dinâmicos

Houve dificuldades surgidas quanto à realização dos ensaios dinâmicos, que faziam parte da proposta original do trabalho de formatura. Uma grande dificuldade se deu em termos da obtenção do equipamento no IAG/USP. O responsável pelo laboratório, Prof. Dr. Francisco Yukio Hiodo, ficou afastado por grande parte do segundo semestre. Tal fato foi devido à licença médica, em virtude de uma cirurgia no coração. Após sua volta, mais um tempo se passou para obter o equipamento, uma vez que esse tinha que passar por reparos. O equipamento para o ensaio com ondas cisalhantes foi obtido menos de duas semanas antes da entrega, sendo que ainda haviam dificuldades em termos de como os cabos deveriam ser conectados exatamente nas saídas dos gerador, transmissor e osciloscópio, e qual ligação alimentaria o transdutor. Esse problema foi eventualmente resolvido após um estudo na internet. Entretanto, além disso, um grande problema do equipamento era o transdutor. Esse era o do equipamento normalmente conhecido como *bender elements*, utilizado normalmente para solos. Em solos, duas incisões são feitas na amostra, por onde se colocam os transdutores (um em cada base), que normalmente são selados, por exemplo, com epóxi. Naturalmente, uma incisão na rocha é mais trabalhosa, por essa ser mais dura. Mesmo assim, um corte foi feito na rocha com uma broca de widea. Feito isso, determinou-se que não havia mais tempo para realizar o ensaio, faltando menos de duas semanas para a entrega, o que resultou no abandono do mesmo, sendo que nem se sabe se o equipamento, adequado para solos, tem a potência necessária para rochas. Ressalta-se, que o autor tinha em mente a utilização de um outro tipo de transdutor, que havia sido recomendado por Siggins, 1993. Para este bastava-se utilizar uma barra metálica, como um pedaço de esquadria de alumínio. Porém, eram necessários dois transdutores de alto impacto para isso (utilizados para ondas p), como os da figura, dispositivos faltantes no IAG.

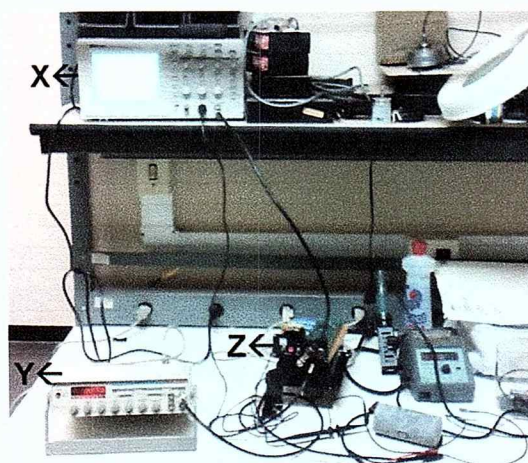


Fig. 25- Equipamento que seria empregado para a medição das ondas s. (X) Osciloscópio (Y) Gerador capaz de gerar ondas de diversas frequências e formas (Z) Transmissor.

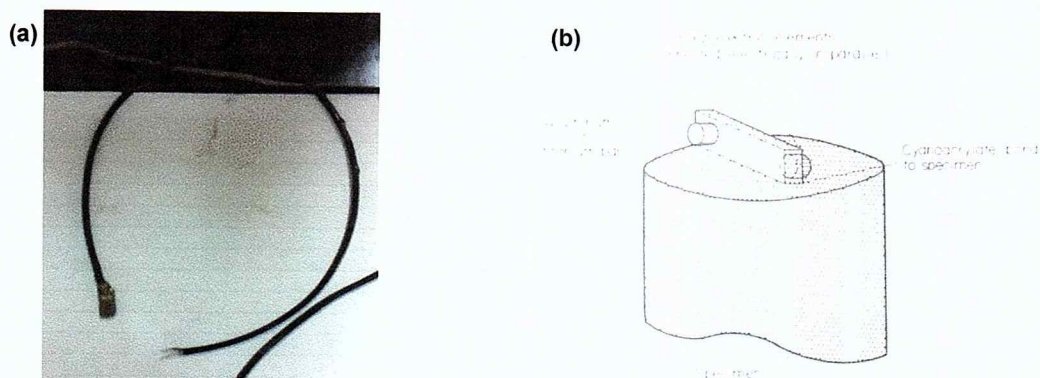


Fig. 26: (a) Transdutor disponível no laboratório. (b) Fonte torcional cuja utilização se tinha em mente (Siggins, 1993).

Já o equipamento para o ensaio com ondas p se encontrava fora de ordem, não sendo consertado a tempo de se realizar o teste.

VII. 2. 3 Em relação ao ensaio de compressão uniaxial

VII. 2. 3. 1 Prensa hidráulica manual

Apesar de a prensa ter uma capacidade de carga de 100ton (100000Kgf), houve uma grande restrição em relação ao teste de compressão uniaxial devido ao anel dinamométrico. Esse tem uma capacidade de 1000Kgf ou aproximadamente 9810N. Isso seria aproximadamente 4,28MPa para uma amostra com 54 mm de diâmetro ou 2,22MPa para uma de 75mm de diâmetro. Salvo por algumas rochas extremamente fracas, esses valores são muito baixos comparados aos módulos de ruptura da maioria das rochas, que podem chegar a mais de 500MPa no caso das mais duras. De fato, nem um dos corpos de prova testados chegaram a ser rompidos na prensa hidráulica. Na verdade, esse anel dinamométrico é mais adequado para testes efetuados em solos. Existem anéis de até 100000Kgf, entretanto o de 1000Kgf era o de maior capacidade que se encontrava disponível no laboratório de mecânica dos solos.

Outra inconveniência desta prensa é o fato de que o disco tem 75 mm de diâmetro. Este é um tamanho adequado para o laminito, entretanto, não se enquadra na recomendação da ASTM (2002) de que o diâmetro não deve ser mais de 2mm do corpo de prova, sendo assim não recomendável para as amostras de 54mm. Entretanto, a não disponibilidade de outra prensa fez com que tal inadequação fosse ignorada.

Um problema que só se mostrou mais preocupante após alguns ensaios terem sido realizados é a capacidade de medição mínima do micrometro, que era de 10 μ m. Naturalmente, quanto mais sensível, ou seja, quanto menor for a menor divisão de leitura do micrometro, maior a precisão. Entretanto, aparentemente o módulo de Young foi significativamente afetado devido às limitações do micrometro, especialmente considerando-

se que este depende da parte reta/linear da curva. Um caso que exemplifica isso é o da amostra 4 do laminito (Fig. 27). Após o ponto de tensão igual a 938719N/m^2 , o gráfico para essa amostra se tornou linear. A adversidade surge devido ao fato de que apesar de se continuar incrementando a tensão, não houve nenhuma mudança significativa na medida do micrometro (que mede a deformação do corpo de prova), que se estabeleceu no valor de $202,5\mu\text{m}$ (lida como uma medida aproximadamente a um quarto da distância entre 20 e 21 no micrometro). Como consequência disso, o gráfico tensão-deformação para essa amostra ficou verticalizado, tornando-se assim impossível a determinação do módulo de Young, pois ϵ é igual a zero. É provável que a amostra continuou a se deformar, porém, o micrometro não foi capaz de detectar as mudanças de comprimento devido a sua baixa capacidade de detecção. Fica a impressão para o autor de que um micrometro cuja menor divisão de leitura fosse pelo menos $1\mu\text{m}$, assim como recomendado por Lama e Vutukuri (1978) (ou até menos ainda) seria preciso para obter-se medidas mais precisas e relevantes.

Mais um contratempo é o fato de que o micrometro que media a deformação do corpo de prova era ligado ao disco de prensa, em oposição ao prescrito por Lama e Vutukuri (1978) de que o micrometro meça a deformação diretamente do corpo de prova. Todavia, não havia nem um dispositivo disponível capaz de medir a deformação desse modo, levando o autor a desprezar a orientação dada pela literatura.

Há ainda os fatos da prensa ser manual e de que as leituras nos micrometros foram feitas manualmente, limitando assim a capacidade da velocidade de realização do teste, com o mais rápido possível sendo acima de 2 minutos. Como a carga máxima aplicada na rocha era de $4,28\text{ MPa}$ ($2,22\text{ MPa}$ para o laminito) e o módulo de ruptura de algumas rochas terem sido altos, atingindo $219,9\text{ MPa}$ para a amostra 2 do granito 1, conclui-se que se para a aplicação de cada $4,28\text{ MPa}$ de incremento de carga nessa rocha se levassem 2min, isso significa que para um teste real nesta rocha, que a levasse até ruptura, o tempo seria de aproximadamente 103 minutos, muito acima do recomendado pela literatura. Isso pode ser um dos motivos que explica os baixos valores encontrados para os módulos de Young, uma vez que como foi apontado por Jaeger (1979), quanto mais rápido o teste menor tende a ser o valor do módulo.

VII. 2. 3. 2 Prensa elétrica digital

Após a conclusão dos testes na prensa hidráulica da Escola Politécnica da USP, decidiu-se usar a prensa elétrica digital no laboratório de mecânica dos solos na UNICID. Isso se deu devido ao fato de que a capacidade da prensa era de 100 ton (100000 Kg), o que implica em uma carga máxima de $428,34\text{ MPa}$ para um corpo de prova de 54 mm de diâmetro, o que se mostrou suficiente para romper todas as amostras.

Uma das limitações da prensa elétrica, porém, é de que apesar de o software ser nominalmente capaz de realizar diversos testes, inclusive o de tensão-deformação, entretanto não se obteve êxito na descoberta do funcionamento desse ensaio de interesse, com o manual do equipamento oferecendo uma explicação ruim. Além disso, era inviável a instalação de um micrometro mecânico, tanto na prensa, quanto na amostra (caso houvesse um disponível), pois a tela de proteção inviabilizaria a leitura do mesmo. O único teste disponível era o qual a carga era administrada e um gráfico de carga aplicada por tempo era mostrado na tela do computador. De qualquer forma, não obstante a falha na aquisição da deformação que seria necessária para o cálculo do módulo de Young, foi possível determinar-se o módulo de ruptura, o qual a prensa hidráulica da escola politécnica não pode oferecer.

Outro empecilho se relaciona a carga de 0,4 MPa aplicada. Esse número é menor do que os 0,5 a 1MPa recomendados por Lama e Vutukuri (1978), entretanto, ressalta-se que muitas amostras se romperam em menos de 5 minutos, logo, estabeleceu-se um equilíbrio entre o tempo e a taxa de carga recomendados.

Há ainda uma inconveniência quanto ao tamanho do disco de prensa (diâmetro de 18cm), que era muito maior que o corpo de prova, não se enquadrando assim nas recomendações da ASTM (2002) de que o diâmetro do disco não seja 2mm maior do que o do corpo de prova.

VII. 2. 4 Durante o tratamento dos dados

Problemas foram encontrados no momento do cálculo do módulo de elasticidade pelo método gráfico. Como já ressaltado anteriormente, o método escolhido para calcular graficamente o módulo de Young foi o da média da porção linear da curva. A maior dificuldade foi a de estabelecer qual era essa parte linear e se ela havia sido atingida, uma vez que a realização do ensaio com um valor máximo de tensão baixo (4,28 MPa) acabou por limitar a visão geral da curva, isso aliado a imprecisão do micrometro. Apesar de a tendência de estabilização, isto é, de atingir a parte linear, ser evidente, não foi observada em nenhum dos gráficos uma linha de extensão suficientemente grande para afirmar que a parte linear elástica havia sido alcançada com um alto grau de certeza. A limitação do equipamento em termos do micrometro mecânico que só torna o teste viável em questões práticas caso a leitura das medidas seja pontual (tomada com intervalos), em oposição a um computador que poderia traçar uma curva tensão-deformação continuamente, contribui para a complexidade de se determinar a parte linear e ter-se uma visão mais precisa, pois com a rocha sendo heterogênea é natural que a curva tensão-deformação seja sujeita a maiores irregularidades, especialmente no começo da mesma (momento de fechamento de poros e

fraturas). A isso, se junta ainda a dificuldade de se manter a aplicação de carga de forma constante (lembrando-se que esse processo é manual).

De qualquer forma, após a geração do gráfico de dispersão tensão-deformação, o autor optou como regra o uso da parte linear com os maiores valores de carga e deformação, isto é, a parte mais superior da curva, como naturalmente se esperaria. Um mínimo de três pontos foi adotado para a seleção de uma reta, preferindo-se como regra a escolha do maior número de pontos possíveis. Outra norma adotada foi a do grau de alinhamento dos pontos, sendo assim, houve um empenho para determinar se um certo conjunto de pontos estavam suficientemente alinhados. Procurou-se em cada caso buscar-se o maior equilíbrio praticável entre quantidade de pontos e o alinhamento dos mesmos. Ressalta-se o fato de que a escolha da linha para se calcular o módulo de Young inevitavelmente, por ser manual, acabou sendo consequência do julgamento do autor que, entretanto, buscou seguir parâmetros em suas escolhas. Por vezes, foram deixados nos anexos dois módulos de Young, calculados a partir de diferentes partes da curva, normalmente uma mais reta, porém com menos pontos, outra menos reta, mas com mais pontos. Além disso, nem sempre a parte designada era uma linha perfeitamente reta, uma vez que já se apontou acima que fatos como a heterogeneidade da rocha e a execução manual dificultam o estabelecimento de uma linha reta.

Com a curva da amostra 4 do laminito, não foi possível se determinar o módulo de elasticidade. É provável que essa amostra tenha atingido a parte linear da curva tensão-deformação. Entretanto, uma combinação de fatores impede a determinação do módulo. Esses são possivelmente o alto módulo de elasticidade do corpo de prova, naturalmente criando uma reta verticalizada (muita tensão deve ser aplicada para efetivar uma deformação) e a combinação da realização do ensaio com uma tensão máxima pequena, não permitindo assim um espaçamento maior dos pontos, ou seja, uma maior janela de variação de tensão para gerar uma deformação detectável com o micrometro, e um medidor micrometro de pouca resolução, com 10 μ m não sendo suficiente para detectar deformações causadas no espaço entre 0,94 até 2,2 MPa. Talvez um micrometro com uma resolução de 1 μ m, ou até 0,1 μ m (caso esse exista), seriam capazes de revelar mudanças na deformação. Traz-se a atenção do leitor a Fig. 28, pertinente a amostra 1 do laminito que também é verticalizada. Porém, uma quebra na reta, com deformação identificada entre 0,94 a 1,19 MPa, permitiu a definição do módulo, apesar de o mesmo valor não ser de uma alta credibilidade.



Fig. 27- Curva tensão-deformação da amostra 4 do laminito.

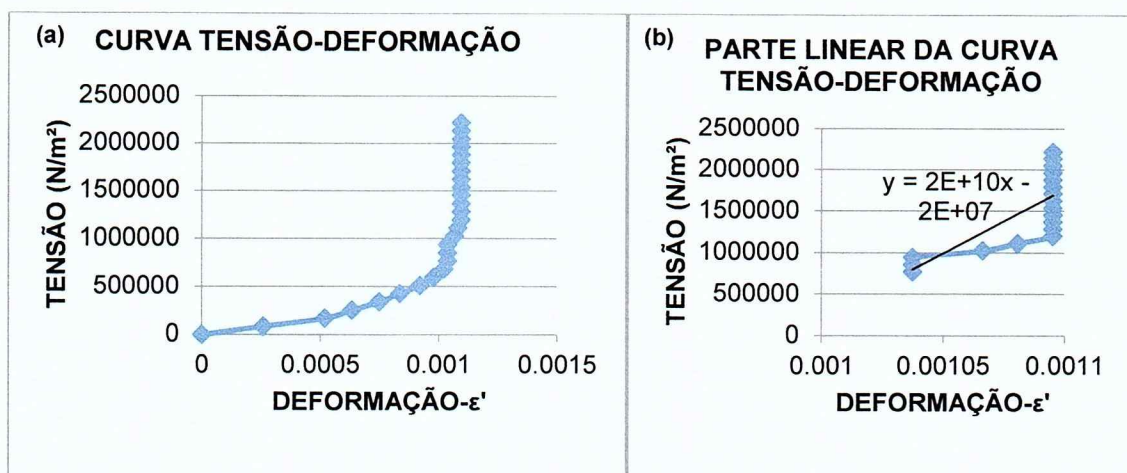


Fig. 28- Amostra 1 do laminito (a) Curva tensão-deformação. (b) Parte linear da curva tensão-deformação, e linha de tendência usada para o cálculo do módulo de Young.

A curva da amostra 7 do laminito é um bom exemplo da dificuldade de se determinar se a parte linear foi atingida. Em preto foi adicionada a média móvel para ajudar a visualização. É perceptível que não há uma reta em definitivo, com a curva gradualmente se estabilizando conforme há menos deformação para uma certa carga aplicada. Nesse caso, optou-se pela escolha dos três pontos com maiores tensões para estabelecer o módulo (2,8GPa), contudo esse resultado é de baixa confiabilidade. Nota-se que os valores dos módulos de ruptura dos laminitos 1 (37,7 MPa) e 7 (33,4MPa) não são altamente discrepantes, enquanto, há uma grande divergência nos valores dos módulos de elasticidade para os corpos 1 (15,4GPa) e 7 (2,8GPa). Apesar de a literatura mostrar um aumento do módulo de Young com o crescimento do de ruptura, a diferença do módulo de elasticidade entre ambas as amostras é de 5,5 vezes, em comparação a uma diferença de 1,13 para o valor de ruptura (pela tabela 4 de Pells (1993) é possível ver que a razão entre os módulos não passa de 4), portanto, especula-se que a amostra 7 não tenha alcançado a parte linear elástica de sua curva, o que resultou em um módulo mais baixo, o que é estranho considerando o fato das

amostra serem semelhantes, logo, o esperado seria de que elas tivessem curvas de tensão-deformação parecidas.



Fig. 29- Curva tensão-deformação da amostra 7 do laminito.

Os gráficos da curva da amostra 3 do laminito servem para exemplificar a dificuldade de se determinar a parte linear elástica. Observa-se que por volta dos 1000000 N/m² de tensão a curva aparentemente se estabiliza em uma reta, criando a impressão que a parte linear elástica foi atingida. Entretanto, por volta de 1500000 ocorre uma inflexão, com a curva ficando mais verticalizada. Optou-se pela a escolha exclusivamente dessa ultima para o cálculo do módulo, pelo raciocínio anteriormente explicado. Outro exemplo, ainda mais complicado, da mesma situação é a amostra 5 do gnaiss ultramilonítico que tem uma parte linear relativamente extensa, mas que se quebra nos últimos 3 pontos.



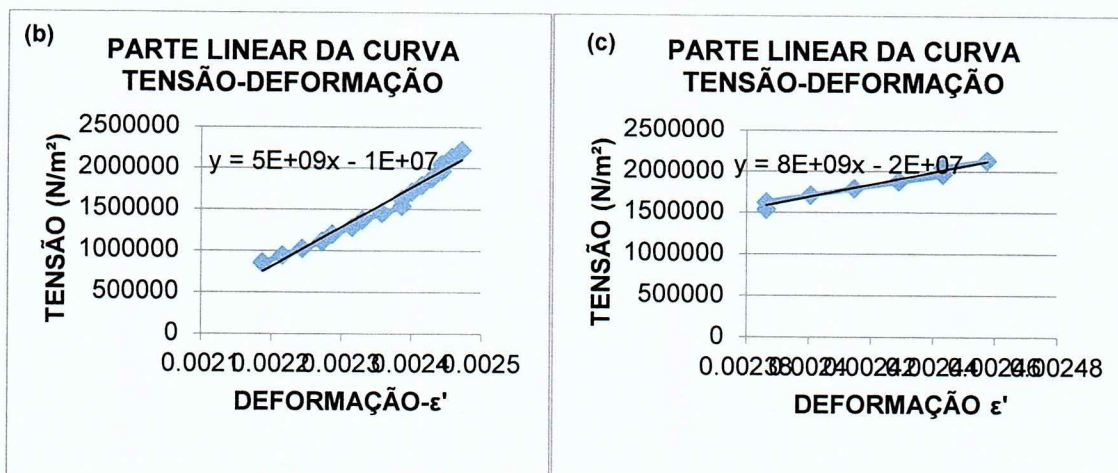


Fig. 30- Amostra 3 do laminito (a) curva tensão-deformação. (b) Cálculo do módulo de Young considerando-se ambas as partes pré e pós-inflexão. (c) Cálculo do módulo considerando-se apenas a parte pós-inflexão.



Fig. 31- Curva tensão-deformação da amostra 5 do gnaiss ultramilonítico. Atente-se para a quebra dos últimos 3 pontos.

VII. 3 Alterações nos objetivos originais

O fato de que os testes dinâmicos não foram realizados implica que o módulo de Young dinâmico não foi calculado. Isso resultou na alteração do objetivo inicial, que era a comparação entre os módulos estático e dinâmico, bem como na estruturação do trabalho, com mudanças sendo inevitáveis na justificativa e na fundamentação bibliográfica. Com o único teste realizado sendo o de compressão uniaxial, o trabalho passou então a ser organizado em torno do mesmo. O novo foco do projeto passou então a ser a obtenção do módulo de Young e do módulo de ruptura através do ensaio estático, para que sejam feitas análises dos resultados encontrados para cada tipo de rocha, em particular, e comparações,

qualitativas e quantitativas, entre os valores de diferentes litotipos. Também, passou a se considerar interessante uma investigação do modo de ruptura das amostras.

VIII. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

VIII. 1 Módulo de elasticidade (Young)

O valor máximo observado para o módulo de Young é de 22,3 GPa. Isso ilustra o fato de que os valores obtidos foram baixos no geral. Tomando-se como base a tabela 1, de Johnson e Degraff (1988), observa-se que a média do módulo de elasticidade para granitos é de 59,3GPa e o valor mínimo dado é de 26,2GPa. Isso está em contraste com os valores obtidos, tanto para o granito 1, como o 2, sendo que o maior número entre eles é de 13,8 GPa, e a média do 1 é 9,4GPa para o primeiro ensaio e 5GPa para o segundo, e a do 2 de 3,9GPa.

Para os gnaisses algo semelhante acontece. Nenhuma amostra dos três distintos gnaisses supera o mínimo de 16,8GPa oferecido na tabela de Johnson e Degraff (1988) com as médias dos experimentos bem distantes (gnaisse ultramilonítico- 4,7GPa , gnaisse milonítico- 4,6GPa, gnaisse- 4,1GPa) do 58,6GPa de Johnson e Degraff (1988).

O laminito, por sua vez, mostrou resultados um pouco mais coerentes, apesar de ainda insatisfatórios. Com a comparação dessa rocha carbonática com os calcários de Johnson e Degraff (1988) tem-se que a média do primeiro ensaio foi de 6,4GPa e do segundo de 12,2GPa, números ainda distantes da média dos autores que era de 50,4GPa. Porém, há 3 resultados, dos 9 totais, acima do mínimo de 7,7GPa, sendo esses acima de 10GPa (um acima de 20 GPa). Um argumento poderia ser proclamado quanto a maior distribuição de valores para calcários, isto é, as medidas de Johnson e Degraff (1988) variando de 7,7 a 91,6 GPa, enquanto, o granito varia apenas de 26,2 a 75,5GPa, ou seja, esse tem uma menor janela de valores. Esse maior intervalo provavelmente se dá devido a maior susceptibilidade do calcário de sofrer alteração. De qualquer forma, o laminito tem um módulo de elasticidade médio maior do que o granito 2 (e até talvez um valor próximo do 1, caso considere-se o segundo ensaio, e a amostra 4 do primeiro ensaio que não teve seu módulo calculado, por esse ser supostamente muito alto), logo, tendo como base o gráfico de Pells (1993) (Fig. 3), que mostra a correlação dos módulos de elasticidade e ruptura (eles tendem a crescerem juntamente) o esperado seria que o módulo de Young do laminito fosse menor que o do(s) granito(s), entretanto, o contrário acontece. Uma possível explicação de tal fato encontra-se possivelmente no caso de o laminito ser justamente mais mole. Assim sendo, presume-se que o fechamento inicial de fraturas e poros no laminito ocorre mais rapidamente do que nos granitos, logo, a amostra atinge a parte linear elástica da curva de tensão-deformação a tensões menores.

Já a comparação do gnaiss ultramilonítico e do gnaiss com o laminito oferecem resultados coerentes, pois o laminito tem maiores módulos de ruptura e elasticidade. Um problema é encontrado, entretanto, para o gnaiss milonítico com o laminito e os outros gnaisses, especialmente o ultramilonítico. Essa última é bem semelhante ao milonito, salvo pela presença de feldspatos porfiroblásticos. Como se vera mais para frente, esses são um dos motivos especulados para explicar o maior valor do módulo de ruptura para o gnaiss milonítico em comparação com o ultramilonítico. De qualquer forma, devido ao significativo maior módulo de ruptura do milonito, e a presença de porfiroblastos de um mineral rígido (apesar de média dureza na escala Mohs (5,5)), o esperado era o de um maior valor do E para o milonítico. Porém, ambas as rochas tem semelhantes módulos de elasticidade. Logo, pode-se especular que talvez o gnaiss milonítico não tenha alcançado a parte linear da sua curva tensão-deformação, por esse ser justamente mais duro. O mesmo motivo pode ser dado pelo fato do granito 2 ter o menor valor de todos, apesar de essa rocha ter o segundo maior valor do módulo de ruptura.

Testes com diferentes durações foram efetuados no gnaiss ultramilonítico. Pela literatura, como ilustrado na Fig. 8 de Ruesch (1960), o módulo tende a diminuir quanto maior for o tempo de realização do teste. Essa tendência foi observada no gráfico da Fig. 32. Logo, com base nisso, estipula-se um motivo (independentemente do acima especulado) para os pequenos valores encontrados no teste, esse sendo, os altos tempos relativos de realização do teste, como já se ressaltou anteriormente na seção VII. 2. Como a velocidade mais rápida possível de se efetuar o ensaio é pouco acima de 2 minutos, isso acarreta em um baixo módulo para as rochas mais duras, uma vez que essas teriam um tempo relativo de teste menor que as mais moles, aproximadamente 103min para a amostra mais dura (2 do granito 1), em comparação com aproximadamente 4min para a mais mole (12 do gnaiss ultramilonítico).

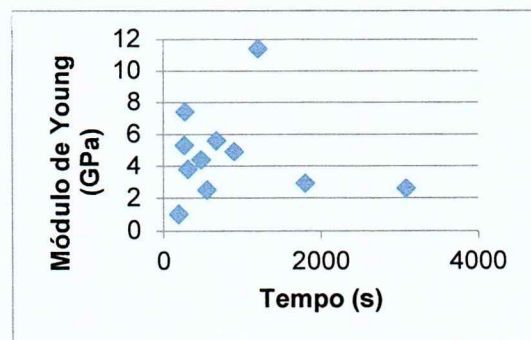


Fig. 32- Gráfico módulo de Young (ordenada), em GPa, por tempo de realização (abscissa), em segundos, do teste para o gnaiss milonítico.

Foram feitos ainda 2 ensaios com os laminito e granito 1, para comparar os resultados. O esperado pelo autor era de que o primeiro ensaio ofereceria números próximos ao do segundo, caso a deformação fosse puramente elástica. O que acabou acontecendo, é que a média dos módulos para o granito diminuiu de 9,4 para 5GPa e a do laminito aumentou de 6,4 para 12,2 GPa. Como os tempos de realização dos testes na segunda bateria do granito 1 foram menores, o esperado seria que o módulo fosse aumentar, e não diminuir. O fato do esperado não ter acontecido, implica em outro fator de influência. Já para o laminito, o

tempo médio para a primeira bateria (considerando-se apenas testes em que foi possível calcular o módulo) foi de 353,4s, enquanto, para a segunda foi de 234,25s. Logo, o aumento do módulo pode ser explicado, pelo menos em parte (uma vez que o aumento foi muito alto, de 6,4 para 12GPa), como sendo influência do tempo. Cenários alternativos que poderiam ser supostos seriam o de que a amostra se compactaria, e dessa forma a deformação diminuiria e o módulo aumentaria ou de que a rocha seria danificada no primeiro ensaio com a abertura de porosidade secundária, o que poderia acarretar em um aumento da deformação e diminuição do módulo de elasticidade, isto sendo, especialmente interessante considerada a realização do teste a baixas tensões, quando as fraturas e poros se fecham. A primeira hipótese seria mais plausível para o laminito, que é mais mole que o granito, e mais poroso (com porosidade secundária evidente). A segunda hipótese poderia ser válida para ambas as rochas. Logo, com a diminuição do módulo para o granito, pode se especular que ele acabou sofrendo algum tipo de danificação, com a abertura de porosidade secundária durante o primeiro teste. Se o postulado por Adams e Nicolson (1901) e Adam e Williamson (1923), que demonstraram que rochas e minerais não tem plasticidade em condições de temperatura ambiente, é verdade, o resultado encontrado faz sentido. Também pode se arriscar a afirmar que o laminito foi compactado durante o primeiro teste, uma vez que o módulo aumentou muito para que apenas o tempo explicasse a mudança para o segundo ensaio.

Conclui-se então, que rochas mais duras tiveram módulos menores, devido ao fato do tempo de realização ter sido relativamente maior para as mesmas e ao fato de que as fraturas e poros delas só se fecham a maiores valores de cargas. Esses fatores, aliados a baixa capacidade de carga da prensa que não permite atingir a parte linear da curva, resultam nos baixos valores para o módulo de Young encontrados.

VIII. 2 Módulo de ruptura

Tomando se como base Pells (1993) os gnaisses ultramiloníticos (46,7MPa) e o gnaiss (43,5MPa) são rochas de resistência intermediária, por terem o módulo entre 15 e 50 MPa. Já as outras rochas seriam classificadas como resistentes (acima de 50MPa).

Porém, o mesmo Pells. (1993), põe o gráfico da Fig. 3 em seu artigo, de módulos de elasticidade por ruptura. Este considerado, o gnaiss ultramilonítico e o gnaiss passam a serem classificados como rochas de baixa resistência (entre aproximadamente 30 e 50MPa). Os laminito (79,6MPa) e gnaiss milonítico (98,6MPa) seriam de média resistência (entre 50 e 100MPa). Já os granitos 1 (189,8MPa) e 2 (121,3MPa) seriam de alta resistência (entre 100 e 200MPa).

O autor, particularmente, prefere a classificação do gráfico da Fig.3, por essa ser mais abrangente, separando as rochas em cinco níveis de resistência ao oposto de apenas três

que nem a outra, e devido ao fato das divisões serem mais sensatas considerando a variedade no valor do módulo de ruptura das rochas, isto é, ao se observar as tabelas 2 e 3 constata-se que o módulo varia desde 1 até mais de 600MPa. Logo, como a divisão mais alta da Fig.3 é de 400MPa e a de Pells (1993), é de apenas 50MPa, a primeira se mostra mais condizente com a realidade. Além disso, os valores da Fig. 3 são concordantes com a classificação de Deere e Miller, 1966 (tabela 6 (a)).

Pells (1993) alerta que previsões razoáveis para o módulo de ruptura da rocha podem ser feitas apenas quando se há uma base de dados prévia para o local. Entretanto, o tipo de rocha, a textura, granulometria, grau de fraturamento e intemperismo são dados que podem fornecer uma noção medíocre do valor a se esperar do teste, e resultados, especialmente um conjunto dos mesmos, muito fora do esperado devem ser tomados mais como sendo uma função de erro devido ao teste, do que a particularidades das rochas (que são de diversos tipos e provenientes de diferentes locais).

Considerando-se rocha por rocha, em comparação com a literatura, os três gnaisses são fracos comparados com os gnaisses dados nas tabelas. Eles não entram no intervalo de 159 a 256MPa de Bieniawski (1973) (tabela 3), entretanto, eles se incluem no intervalo de 26 a 340MPa da mais abrangente tabela de Pells (1993), ressaltando-se que a tabela Bieniawski lida com rochas intactas, sendo assim, sua tabela é mais restritiva. Mesmo assim, eles continuam sendo valores baixos. O gnaiss milonítico e o gnaiss estão mais próximos do mínimo de 26MPa do que da média de 154MPa. Já o gnaiss milonítico, que tem resistência mais de duas vezes maior do que os outros dois gnaisses, se encontra mais adjunto a média do que ao mínimo, ainda que ele seja relativamente fraco tendo em mente seu tipo de rocha no geral. O resultado baixo para o gnaiss foi um tanto inesperado, tendo em mente que a rocha parecia um gnaiss habitual, isto é, esperava-se um valor na média para esse. Por suas vezes, para os gnaisses milonítico e ultramilonítico, os baixos valores não foram um imprevisto, tendo em mente os bandamentos mais finos dessas rochas, que por suas vezes ofereceriam mais potenciais planos de fraqueza, em comparação com um gnaiss de bandamento de maior espessura. Além disso, o número maior para o gnaiss milonítico em relação ao ultramilonítico não foi inesperado, devido à presença de porfiroblastos, que funcionariam de certo modo como uma brita de grande malha em concreto.

O granito 1, com 189,8MPa, está bem perto da média para seu tipo de rocha, tanto na tabela 2 (183MPa), quanto a tabela 3 (188,4MPa). Esse resultado não era inesperado, pois essa rocha era relativamente bem representativa de seu litotipo em termos texturais e mineralógicos. De fato, a granulometria média a grossa dessa rocha e o baixo índice de cor (o que aponta para a falta de biotita) seriam sinais de que a rocha era até mais resistente do

que a média. O granito 2 (121,3MPa) já é mais fraco, tendo um valor abaixo do mínimo de Bieniawski (1973) de 153MPa, entretanto em uma posição intermediária entre o mínimo (58MPa) e a média de Pells (1993). A presença de um leve a moderado bandamento nessa rocha fez com que o autor esperasse um valor mais baixo a essa em relação a um granito típico, como o 1, porém o fato de que nenhuma amostra quebrou nesse plano de fraqueza, mas sim em possíveis microfraturas ou em diversos pedaços foi em si uma leve surpresa.

Quanto ao laminito, uma rocha carbonática muito fina, o módulo médio está acima do mínimo para calcários da tabela 3, de 69MPa, e da 2, de 12MPa, estando na última bem mais próximo da média, de 105MPa, do que do mínimo. A presença das laminações e fraturas, claros planos de fraqueza, fez com que o autor não se surpreendesse quanto ao relativo baixo valor do módulo dessa rocha, que quebrou justamente nas laminações. O autor havia relatado suas suspeitas de que a rocha seria uma marga. Interessantemente relacionado a isto está o fato de que as amostras especuladas como sendo as mais terrígenas (as mais escuras), a 3 e a 5, são as mais resistentes dos cinco corpos testados (e muito provavelmente mais que o 4, rompido durante o transporte). Essas foram descritas como apresentando um menor grau de alteração que as outras (de fato a 3 não tinha sinais de alteração), logo, não é um imprevisto que essas são mais resistentes.

No geral os módulos foram menores do que a média da literatura, independentemente disso, nenhum dos resultados foi absurdo. Fica a dúvida se os módulos obtidos são de fato totalmente legítimos ou se eles tiveram influências de erro, uma vez que em algumas rochas houve ocorrências inesperadas. Talvez uma explicação para esse último cenário, caso este seja o caso, é a taxa de carga, que foi de 0,4MPa, abaixo dos 0,5 a 1MPa recomendados pela literatura (apesar de como já se foi apontado anteriormente, os testes terem sido rápidos), ou o fato de a prensa ter o disco fixo, e não uma esfera que acomoda a prensa para as irregularidades da base do corpo de prova, que mesmo pequenas, podem efetivar uma queda do módulo de ruptura.

O autor fez um pequeno experimento com o gnaiss milonítico, onde, apesar de se esperar uma maior resistência para esta rocha em comparação com o gnaiss ultramilonítico e até o gnaiss, foi escolhido devido a abundância de amostras (ao fim de tudo, após o descarte de amostras, o gnaiss milonítico acabou com menos amostras que o ultramilonítico). Submeteu-se as amostras 11 a 15 ao ensaio na prensa hidráulica manual, enquanto as amostra 1 a 5 não foram testadas. Procurava-se estabelecer se haveria alguma diferença no módulo de ruptura entre os dois grupos de amostras. A média do módulo para o grupo testado foi de 80,22 MPa, e para o não testado de 117MPa. Três cenários eram previstos como possíveis. O ensaio na prensa hidráulica não teria efeitos significativos; as amostras testadas ficariam mais resistentes devido à compactação ou as amostras testadas

sofrieriam danos que abaixariam seus módulos de ruptura. Os números acima levam a crer que este último é o que ocorreu. Interessantemente, o mesmo raciocínio que explicou o abaixamento do módulo de Young para o granito 1, pode ser aplicado nesse caso, com o postulado por Adams e Nicolson (1901) e Adam e Williamson (1923), que demonstraram que rochas e minerais não tem plasticidade em condições de temperatura ambiente, logo, a rocha se deforma através de microfraturamento. Porém um fator que levanta dúvidas quanto a validade do teste é a heterogeneidade das rochas, ou seja, se esse tipo de teste fosse realizado em materiais homogêneos antrópicos ele forneceria dados bem mais confiáveis, entretanto, o gnaiss milonítico escolhido tem uma heterogeneidade considerável, tanto em relação ao mergulho dos bandamentos e possíveis microfraturas, como a porcentagem de porfiroblastos e a disposição e tamanho dos mesmos.

VIII. 3 Correlação entre os módulos de ruptura e Young

Note que, como há de se esperar, apenas amostras que passaram por ambos os testes foram analisadas nesta seção.

Optou-se por fazer um gráfico, inspirado no da Fig. 3, de Pells (1993).

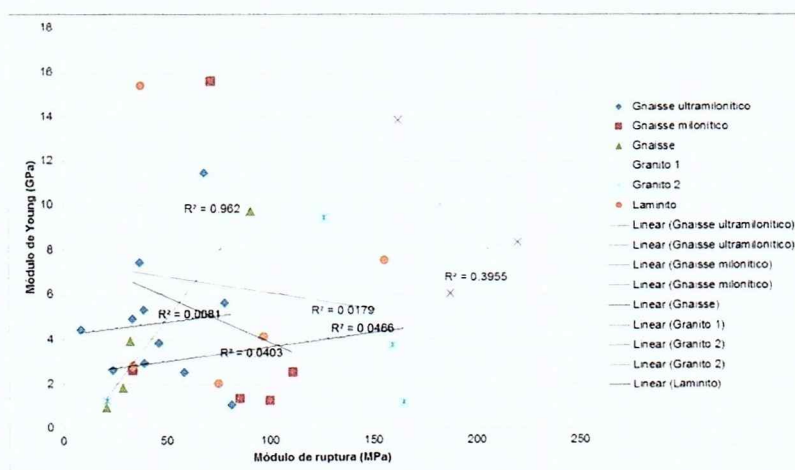


Fig. 33- Gráfico módulo de ruptura por módulo de Young para cada amostra, com tipos de rocha indicados, e linha de tendência e coeficiente de dispersão indicados.

Comparando-se esse gráfico com o de Pells (1993) percebe-se que ele ficou de qualidade moderada. A única rocha que gerou uma linha de tendência boa foi o gnaiss, tanto pelo fato do módulo de Young crescer juntamente com o de ruptura, como pelo alto coeficiente de correlação ($r^2=0,962$).

Já o gnaiss ultramilonítico, apesar de ter uma linha ascendente, embora com uma baixa declividade, apresentando aumento concomitante de ambos os módulos, tem seus pontos muito dispersos pelo gráfico com o coeficiente de correlação extremamente pequeno ($r^2=0,0081$).

Uma péssima linha de tendência é a do gnaiss milonítico, com a queda do módulo de Young com o acréscimo do de ruptura e com dados bem dispersos ($r^2=0,0403$)

O granito 1 teve um comportamento anormal, com o módulo de ruptura diminuindo à medida que o de Young aumenta. A rocha teve um coeficiente de correlação baixo ($r^2=0,3955$), apesar do valor não ser tão baixo quanto os dos gnaisses milonítico e ultramilonítico.

Para o granito 2 ($r^2=0,466$), o gráfico é parecido com o do gnaiss ultramilonítico, com o esperado aumento simultâneo, embora esse seja baixo, de ambos os módulos, mas com uma difusão grande dos pontos pelo gráfico.

Por sua vez o laminito possui uma péssima linha de tendência, com o módulo de ruptura caindo conforme o de Young sobe e um baixo coeficiente de correlação ($r^2=0,0179$).

Em geral o gráfico mostrou um valor muito baixo para o coeficiente de correlação das rochas. O gráfico de Pells (1993) possui valores para algumas rochas cujos coeficientes não aparentam ser bem altos, como os dos xistos, entretanto os valores para o presente trabalho são muito fora do padrão. Ainda pior, foi o fato de que metade das rochas apresentam linhas de tendência anormais, com a diminuição do módulo de Young conforme o aumento do de ruptura. Uma hipótese atrativa a primeiro momento, provável para esse acontecimento, é de que, como o autor já apontou serem suas suspeitas anteriormente, a parte linear elástica da curva não foi atingida, o que ocasionou em um módulo de Young mais baixo do que o verdadeiro, e isso tende a ser mais pronunciado em rochas mais resistentes, ou seja, essas demoram mais para entrar na parte linear elástica de suas curvas, o que acarretaria em um menor valor do E .

Os fatos de que o único litotipo com uma linha boa foi o gnaiss, que tem o menor módulo médio de ruptura, e o granito 1, com o maior módulo médio de ruptura, teve uma linha ruim (com a maior diminuição do módulo de Young com o de ruptura) parece corroborar com a suposição. O laminito, que por ter um tamanho maior, e por isso foi submetido a tensões bem menores (quase 1,93 vezes menores comparando-se 4,28 a 2,22MPa) no teste na prensa hidráulica manual, com média de 79,6MPa e foi exposto a 2,8% (2,22MPa) de seu módulo de ruptura, enquanto, o granito 1 foi exposto, com a capacidade máxima da prensa em seus corpos de prova (4,28MPa) e 189,8MPa de módulo de ruptura, a 2,3% de seu módulo. Dessa forma proporcionalmente o laminito recebeu a menor carga em relação à seu módulo de ruptura. Como essa rocha possui um comportamento anômalo no gráfico acima, isso fortaleceria ainda mais a hipótese. O que parece diminuir um pouco a credibilidade dessa teoria, em primeiro momento, é que a segunda rocha mais mole (gnaiss milonítico) tem um comportamento melhor, com a linha

ascendente, em comparação com a segunda rocha mais dura (granito 2), com a linha descendente, entretanto, ressalta-se que, não obstante a média, o granito 2 possui uma amostra menos resistente do que qualquer uma do milonito, em oposição ao granito 1, que detem todas amostras com valores altos, e o gnaiss, com resultados baixos. Logo, a hipótese se mantém.

Rocha	Nº da amostra	Razão <i>E</i> / Módulo de ruptura	Média da razão <i>E</i> / Módulo de ruptura
Gnaiss ultramilonítico	1	167,2	142,2
	2	12,3	
	3	71,7	
	4	145,8	
	5	81,9	
	6	42,9	
	7	200,0	
	8	74,2	
	11	107,9	
	12	523,8	
	13	136,6	
Gnaiss milonítico	11	217,9	69,1
	12	12,0	
	13	77,8	
	14	22,5	
	15	15,3	
Gnaiss	1	43,3	83,1
	2	62,3	
	3	120,0	
	4	106,8	
Granito 1	1	32,0	51,3
	2	37,7	
	3	85,0	
Granito 2	1	6,7	39,6
	2	74,3	
	4	23,2	
	5	54,1	
Laminito	1	408,5	121,9
	2	26,7	
	3	48,3	
	5	42,4	
	7	83,8	

Tabela 10- Razão Módulo de Young por módulo de ruptura para diferentes amostras e média dos resultados para diferentes tipos de rocha.

Comparando-se a tabela acima com a literatura, a tabela 4, de Pells (1993) percebe-se que os valores encontrados foram baixos. Para os granitos, Pells (1993) aponta valores entre 300 e 500. Nenhum dos valores chegou perto desses números para ambos os granitos, com o granito 1 tendo valores um pouco mais altos que o 2, e a amostra com o

maior valor sendo a do granito 1 com 85. Contrapondo-se os valores de calcários de Pells (1993), que variam de também de 300 a 500, com os aqui obtidos, a primeiro momento, os resultados são um pouco mais congruentes com 121,9 sendo a média. Entretanto esse valor é devido ao corpo de prova 1, que é o único a se enquadrar com o esperado na literatura, e é bem discrepante das outras amostras, uma vez que nenhuma outra passa de 100. De qualquer forma, são resultados ainda ruins. Os números acima apenas refletem o que vem sendo postulado anteriormente, de que provavelmente a parte linear elástica da curva não foi atingida, logo, os módulos de Young calculados nesse trabalho são menores do que os verdadeiros. Interessantemente, nem os relativamente baixos módulos de ruptura foram capazes de aumentar a razão $E / \text{Módulo de ruptura}$ suficientemente para que as rochas se enquadrassem com o aguardado, baseando-se na literatura.

Observando-se a tabela de Pells (1993) nota-se que folhelhos tem menores razões que arenitos e esses por suas vezes tem números menores que basaltos, granitos e calcários, logo, pode-se afirmar que rochas de menor resistência possuem uma menor razão. Novamente, a tabela acima não condiz com a literatura, com rochas de maior resistência, como os granitos, possuindo valores menores que as de menor resistência, como o gnaiss e o gnaiss milonítico. Mais uma vez, a explicação pode estar no fato de que as rochas mais moles tendem a atingir a parte elástica linear da curva mais rapidamente do que as mais duras.

VIII. 4 Modo de ruptura

O autor observou e relatou seis diferentes formas de ruptura: A- Em plano de camadas de rocha, como as laminações do laminito ou bandamento do gnaiss. B- Ruptura em plano, mas esse não sendo o de camadas das rochas, como fraturas ou supostas fraturas. C- Ruptura interna, onde o corpo de prova mantinha uma aparência externa intacta. D- Ruptura de modo que o corpo de prova foi estilhaçado, ou seja, quebrou-se em diversos pedaços. E- A explosão do corpo de prova com o alívio da tensão, de forma semelhante ao fenômeno de *rock burst*. F-Quebra/ lascamento superficial, onde lascas, de tamanho pequeno, foram ejetadas do corpo de prova, mas nenhum outro tipo de dano foi detectado na rocha.

Observou-se, que amostras de um mesmo litotipo tendem a se romper do mesmo modo. Por exemplo, os laminitos se romperam, com a exceção da amostra 3, no plano de laminação (total de 4 amostras rompidas dessa forma). Isso ocorreu, não obstante a presença de outro plano de vulnerabilidade na rocha como o de fraturas, entretanto esse não é tão sensível como o das laminações, o que se ilustra pelo fato da amostra 4 ter se rompido na laminação durante o processo de transporte.

Talvez em algumas amostras a ruptura tenha sido foi cisalhante, mas em outras aparentemente ocorreu um rompimento de carácter mais tensional, como o ilustrado na Fig.

4 (a) de Jaeger (1979). O melhor exemplo desse último, seria a amostra 7, que como pode ser visto pelas Fig. 33 (b) e (c) ficou relativamente bem preservada, isto é, em um só pedaço após a ruptura, com apenas um maior espaçamento das laminações sendo evidente. Isso pode ser devido ao fato de, como pode ser observado nas figuras, as laminações terem um alto caimento na amostra, isto é, elas fazem um pequeno ângulo em relação ao plano axial (9°), o que faria que a ruptura tivesse uma característica mais tensional, relacionada a camadas verticalizadas, do que cisalhante, relacionada a mergulhos mais intermediários, como 45° . A amostra 1, Fig. 33 (a), também de baixo caimento, aparentemente também se rompeu tensionalmente.

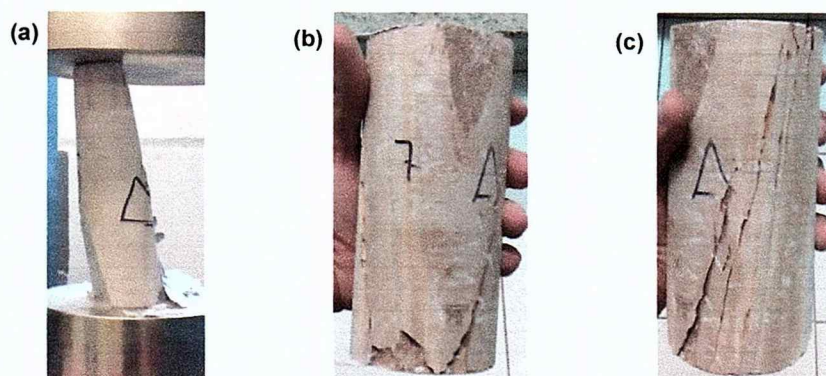


Fig. 34- Exemplos de laminitos que foram rompidos nos planos das laminações. (a) Amostra 1. (b) e (c) Amostra 7.

O gnaise teve todas as suas amostras se rompendo no plano de bandamento, o único plano de fraqueza detectado para essa rocha. Vale adicionar que o plano de ruptura era normalmente em uma camada (bandamento) escura, em oposição às camadas quartzo-feldspáticas, com minerais micáceos, que notoriamente constituem focos de instabilidade. Dessa forma, ocorreu nada menos do que o esperado para essas rochas, com a ruptura dos corpos de prova das mesmas ocorrendo nos planos de fraqueza mais evidentes de forma cisalhante, como citado na literatura.

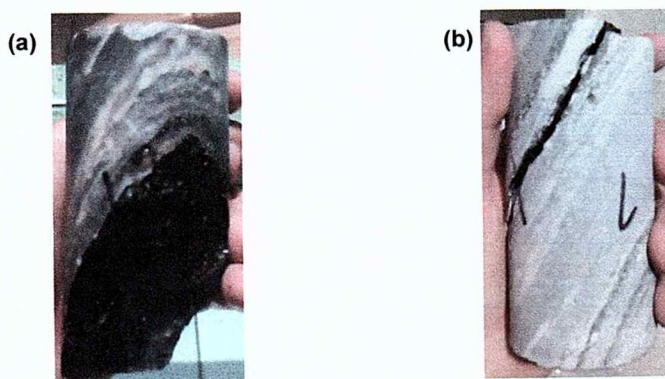


Fig. 35- (a) e (b) Exemplos de gnaise que sofreram ruptura em camada micácea concordante com o bandamento geral da rocha, de forma cisalhante.

Já o comportamento do gnaiss ultramilonítico foi mais inesperado. As amostras de 1 a 7 se romperam de forma semelhante, em um plano com caimento em torno de 20° em relação ao eixo axial, por exemplo, o da amostra 2 tem 20° e o da 7 possui 24° . Esse plano tem um mergulho oposto ao do bandamento da rocha. Uma possível explicação é a presença de um conjunto de micro-fraturas orientadas nessa direção. Já as amostras 8, 11 e 12 se romperam no plano de fraqueza, como se esperava antes do teste. Logo, isso mostra que uma mesma rocha pode ter dois planos de vulnerabilidade, um óbvio e outro de carácter obscuro ao olho nu. Em relação a este último o teste de compressão uniaxial se mostrou como uma ferramenta em sua detecção. Construindo-se em cima disso, ressalta-se que a amostra 8, aparentemente, iniciou sua ruptura no plano de bandamento, mas depois houve uma propagação das fraturas para outra direção, tendendo a ir para um plano concordante ao de quebra das amostras 1 a 7.

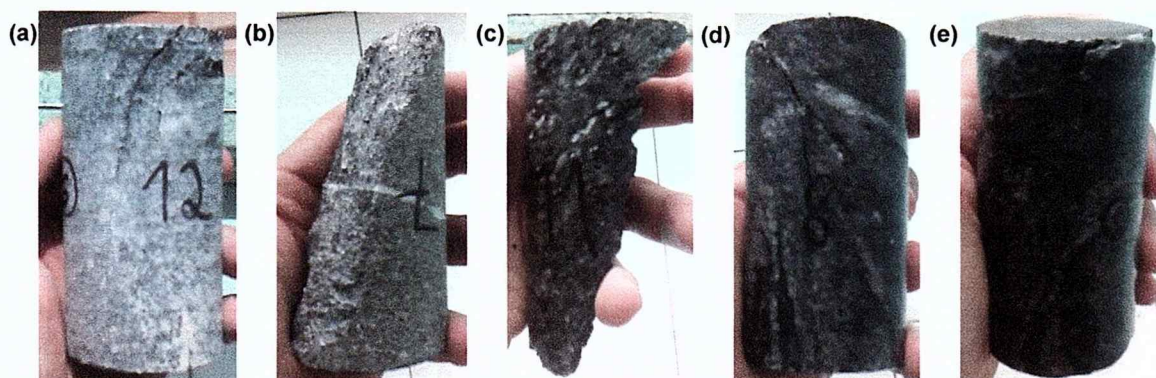


Fig. 36- Gnaiss ultramilonítico (a) Amostra 12 com rompimento no bandamento. (b) Amostra 7 com rompimento em plano contrário ao mergulho do bandamento. (c) Amostra 11, com rompimento concordante ao bandamento evidente. (d) e (e) Amostra 8, com ruptura no bandamento, mas que ‘escapa’ para outro plano.

O gnaiss milonítico teve modos de ruptura mais variados do que o ultramilonítico. O gnaiss milonítico teve formas de ruptura como explosão, estilhaçamento e lascamento, essas por sua vez não foram observadas no gnaiss ultramilonítico. Como será explorado mais a frente, sabe-se que esses modos de ruptura observados no gnaiss milonítico são naturais, comparando-se esse ao ultramilonítico, pois, ele tem um módulo de ruptura e uma rigidez maiores do que a do outro. Observou-se ainda para essa rocha duas amostras que se romperam na foliação (a três tanto na foliação como contrário a ela), o que ilustra o ponto dessa rocha ter um ponto de vulnerabilidade igual ao do gnaiss ultramilonítico, o bandamento, mas que o efeito do mesmo é tornado mais brando, provavelmente, pela presença dos porfiroblastos de feldspato.

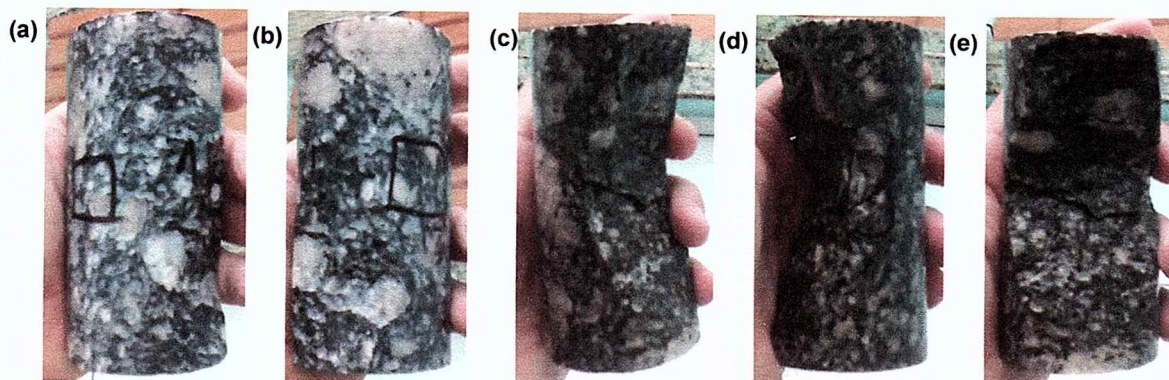


Fig. 37- Gnaiss milonítico. (a) e (b) Amostra 15 que sofreu lascamento superficial. (c), (d) e (e) Amostra 3, que se quebrou em dois planos, metade (parte de baixo da figura (d)) no bandamento, e metade contrário ao bandamento.

Os granitos tiveram formas de ruptura variada. O granito 1 sofreu tanto estilhaçamento, como explosão e quebra superficial (3 modos distintos em 3 corpos de prova). O granito 2 se rompeu com estilhaçamento, em um plano distinto da foliação e explosão (3 modos distintos em 5 amostras). A falta de planos de fraqueza marcantes, especialmente no granito 1, fez com que se registrasse 3 estilhaçamentos e 2 explosões no total (considerando-se as duas rochas), formas de ruptura relacionadas a rochas mais resistentes. De fato, as duas amostras que registraram os menores valores para os módulos de ruptura, 2 (126,4 MPa) e 5 (21MPa) do granito 2, se romperam em planos bem definidos, porém não reconhecidos durante descrição da amostra (talvez uma microfratura). Traz-se a tona que nenhuma amostra se rompeu no leve-moderado bandamento relatado no granito 2.

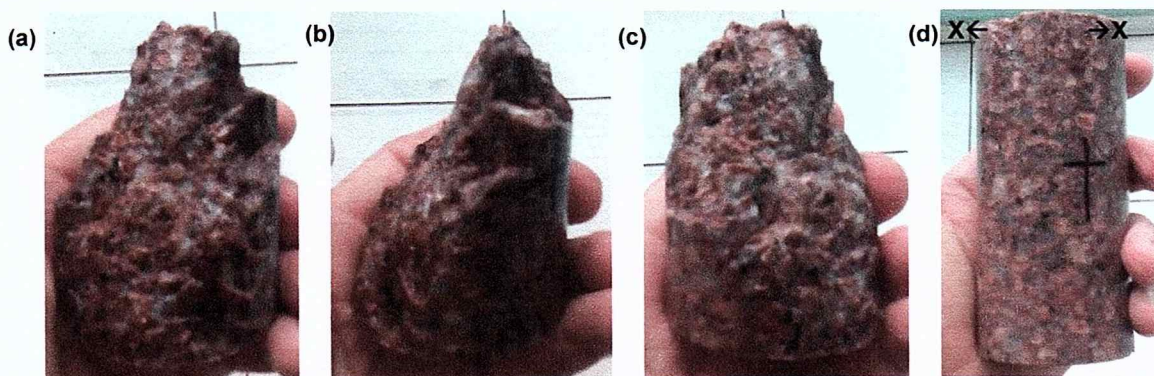


Fig. 38- Granito 1 (a), (b) e (c) Pedaco da amostra 3, que foi estilhaçada. (d) Amostra 1, com locais de lascamento indicados (X).

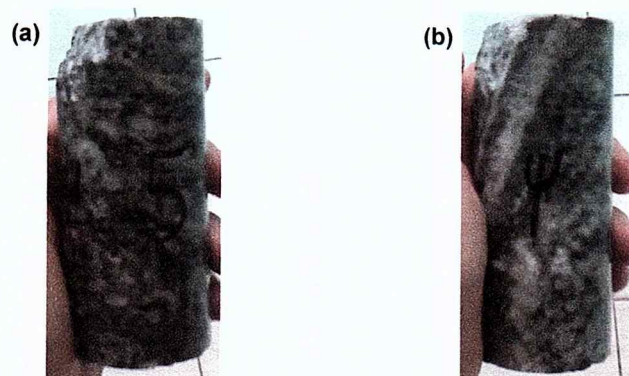


Fig. 39- Granito 2 (a) Amostra 5, que se quebrou em plano bem definido, contrário a foliação. (b) Amostra 2, que se quebrou em plano, com mergulho na mesma direção, mas não coincidente a foliação.

Algumas amostras explodiram. O processo ocorria da seguinte maneira, primeiramente, a rocha se rompia o que era perceptível através da queda da curva no gráfico e da tensão acumulada, bem como um distinto som (crack). Após a ruptura, girava-se o registro de decremento de carga, pois, só dessa forma era exequível girar o fuso superior que prendia a amostra (uma certa carga ainda continuava aplicada no corpo de prova mesmo após ruptura). Nesse momento, muitas vezes o corpo de prova explodia com grande magnitude, sendo esse estouro mais forte do que o simples estilhaçamento da rocha por compressão. De fato, a amostra 3 do laminito foi capaz de arrombar a porta da tela de proteção e ejetar lascas a metros de distância. Tal fenômeno se assemelha com o denominado de *rock burst*, ocorrente em obras subterrâneas, no qual a abertura de galerias resulta um alívio da pressão na rocha, ou seja, um local de escape para a energia armazenada, que ocorrendo de modo rápido, resulta em uma explosão, muitas vezes provocando mortes de trabalhadores. É interessante como ensaios em que a aplicação de carga foi dada em poucos minutos é capaz de reproduzir um fenômeno em que o acúmulo de carga na rocha se dá em dezenas ou centenas de milhões de anos. Traz-se a tona ainda as altas tensões as quais as amostra que explodiram foram submetidas, sendo esses valores acima de 150 MPa, por exemplo, o laminito (amostra 3) teve um módulo de ruptura de 155,4MPa, enquanto nenhuma outra amostra dessa rocha ultrapassou a marca de 100MPa ou o granito 1- amostra 2 que foi o único corpo de prova testado que ultrapassou a marca de 219,9MPa.

Notam-se ainda corpos de prova os quais o software registrou o acontecimento da ruptura, porém a amostra estava aparentemente intacta. Traz-se a tona o fato de que se escutou um som distinto de quebra (crack) em algumas dessas amostras bem no momento em que o programa registrou o rompimento. Especula-se que houve ruptura interna. Tal proposição pode ser confirmada apenas com o uso de raio-x, entretanto salienta-se que na prensa utilizada na UNICID são feitos testes em concreto, e nesses relatos de ruptura interna são frequentes.

Como uma última observação segue o gráfico a seguir. Destacado nele, estão picos de fraturamento, isto é, momentos em que um som distinto (crack) era perceptível logo antes de um pequeno caimento no gráfico. Isso mostra que talvez, pelo menos em alguns casos, a ruptura não seja episódica, mas sim gradual. Isso condiz com o que Adams e Nicolson (1901) e Adam e Williamson (1923) demonstraram, que rochas e minerais não tem plasticidade em condições de temperatura ambiente, mas sim que a rocha, talvez, vá se quebrando aos poucos.

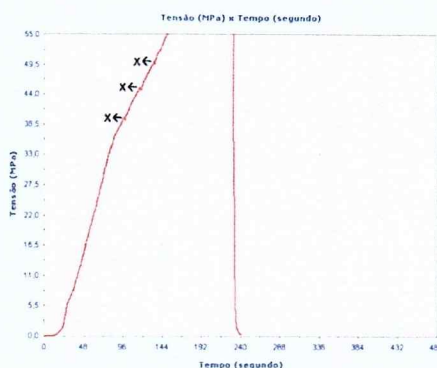


Fig. 40- Gráfico de tensão-tempo para amostra 1 do gnaiss milonítico. Indicados em x estão os picos de fraturamento, evidenciados por sons particulares (cracks) durante o teste e a queda pós-ruptura.

VIII. 5 Relação entre o modo de ruptura e o módulo de ruptura

Rochas, ou amostras, que se rompem em planos bem definidos tendem a ter um menor módulo de ruptura. Isso é ilustrado ao se comparar os granitos e os gnaisses, rocha com composições mineralógicas semelhantes, mas com texturas diferentes, uma granular e outra com bandamento. Os granitos apresentaram médias nos módulos de ruptura de 189,8 e 121,3MPa, enquanto, os gnaisses tiveram médias de 46,7; 98,6 e 43,9MPa. Para explorar o caso mais profundamente, é interessante considerar-se inicialmente o gnaiss. Esse teve todas as suas amostras se rompendo no plano de bandamento. O resultado, essa rocha possui a menor média de todos os módulos (43,9MPa). Isso se encontra em oposição ao granito 1, que não teve nenhuma amostra se rompendo em um plano definido de fraqueza e detém a maior média de (189,8MPa).

Para ilustrar a situação mais profundamente, ao analisar-se amostras de um mesmo material, percebe-se que corpos de prova que se quebram em um plano definido são mais fracos. Ao considerar-se o caso do granito 5, vê-se as amostras 5 e 2. A primeira possui um módulo de 21MPa, sendo esse, um valor extremamente baixo em comparação as outras quatro amostras desse litotipo, que possuem apenas valores acima de 100MPa, de fato, a segunda amostra mais fraca do total de cinco é a 2 com um valor de 126,4. Essas foram as únicas duas das cinco amostras que se romperam em planos bem definidos. As outras três amostras mais fortes ou foram estilhaçadas ou explodiram.

Continuando-se na mesma linha de pensamento, é interessante comparar-se os gnaisses milonítico e ultramilonítico. O primeiro tem módulo de 46,7MPa, enquanto o segundo é mais de duas vezes mais resistente, com 98,6MPa. Observa-se que das 11 amostras testadas para a rocha mais fraca, 9 falharam em um plano definido, e a situação das outras duas é desconhecida devido ao fato de que o rompimento foi interno, ou seja, sabe-se que 81,8% das amostras se romperam em um plano de fraqueza. A rocha mais forte por sua vez parece fugir a regra, com apenas 2 amostras de 10 (20%) se rompendo certamente em um plano de fraqueza, com 5 certamente não se rompendo em um plano de fraqueza, ou seja, o máximo de amostras que possivelmente se romperam em um plano de fraqueza é de 50%.

Traz-se a tona as diferenças que podem explicar os comportamentos distintos entre os gnaisses milonítico e ultramilonítico. Primeiramente, o ultramilonítico tende a ter um maior índice de cor, com todas amostras acima de 20, com uma média de 25, enquanto, o ultramilonítico tem média de 18,9. Percebe-se que esses máficos são geralmente micáceos, e como já se foi ressaltado esses minerais são um fator de vulnerabilidade. Além disso, o milonito possui porfiroclastos feldspáticos, dessa forma então, pode se especular que esses serviram de certa forma como uma brita no concreto. Outro motivo que explicaria as diferenças é o mergulho das camadas. O bandamento do milonítico tende a cair por volta de 30°, enquanto o ultramilonítico cai mais por volta de 60°. Com base na Fig. 9 de Gray (1967), rochas com caimento de 60° tem o módulo de elasticidade (e por extensão de ruptura) menor que as de 30°. Concluiria-se então, que o gnaisse milonítico tem o maior módulo de ruptura devido a seu caimento de 30°, em detrimento dos 60° do gnaisse ultramilonítico. Logo, é difícil de determinar se um dos fatores, se não dois, ou até os três, tiveram influência nas diferenças observadas.

Quando ocorre rompimento, esse naturalmente, como já apontado diversas vezes, tende a ser nos locais de fraqueza. Limites de minerais tendem a ser pontos de menor resistência que o interior de grãos. Esses últimos são mantidos através de ligações intramoleculares, que são mais fortes do que as ligações intermoleculares que ligam diferentes grãos da rocha juntos. Logo, rochas ígneas ou metamórficas com grãos mais finos tendem a ter mais divisas, sendo assim mais susceptíveis a se romperem. O mesmo fenômeno é observado, talvez, no granito, uma vez que o granito 1 tem maior módulo de ruptura que o 2, e o 1 tem maior granulometria que o 2. Não obstante o fato de que o 2 se teve duas amostras se quebrando em um plano de fraqueza, se essas forem excluídas, ainda assim o 1 continua tendo valores maiores (média de 189,8 MPa, em comparação a valores de 164,9; 134,8 e 159,5MPa para as amostras do granito 2 que não se quebraram em planos de fraqueza), o que reforça ainda mais a teoria de que, para rochas ígneas e metamórficas, onde há pouca porosidade que não seja de fraturas, rochas com granulometria mais grossa são mais

resistentes (lembrando que, como visto na bibliografia, o contrário é a regra para rochas sedimentares, ou seja, sedimentares mais finas são mais resistentes).

IX. CONCLUSÕES

Primeiramente, vale apontar a dificuldade de enquadrar o projeto com as recomendações dadas pela literatura. Fatores como o número de amostras, condições da prensa, como o tamanho do disco de prensa em relação ao corpo de prova, precisão do micrometro etc, acabam muitas vezes sendo ignorados ou ao menos contornados, amenizados e, de certa forma, equilibrados, como no caso em que o tempo mínimo recomendado para se efetuar o teste implica que a carga/ tensão aplicada por segundo deve ser menor do que o sugerido pela bibliografia. O autor proclama que os ensaios não seriam realizados sem esse tipo de flexibilidade.

De qualquer forma, é essencial que as recomendações que não foram seguidas sejam apontadas, tanto em uma questão de ética e, de certa forma, para a credibilidade do trabalho, como para explicar os erros observados nos resultados e discrepâncias dos mesmos em relação à literatura.

Um exemplo disso, são os baixos módulos de Young encontrados para o trabalho em relação à literatura. O motivo disso é limitação da carga máxima que pôde ser aplicada pela prensa, não permitindo atingir a parte linear da curva tensão-deformação, e a limitação do tempo de realização do teste devido ao fato do mesmo ser feito manualmente, tornando assim o teste muito demorado. Não obstante esses fatos, foi possível chegar a algumas conclusões com as comparações dos resultados.

A primeira é com base no menor módulo de Young que foi encontrado para rochas mais duras. O fator especulado por ser a causa disso é o de que rochas mais moles, como o laminito, tendem a alcançar a parte linear da curva tensão-deformação a tensões mais baixas do que rochas duras, como os granitos, lembrando que isso foi de alta influência no presente trabalho devido as baixas tensões com as quais se trabalhou. Isso é devido ao fechamento de poros e fraturas, que ocorre mais rapidamente em rochas mais moles.

Relacionado a isso, verificou-se o que a literatura sugeria em termos da diminuição do módulo de Young com o aumento do tempo do teste, com ensaios efetuados no gnaisse milonítico para diferentes durações.

Foi visto também no trabalho como planos de fraqueza afetam a resistência das rochas, diminuindo seus módulos de ruptura. Rochas que se quebram em planos mais definidos, sendo esses por vezes obviamente visíveis, como camadas, ou não perceptíveis ao olho nu, como microfraturas, tendem a ser menos resistentes que rochas que são estilhaçadas ou

até explodem, já que essas últimas necessitam de esforços aplicados que são capazes de colapsar feições, como bordas de minerais por toda a rocha. Os limites de grãos são normalmente tortuosos (em rochas ígneas) possuindo assim uma maior aderência/ atrito, enquanto, planos lisos e bem definidos são vulneráveis à ocorrência de cisalhamento. Vale adicionar ainda a observação da influência da composição mineralógica desses planos, com camadas micáceas sendo especialmente susceptíveis a cisalharem.

Observou-se ainda como a granulometria afeta o módulo de ruptura, com rochas ígneas, como granitos, e metamórficas com maior granulometria sendo mais resistentes, por terem menos bordas de minerais sendo assim mais sustentadas por forças intramoleculares (mais fortes) do que intermoleculares (mais fracas).

Finalmente, pode-se concluir que a heterogeneidade das rochas torna a interpretação dos dados difícil, pois fica a dúvida de quais foram os fatores que influenciaram no valor dos módulos, isto é, se foi o caimento da camada, tamanho dos grãos, composição mineralógica etc.

X. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amadei B. Deformability Properties of rocks and rock masses. Disponível em: <<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:3qlQbxv0mosJ:https://www.researchgate.net/file.PostFileLoader.html%3Fid%3D57ac83513d7f4bfd89504196%26assetKey%3DAS%253A393896287850501%25401470923601181+&cd=2&hl=en&ct=clnk&gl=br>> Acesso em: 25 de Outubro de 2016.

ASTM (American Society for Testing and Materials). 2001. Standard Practices for Preparing Rock Core Specimens and Determining Dimensional and Shape Tolerances. West Conshohocken, Pennsylvania (Pensilvânia).

ASTM (American Society for Testing and Materials). 2002. Standard Test Method for Elastic Moduli of Intact Rock Core Specimens in Uniaxial Compression. West Conshohocken, Pennsylvania (Pensilvânia).

Bieniawski, Z.T.; Bernede, M.J. 1979. Suggested methods for determining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials. *In*: International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics. Vol. 16,(2).

Christaras, B.; Auger, F.; Mosse, E. 1994. Determination of the moduli of elasticity of rocks. Comparison of the ultrasonic velocity and mechanical resonance frequency methods with direct static methods. *In*: Materials and Structures. Kluwer Academic Publishers. Vol.27.

Compressive strength of rocks. Disponível em: <http://petrowiki.org/Compressive_

strength_of_rocks#cite_note-r10-10> Acessado em: 3/11/2016.

Jaeger, C. 1979. Rock Mechanics and Engineering. Ed.2. Cambridge University Press.

Jizba, D.L. 1991. Mechanical and acoustical properties of sandstones and shales. PhD dissertation. Stanford University, Palo Alto, California.

Lama, R. D.; Vutukuri V. S. 1978. Handbook on MECHANICAL PROPERTIES OF ROCKS-Testing Techniques and Results. Vol. II. Trans Tech Publications, Clausthal, Germany (Alemanha).

McDowell, P. W. Seismic Investigation for Rock Engineering. *In*: COMPREHENSIVE ROCK ENGINEERING Principles, Practice & Projects. 1993. Vol.3. Rock Testing and Site Characterization. Pergamon Press.

Nelson, R. A. 2001. Geological Analysis of Naturally Fractured Reservoirs. Ed. 2. Houston, Texas. Gulf Publishing Company.

Pells, P. J. N. Uniaxial Strength Testing. *In*: COMPREHENSIVE ROCK ENGINEERING Principles, Practice & Projects. 1993. Vol.3. Rock Testing and Site Characterization. Pergamon Press.

Rahn, P. H. 1986. ENGINEERING GEOLOGY, An Environmental Approach. Elsevier.

Siggins, A. F. Dynamic Elastic Tests for Rock Engineering. *In*: COMPREHENSIVE ROCK ENGINEERING Principles, Practice & Projects. 1993. Vol.3. Rock Testing and Site Characterization. Pergamon Press.

Rocha	Nº da amostra	Grau de alteração	Cor	IM	% de porfiroblastos	Tipo de Camada	Mergulho das camadas em relação ao eixo do cilindro (°)	Mergulho de fraturas em relação ao eixo do cilindro (°)	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	Peso (g)	Volume (cm³)	Densidade (g/cm³)	Densidade (Kg/m³)	Observação
Gnaiss ultramilonítico	1	Não há	Cinza escuro a médio	22			58		11	5,4	665,95	251,924315	2,643452659	2643,452659	
	2	Não há	Cinza escuro a médio	25			60		11,1	5,4	675,42	254,214536	2,65688977	2656,88977	
	3	Não há	Cinza escuro a médio	25			43		10,9	5,4	686,03	249,634094	2,748142249	2748,142249	
	4	Não há	Cinza escuro a médio	26			25		11,4	5,4	707,34	261,085199	2,70923056	2709,23056	
	5	Não há	Cinza escuro a médio	24			56		11,5	5,4	737,51	263,37542	2,800223345	2800,223345	
	6	Não há	Cinza escuro a médio	22		Bandamento gnáissico	40		10,9	5,4	694,46	249,634094	2,781911674	2781,911674	
	7	Não há	Cinza escuro a médio	38			65		11,2	5,4	739,73	256,504757	2,883884138	2883,884138	
	8	Não há	Cinza escuro a médio	20			40		10,8	5,4	676,22	247,343873	2,733926627	2733,926627	
	10	Não há	Cinza escuro a médio	30			44		10,8	5,4	697,82	247,343873	2,821254443	2821,254443	
	11	Não há	Cinza escuro a médio	23			38		10,8	5,4	685,75	247,343873	2,772455983	2772,455983	
	12	Não há	Cinza escuro a médio	30			27,5		10,8	5,4	685,21	247,343873	2,770272788	2770,272788	
	13	Não há	Cinza escuro a médio	20			36		10,9	5,4	675,52	249,634094	2,706040628	2706,040628	
Gnaiss milonítico	1	Não há	Cinza escuro a médio	22	7		18,5		11,1	5,4	679,98	254,214536	2,674827376	2674,827376	
	2	Não há	Cinza escuro a médio	22	9		15		11,05	5,4	682,78	7410,99426	0,092130688	92,13068795	
	3	Não há	Cinza escuro a médio	16	20		23		10,8	5,4	671,48	7243,32471	0,092703286	92,70328568	
	4	Não há	Cinza escuro a médio	21	4		22		11,1	5,4	682,09	254,214536	2,683127452	2683,127452	
	5	Não há	Cinza escuro a médio	18	6		40		11,35	5,4	694,3	259,940089	2,67100009	2671,00009	
	11	Não há	Cinza escuro a médio	17	17	Bandamento gnáissico	26		12,25	5,4	755,23	280,552078	2,691942279	2691,942279	
	12	Não há	Cinza escuro a médio	16	16		28		11,7	5,4	725,29	267,955862	2,706751754	2706,751754	
	13	Não há	Cinza escuro a médio	19	10		23,5		12,9	5,4	806,58	295,438515	2,730111207	2730,111207	
	14	Não há	Cinza escuro a médio	20	17		23		12	5,4	743,32	274,826525	2,704687981	2704,687981	
	15	Não há	Cinza escuro a médio	18	12		28		11,1	5,4	683,32	254,214536	2,687965885	2687,965885	
	1	Não há	Cinza médio	20	30		30		10,95	5,4	689,26	250,779204	2,74847351	2748,47351	

Gnaiss	2	Não há	Cinza médio	17	Bandamento gnáissico	31,5	11,45	5,4	720,31	262,23031	2,746860198	2746,860198	Rocha com bandamento muito fraco. Textura equigranular média predominante (granito)
	3	Não há	Cinza médio	18		32,5	12,5	5,4	807,49	286,277631	2,820653498	2820,653498	
	4	Não há	Cinza médio	10		31	12,1	5,4	753,7	277,116746	2,719792325	2719,792325	
	1	Não há	Vermelho róseo	2			11,1	5,4	687,8	254,214536	2,705588795	2705,588795	
Granito I	2	Não há	Vermelho róseo	2			11,05	5,4	663,09	253,069425	2,620190088	2620,190088	Rocha com bandamento muito fraco. Textura equigranular média predominante (granito)
	3	Não há	Vermelho róseo	2			10,8	5,4	651,82	247,343873	2,63527854	2635,27854	
	1	Não há	Cinza claro a médio	13		Varia entre 11 a 45° (média de 31°)	10,95	5,4	740,49	250,779204	2,952756796	2952,756796	
	2	Não há	Cinza claro a médio	12		Varia entre 15 a 38° (média de 24°)	12,1	5,4	749,71	277,116746	2,705394061	2705,394061	
Granito II	3	Não há	Cinza claro a médio	13	Bandamento gnáissico	Não tem	11,65	5,4	811,78	286,810752	3,042531063	3042,531063	Bandamento muito fraco presente em metade da amostra. A outra metade é granítica
	4	Não há	Cinza claro a médio	11		Varia entre 24 a 45° (média de 38°)	12,95	5,4	700,62	296,583625	2,362301693	2362,301693	
	5	Não há	Cinza claro a médio	12		Varia entre 48,5 a 62° (média de 55,5°)	12	5,4	717	274,826525	2,608918477	2608,918477	
	1	Pouca alteração	Cinza bem claro a médio			8	17,35	7,5	2161,4	397,353351	5,439491056	5439,491056	
Granito III		Alteração significante em metade da rocha evidencia a por cor marrom	Cinza bem claro			9	17,1	7,5	2016,6	391,627799	5,149276959	5149,276959	Espaçamento entre fraturas de 3 a 5cm
	2					não detectada							

Laminíto

3	Não há	Cinza médio a escuro	Laminação	30	não detectada	17,6	7,5	2226,1	403,078904	5,522740036	5522,740036	Presença de poucas fraturas
4	Pouca alteração	Cinza bem claro		5	20	15,7	7,5	1912,5	359,564704	5,318931416	5318,931416	Espaçamento entre fraturas menor que 2cm
5	Pouca alteração	Cinza médio		16	19,5	17,1	7,5	2168	391,627799	5,535868515	5535,868515	Espaçamento entre fraturas em torno de 2cm (1,5 a 2,5cm)
7	alteração significativa da rocha evidenciada por cor marrom	Cinza bem claro		9	21	16,3	7,5	1918,5	373,30603	5,139215133	5139,215133	Espaçamento entre fraturas em torno de 4 cm

Gnaiss ultramilonítico- Amostra 1

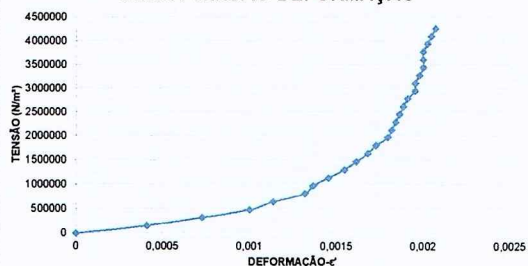
DEFORMAÇÃO O DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (mm²)	CARGA EM N/mm²	DEFOR MAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0		0	0		0	0	110000	110000	1	1	0	22:08 26/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	164713,7555	45		109955	0,99959	0,00041		
10		76,9		754,389	329427,5109	80		109920	0,99927	0,00073		
15		115,35		1131,58	494141,2664	110		109890	0,999	0,001		
20		153,8		1508,78	658855,0218	125		109875	0,99886	0,00114		
25		192,25		1885,97	823568,7773	145		109855	0,99868	0,00132		
30		230,7		2263,17	988282,5328	150		109850	0,99864	0,00136		
35		269,15		2640,36	1152996,288	160		109840	0,99855	0,00145		
40		307,6		3017,56	1317710,044	170		109830	0,99845	0,00155		
45		346,05		3394,75	1482423,799	177,5		109823	0,99839	0,00161		
50		384,5		3771,95	1647137,555	185		109815	0,99832	0,00168		
55		422,95		4149,14	1811851,31	190		109810	0,99827	0,00173		
60		461,4		4526,33	1976565,066	197,5		109803	0,9982	0,0018		
65		499,85		4903,53	2141278,821	200		109800	0,99818	0,00182		
70		538,3		5280,72	2305992,576	202,5		109798	0,99816	0,00184		
75		576,75		5657,92	2470706,332	205		109795	0,99814	0,00186		
80		615,2		6035,11	2635420,087	207,5		109793	0,99811	0,00189		
85		653,65		6412,31	2800133,843	210		109790	0,99809	0,00191		
90		692,1		6789,5	2964847,598	215		109785	0,99805	0,00195		
95		730,55		7166,7	3129561,354	215		109785	0,99805	0,00195		
100		769		7543,89	3294275,109	217,5		109783	0,99802	0,00198		
105		807,45		7921,08	3458988,665	220		109780	0,998	0,002		
110		845,9		8298,28	3623702,62	220		109780	0,998	0,002		
115		884,35		8675,47	3788416,376	220		109780	0,998	0,002		
120		922,8		9052,67	3953130,131	222,5		109778	0,99798	0,00202		
125		961,25		9429,86	4117843,886	225		109775	0,99795	0,00205		
130		999,7		9807,06	4282557,642	227,5		109773	0,99793	0,00207		

ε'	RGA EM N/mm²
0	0
0,000409091	164714
0,000727273	329428
0,001	494141
0,001136364	658855
0,001318182	823569
0,001363636	888283
0,001454545	1152996
0,001545455	1317710
0,001613636	1482424
0,001681818	1647138
0,001727273	1811851
0,001795455	1976565
0,001818182	2141279
0,001840909	2305993
0,001863636	2470706
0,001886364	2635420
0,001909091	2800134
0,001954545	2964848
0,001954545	3129561
0,001977273	3294275
0,002	3458989
0,002	3623703
0,002	3788416
0,002022727	3953130
0,002045455	4117844
0,002068182	4282558

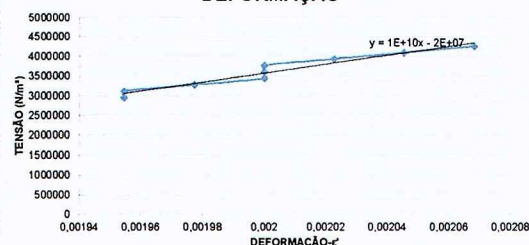
0,001954545	2964848
0,001954545	3129561
0,001977273	3294275
0,002	3458989
0,002	3623703
0,002	3788416
0,002022727	3953130
0,002045455	4117844
0,002068182	4282558

valor de m
11398831543

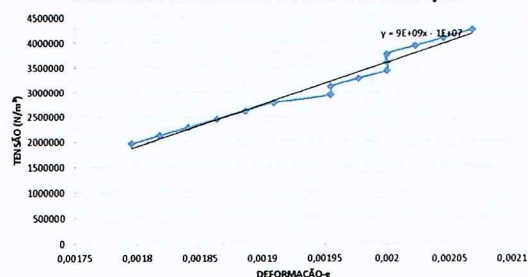
CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



0,001795455	1976565
0,001818182	2141279
0,001840909	2305993
0,001863636	2470706
0,001886364	2635420
0,001909091	2800134
0,001954545	2964848
0,001954545	3129561
0,001977273	3294275
0,002	3458989
0,002	3623703
0,002	3788416
0,002022727	3953130
0,002045455	4117844
0,002068182	4282558

valor de m
8503361509

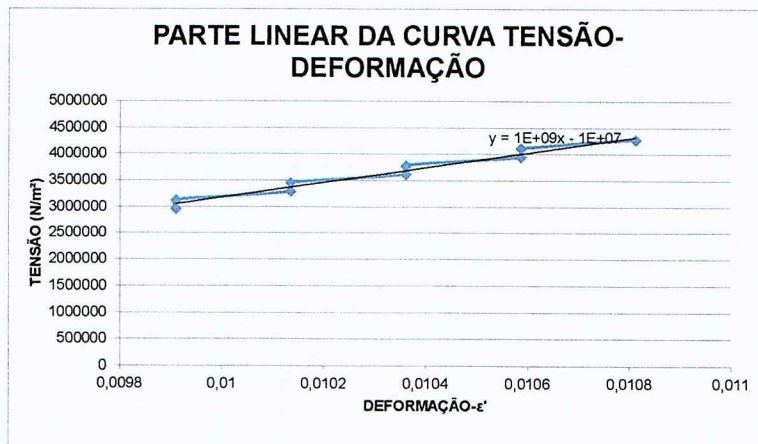
Gnaiss ultramilonítico- Amostra 2

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA	
0		0	0		0	0	111000	111000	1	1	0	03:17	27/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	0,00229	164713,7555	275	110725	0,99752	0,00248			
10		76,9		754,389		329427,5109	300	110700	0,9973	0,0027			
15		115,35		1131,58		494141,2664	325	110675	0,99707	0,00293			
20		153,8		1508,78		658855,0218	425	110575	0,99617	0,00383			
25		192,25		1885,97		823568,7773	500	110500	0,9955	0,0045			
30		230,7		2263,17		988282,5328	600	110400	0,99459	0,00541			
35		269,15		2640,36		1152996,288	675	110325	0,99392	0,00608			
40		307,6		3017,56		1317710,044	750	110250	0,99324	0,00676			
45		346,05		3394,75		1482423,799	800	110200	0,99279	0,00721			
50		384,5		3771,95		1647137,555	875	110125	0,99212	0,00788			
55		422,95		4149,14		1811851,31	925	110075	0,99167	0,00833			
60		461,4		4526,33		1976565,066	975	110025	0,99122	0,00878			
65		499,85		4903,53		2141278,821	1000	110000	0,99099	0,00901			
70		538,3		5280,72		2305992,576	1000	110000	0,99099	0,00901			
75		576,75		5657,92		2470706,332	1025	109975	0,99077	0,00923			
80		615,2		6035,11		2635420,087	1050	109950	0,99054	0,00946			
85		653,65		6412,31		2800133,843	1075	109925	0,99032	0,00968			
90		692,1		6789,5		2964847,598	1100	109900	0,99009	0,00991			
95		730,55		7166,7		3129561,354	1100	109900	0,99009	0,00991			
100		769		7543,89		3294275,109	1125	109875	0,98986	0,01014			
105		807,45		7921,08		3458988,865	1125	109875	0,98986	0,01014			
110		845,9		8298,28		3623702,62	1150	109850	0,98964	0,01036			
115		884,35		8675,47		3788416,376	1150	109850	0,98964	0,01036			
120		922,8		9052,67		3953130,131	1175	109825	0,98941	0,01059			
125		961,25		9429,86		4117843,886	1175	109825	0,98941	0,01059			
130		999,7		9807,06		4282557,642	1200	109800	0,98919	0,01081			

ε'	CARGA EM N/m²
0	0
0,002477477	164714
0,002702703	329428
0,002927928	494141
0,003828829	658855
0,004504505	823569
0,005405405	988283
0,006081081	1152996
0,006756757	1317710
0,007207207	1482424
0,007882883	1647138
0,008333333	1811851
0,008783784	1976565
0,009090909	2141279
0,009090909	2305993
0,009234234	2470706
0,009459459	2635420
0,009684685	2800134
0,00990991	2964848
0,00990991	3129561
0,010135135	3294275
0,010135135	3458989
0,01036036	3623703
0,01036036	3788416
0,010585586	3953130
0,010585586	4117844
0,010810811	4282558

0,00990991	2964848
0,00990991	3129561
0,010135135	3294275
0,010135135	3458989
0,01036036	3623703
0,01036036	3788416
0,010585586	3953130
0,010585586	4117844
0,010810811	4282558

valor de m
9,9335E+169



Gnaiss ultramilonítico- Amostra 3

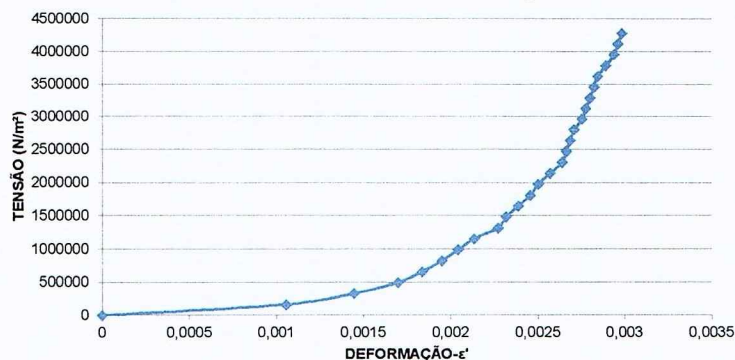
DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ϵ	ϵ'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	0	0	0	0	0	0	109000	109000	1	0	11:17	26/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	0,00229	164713,7555	115	108885	0,99894	0,00106		
10		76,9		754,389		329427,5109	157,5	108843	0,99856	0,00144		
15		115,35		1131,58		494141,2664	185	108815	0,9983	0,0017		
20		153,8		1508,78		658855,0218	200	108800	0,99817	0,00183		
25		192,25		1885,97		823568,7773	212,5	108788	0,99805	0,00195		
30		230,7		2263,17		988282,5328	222,5	108778	0,99796	0,00204		
35		269,15		2640,36		1152996,288	232,5	108768	0,99787	0,00213		
40		307,6		3017,56		1317710,044	247,5	108753	0,99773	0,00227		
45		346,05		3394,75		1482423,799	252,5	108748	0,99768	0,00232		
50		384,5		3771,95		1647137,555	260	108740	0,99761	0,00239		
55		422,95		4149,14		1811851,31	267,5	108733	0,99755	0,00245		
60		461,4		4526,33		1976565,066	272,5	108728	0,9975	0,0025		
65		499,85		4903,53		2141278,821	280	108720	0,99743	0,00257		
70		538,3		5280,72		2305992,576	287,5	108713	0,99736	0,00264		
75		576,75		5657,92		2470706,332	290	108710	0,99734	0,00266		
80		615,2		6035,11		2635420,087	292,5	108708	0,99732	0,00268		
85		653,65		6412,31		2800133,843	295	108705	0,99729	0,00271		
90		692,1		6789,5		2964847,598	300	108700	0,99725	0,00275		
95		730,55		7166,7		3129561,354	302,5	108698	0,99722	0,00278		
100		769		7543,89		3294275,109	305	108695	0,9972	0,0028		
105		807,45		7921,08		3458988,865	307,5	108693	0,99718	0,00282		
110		845,9		8298,28		3623702,62	310	108690	0,99716	0,00284		
115		884,35		8675,47		3788416,376	315	108685	0,99711	0,00289		
120		922,8		9052,67		3953130,131	320	108680	0,99706	0,00294		
125		961,25		9429,86		4117843,886	322,5	108678	0,99704	0,00296		
130		999,7		9807,06		4282557,642	325	108675	0,99702	0,00298		

ϵ'	RGA EM N/m²
0	0
0,001055	164714
0,001445	329428
0,001697	494141
0,001835	658855
0,00195	823569
0,002041	988283
0,002133	1152996
0,002271	1317710
0,002317	1482424
0,002385	1647138
0,002454	1811851
0,0025	1976565
0,002569	2141279
0,002638	2305993
0,002661	2470706
0,002683	2635420
0,002706	2800134
0,002752	2964848
0,002775	3129561
0,002798	3294275
0,002821	3458989
0,002844	3623703
0,00289	3788416
0,002936	3953130
0,002959	4117844
0,002982	4282558

0,0026376	2305993
0,002661	2470706
0,002683	2635420
0,002706	2800134
0,002752	2964848
0,002775	3129561
0,002798	3294275
0,002821	3458989
0,002844	3623703
0,00289	3788416
0,002936	3953130
0,002959	4117844
0,0029817	4282558

valor de m
5,572E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



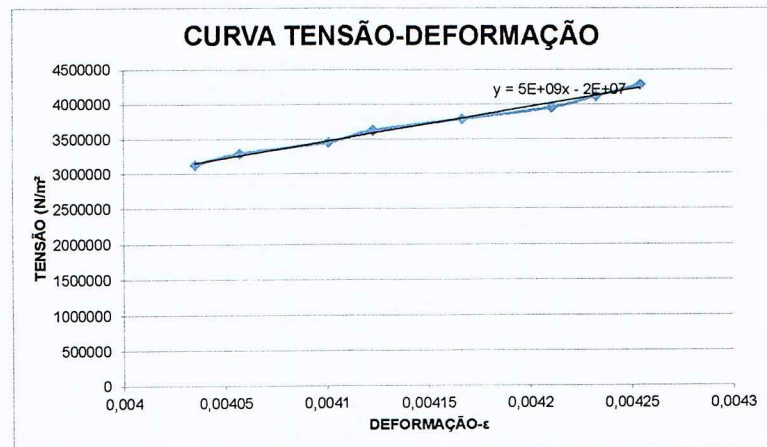
Gnaiss ultramilonítico- Amostra 4

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf		CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0		0		0		0	0	114000	114000	1	1	0	15:05 26/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	0,00229	164713,7555	110	113890	0,99904		0,00096		
10		76,9		754,389		329427,5109	200	113800	0,99825		0,00175		
15		115,35		1131,58		494141,2664	252,5	113748	0,99779		0,00221		
20		153,8		1508,78		658855,0218	290	113710	0,99746		0,00254		
25		192,25		1885,97		823568,7773	315	113685	0,99724		0,00276		
30		230,7		2263,17		988282,5328	337,5	113663	0,99704		0,00296		
35		269,15		2640,36		1152996,288	355	113645	0,99689		0,00311		
40		307,6		3017,56		1317710,044	370	113630	0,99675		0,00325		
45		346,05		3394,75		1482423,799	385	113615	0,99662		0,00338		
50		384,5		3771,95		1647137,555	397,5	113603	0,99651		0,00349		
55		422,95		4149,14		1811851,31	407,5	113593	0,99643		0,00357		
60		461,4		4526,33		1976565,066	415	113585	0,99636		0,00364		
65		499,85		4903,53		2141278,821	420	113580	0,99632		0,00368		
70		538,3		5280,72		2305992,576	430	113570	0,99623		0,00377		
75		576,75		5657,92		2470706,332	435	113565	0,99618		0,00382		
80		615,2		6035,11		2635420,087	442,5	113558	0,99612		0,00388		
85		653,65		6412,31		2800133,843	450	113550	0,99605		0,00395		
90		692,1		6789,5		2964847,598	455	113545	0,99601		0,00399		
95		730,55		7166,7		3129561,354	460	113540	0,99596		0,00404		
100		769		7543,89		3294275,109	462,5	113538	0,99594		0,00406		
105		807,45		7921,08		3458988,865	467,5	113533	0,9959		0,0041		
110		845,9		8298,28		3623702,62	470	113530	0,99588		0,00412		
115		884,35		8675,47		3788416,376	475	113525	0,99583		0,00417		
120		922,8		9052,67		3953130,131	480	113520	0,99579		0,00421		
125		961,25		9429,86		4117843,886	482,5	113518	0,99577		0,00423		
130		999,7		9807,06		4282557,642	485	113515	0,99575		0,00425		

ε'	CARGA EM N/m²
0	0
0,000965	164714
0,001754	329428
0,002215	494141
0,002544	658855
0,002763	823569
0,002961	988283
0,003114	1152996
0,003246	1317710
0,003377	1482424
0,003487	1647138
0,003575	1811851
0,00364	1976565
0,003684	2141279
0,003772	2305993
0,003816	2470706
0,003882	2635420
0,003947	2800134
0,003991	2964848
0,004035	3129561
0,004057	3294275
0,004101	3458989
0,004123	3623703
0,004167	3788416
0,004211	3953130
0,004232	4117844
0,004254	4282558

0,004035	3129561
0,004057	3294275
0,004101	3458989
0,004123	3623703
0,004167	3788416
0,004211	3953130
0,004232	4117844
0,004254	4282558

valor de m
4,923E+09

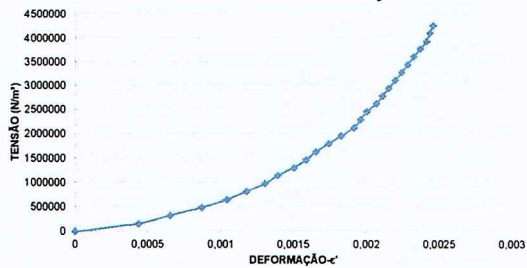


Gnaiss ultramilonítico- Amostra 5

DEFOR MAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORRE ÇÃO (o valor de cada micron em Kg)	CARGA EM Kg	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFOR MAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA	
0	0	0	0	0,00229	0	0	115000	115000	1	1	0	05:13	26/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	164713,7555	50		114950	0,99957	0,00043			
10		76,9		754,389	329427,5109	75		114925	0,99935	0,00065			
15		115,35		1131,58	494141,2684	100		114900	0,99913	0,00087			
20		153,8		1508,78	658855,0218	120		114880	0,99896	0,00104			
25		192,25		1885,97	823568,7773	135		114865	0,99883	0,00117			
30		230,7		2263,17	988282,5328	150		114850	0,9987	0,0013			
35		269,15		2640,36	1152996,288	160		114840	0,99861	0,00139			
40		307,6		3017,56	1317710,044	172,5		114828	0,9985	0,0015			
45		346,05		3394,75	1482423,799	182,5		114818	0,99841	0,00159			
50		384,5		3771,95	1647137,555	190		114810	0,99835	0,00165			
55		422,95		4149,14	1811851,31	200		114800	0,99826	0,00174			
60		461,4		4526,33	1976565,066	210		114790	0,99817	0,00183			
65		499,85		4903,53	2141278,821	220		114780	0,99809	0,00191			
70		538,3		5280,72	2305992,576	225		114775	0,99804	0,00196			
75		576,75		5657,92	2470706,332	230		114770	0,998	0,002			
80		615,2		6035,11	2635420,087	237,5		114763	0,99793	0,00207			
85		653,65		6412,31	2800133,843	242,5		114758	0,99789	0,00211			
90		692,1		6789,5	2964847,598	247,5		114753	0,99785	0,00215			
95		730,55		7166,7	3129561,354	252,5		114748	0,9978	0,0022			
100		769		7543,89	3294275,109	257,5		114743	0,99776	0,00224			
105		807,45		7921,08	3458988,865	262,5		114738	0,99772	0,00228			
110		845,9		8298,28	3623702,62	267,5		114733	0,99767	0,00233			
115		884,35		8675,47	3788416,376	272,5		114728	0,99763	0,00237			
120		922,8		9052,67	3953130,131	277,5		114723	0,99759	0,00241			
125		961,25		9429,86	4117843,886	280		114720	0,99757	0,00243			
130		999,7		9807,06	4282557,642	282,5		114718	0,99754	0,00246			

ε'	GA EM N/m²
0	0
0,000435	164714
0,000652	329428
0,00087	494141
0,001043	658855
0,001174	823569
0,001304	988283
0,001391	1152996
0,0015	1317710
0,001587	1482424
0,001652	1647138
0,001739	1811851
0,001826	1976565
0,001913	2141279
0,001957	2305993
0,002	2470706
0,002065	2635420
0,002109	2800134
0,002152	2964848
0,002196	3129561
0,002239	3294275
0,002283	3458989
0,002326	3623703
0,00237	3788416
0,002413	3953130
0,002435	4117844
0,002457	4282558

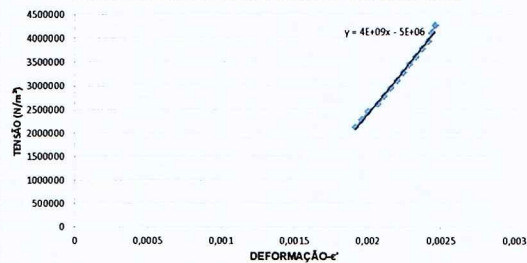
CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



0,001913	2141279
0,001957	2305993
0,002	2470706
0,002065	2635420
0,002109	2800134
0,002152	2964848
0,002196	3129561
0,002239	3294275
0,002283	3458989
0,002326	3623703
0,00237	3788416
0,002413	3953130
0,002435	4117844
0,002457	4282558

valor de m
3,782E+09

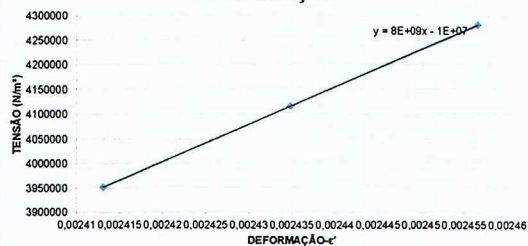
PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



0,002413	3953130
0,002435	4117844
0,002457	4282558

valor de m
7,577E+09

PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



Gnaiss ultramilonítico- Amostra 6

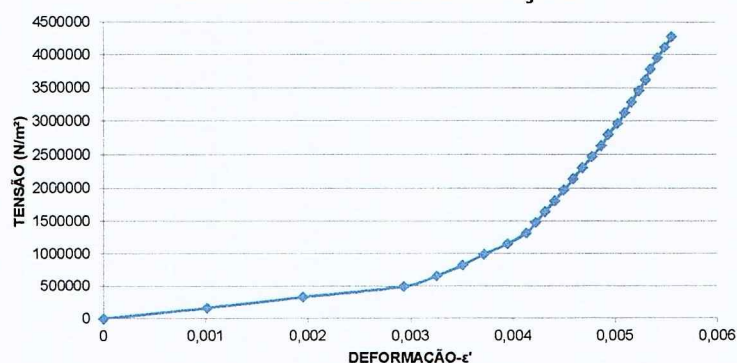
DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kg	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ϵ	ϵ'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	0	0	0	0,00229	0	0	109000	109000	1	1	0	09:16 26/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	164713,7555	110		108890	0,99899	0,00101		
10		76,9		754,389	329427,5109	212,5		108788	0,99805	0,00195		
15		115,35		1131,58	494141,2664	320		108680	0,99706	0,00294		
20		153,8		1508,78	658855,0218	355		108645	0,99674	0,00326		
25		192,25		1885,97	823568,7773	382,5		108618	0,99649	0,00351		
30		230,7		2263,17	988282,5328	405		108595	0,99628	0,00372		
35		269,15		2640,36	1152996,288	430		108570	0,99606	0,00394		
40		307,6		3017,56	1317710,044	450		108550	0,99587	0,00413		
45		346,05		3394,75	1482423,799	460		108540	0,99578	0,00422		
50		384,5		3771,95	1647137,555	470		108530	0,99569	0,00431		
55		422,95		4149,14	1811851,31	480		108520	0,9956	0,0044		
60		461,4		4526,33	1976565,066	490		108510	0,9955	0,0045		
65		499,85		4903,53	2141278,821	500		108500	0,99541	0,00459		
70		538,3		5280,72	2305992,576	510		108490	0,99532	0,00468		
75		576,75		5657,92	2470706,332	520		108480	0,99523	0,00477		
80		615,2		6035,11	2635420,087	530		108470	0,99514	0,00486		
85		653,65		6412,31	2800133,843	537,5		108463	0,99507	0,00493		
90		692,1		6789,5	2964847,598	547,5		108453	0,99498	0,00502		
95		730,55		7166,7	3129561,354	555		108445	0,99491	0,00509		
100		769		7543,89	3294275,109	562,5		108438	0,99484	0,00516		
105		807,45		7921,08	3458988,865	570		108430	0,99477	0,00523		
110		845,9		8298,28	3623702,62	577,5		108423	0,9947	0,0053		
115		884,35		8675,47	3788416,376	582,5		108418	0,99466	0,00534		
120		922,8		9052,67	3953130,131	590		108410	0,99459	0,00541		
125		961,25		9429,86	4117843,886	597,5		108403	0,99452	0,00548		
130		999,7		9807,06	4282557,642	605		108395	0,99445	0,00555		

ϵ'	RGA EM N/m²
0	0
0,0010092	164714
0,0019495	329428
0,0029358	494141
0,0032569	658855
0,0035092	823569
0,0037156	988283
0,003945	1152996
0,0041284	1317710
0,0042202	1482424
0,0043119	1647138
0,0044037	1811851
0,0044954	1976565
0,0045872	2141279
0,0046789	2305993
0,0047706	2470706
0,0048624	2635420
0,0049312	2800134
0,0050229	2964848
0,0050917	3129561
0,0051606	3294275
0,0052294	3458989
0,0052982	3623703
0,005344	3788416
0,0054128	3953130
0,0054817	4117844
0,0055505	4282558

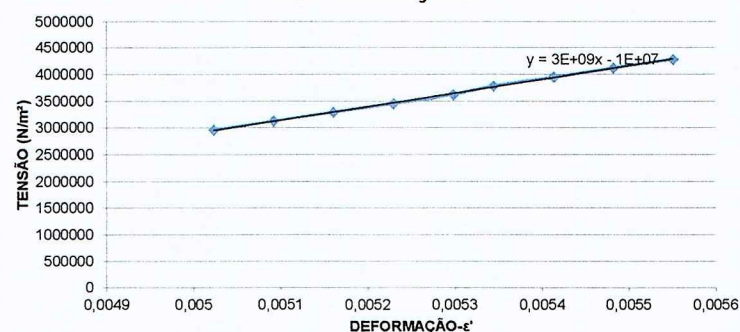
0,00502294	2964848
0,0050917	3129561
0,0051606	3294275
0,0052294	3458989
0,0052982	3623703
0,005344	3788416
0,0054128	3953130
0,0054817	4117844
0,0055505	4282558

valor de m
2,532E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



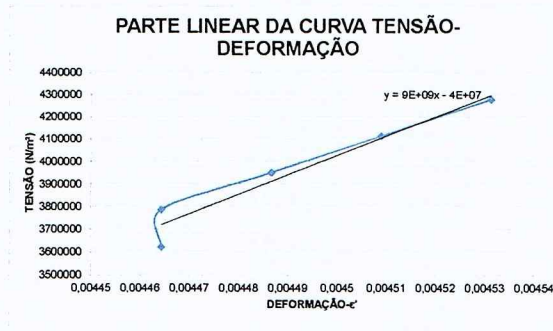
Gnaiss ultramilonítico- Amostra 7

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	LO(10-6m)	LO-L	ϵ	ϵ'	TEMP O DE EXECUÇÃO	DIA
0	0	0	0	0	0	0	112000	112000	1	1	0	04:39 26/out
5	7,69	38,45	377,195	0,00229	164713,755	125	111875	0,99888	0,00112			
10		76,9	754,389		329427,511	222,5	111778	0,99801	0,00199			
15		115,35	1131,58		494141,266	270	111730	0,99759	0,00241			
20		153,8	1508,78		658855,022	310	111690	0,99723	0,00277			
25		192,25	1885,97		823568,777	340	111660	0,99696	0,00304			
30		230,7	2263,17		988282,533	360	111640	0,99679	0,00321			
35		269,15	2640,36		1152996,29	380	111620	0,99661	0,00339			
40		307,6	3017,56		1317710,04	397,5	111603	0,99645	0,00355			
45		346,05	3394,75		1482423,8	412,5	111588	0,99632	0,00368			
50		384,5	3771,95		1647137,55	427,5	111573	0,99618	0,00382			
55		422,95	4149,14		1811851,31	437,5	111563	0,99609	0,00391			
60		461,4	4526,33		1976565,07	447,5	111553	0,996	0,004			
65		499,85	4903,53		2141278,82	450	111550	0,99598	0,00402			
70		538,3	5280,72		2305992,58	457,5	111543	0,99592	0,00408			
75		576,75	5657,92		2470706,33	460	111540	0,99589	0,00411			
80		615,2	6035,11		2635420,09	470	111530	0,9958	0,0042			
85		653,65	6412,31		2800133,84	472,5	111528	0,99578	0,00422			
90		692,1	6789,5		2964847,6	480	111520	0,99571	0,00429			
95		730,55	7166,7		3129561,35	485	111515	0,99567	0,00433			
100		769	7543,89		3294275,11	490	111510	0,99563	0,00438			
105		807,45	7921,08		3458988,86	495	111505	0,99558	0,00442			
110		845,9	8298,28		3623702,62	500	111500	0,99554	0,00446			
115		884,35	8675,47		3788416,38	500	111500	0,99554	0,00446			
120		922,8	9052,67		3953130,13	502,5	111498	0,99551	0,00449			
125		961,25	9429,86		4117843,89	505	111495	0,99549	0,00451			
130		999,7	9807,06		4282557,64	507,5	111493	0,99547	0,00453			

ϵ'	CARGA EM N/m²
0	0
0,001116	164714
0,001987	329428
0,002411	494141
0,002768	658855
0,003036	823569
0,003214	988283
0,003393	1E+06
0,003549	1E+06
0,003683	1E+06
0,003817	2E+06
0,003906	2E+06
0,003996	2E+06
0,004018	2E+06
0,004085	2E+06
0,004107	2E+06
0,004196	3E+06
0,004219	3E+06
0,004286	3E+06
0,00433	3E+06
0,004375	3E+06
0,00442	3E+06
0,004464	4E+06
0,004464	4E+06
0,004487	4E+06
0,004509	4E+06
0,004531	4E+06

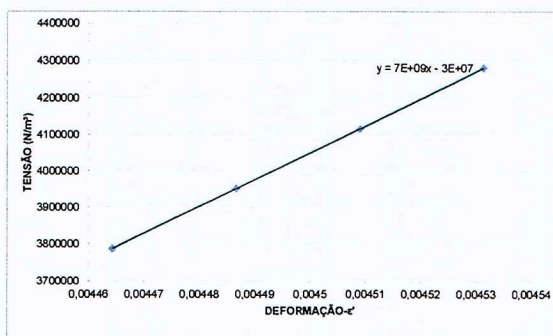
0,004464	4E+06
0,004464	4E+06
0,004487	4E+06
0,004509	4E+06
0,004531	4E+06

valor de m
8,68E+09



0,004463	3788416
0,004486	3953130
0,004509	4117844
0,004531	4282558

valor de m
7,379E+09



Gnaiss ultramilonítico- Amostra 8

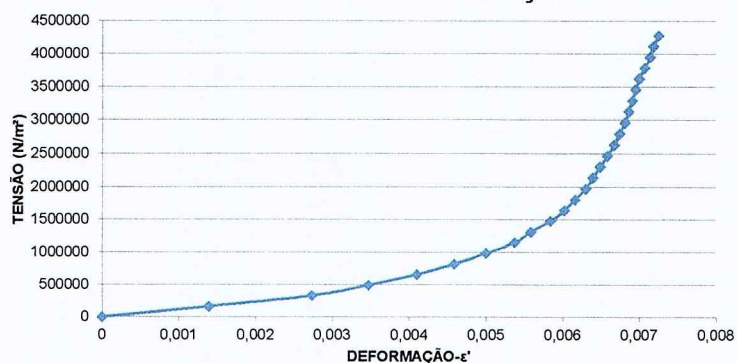
DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMP O DE EXECUÇÃO	DIA
0	0	0	0	0,00229	0	0	108000	108000	1	1	0	30:03 26/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	164713,7555	150	107850	0,99861	0,00139			
10		76,9		754,389	329427,5109	295	107705	0,99727	0,00273			
15		115,35		1131,58	494141,2664	375	107625	0,99653	0,00347			
20		153,8		1508,78	658855,0218	442,5	107558	0,9959	0,0041			
25		192,25		1885,97	823568,7773	495	107505	0,99542	0,00458			
30		230,7		2263,17	988282,5328	540	107460	0,995	0,005			
35		269,15		2640,36	1152996,288	580	107420	0,99463	0,00537			
40		307,6		3017,56	1317710,044	602,5	107398	0,99442	0,00558			
45		346,05		3394,75	1482423,799	630	107370	0,99417	0,00583			
50		384,5		3771,95	1647137,555	650	107350	0,99398	0,00602			
55		422,95		4149,14	1811851,31	665	107335	0,99384	0,00616			
60		461,4		4526,33	1976565,066	680	107320	0,9937	0,0063			
65		499,85		4903,53	2141278,821	690	107310	0,99361	0,00639			
70		538,3		5280,72	2305992,576	700	107300	0,99352	0,00648			
75		576,75		5657,92	2470706,332	710	107290	0,99343	0,00657			
80		615,2		6035,11	2635420,087	720	107280	0,99333	0,00667			
85		653,65		6412,31	2800133,843	727,5	107273	0,99326	0,00674			
90		692,1		6789,5	2964847,598	735	107265	0,99319	0,00681			
95		730,55		7166,7	3129561,354	740	107260	0,99315	0,00685			
100		769		7543,89	3294275,109	745	107255	0,9931	0,0069			
105		807,45		7921,08	3458988,865	750	107250	0,99306	0,00694			
110		845,9		8298,28	3623702,62	755	107245	0,99301	0,00699			
115		884,35		8675,47	3788416,376	762,5	107238	0,99294	0,00706			
120		922,8		9052,67	3953130,131	770	107230	0,99287	0,00713			
125		961,25		9429,86	4117843,886	775	107225	0,99282	0,00718			
130		999,7		9807,06	4282557,642	782,5	107218	0,99275	0,00725			

ε'	RGA EM N/m²
0	0
0,001389	164714
0,002731	329428
0,003472	494141
0,004097	658855
0,004583	823569
0,005	988283
0,00537	1152996
0,005579	1317710
0,005833	1482424
0,006019	1647138
0,006157	1811851
0,006296	1976565
0,006389	2141279
0,006481	2305993
0,006574	2470706
0,006667	2635420
0,006736	2800134
0,006806	2964848
0,006852	3129561
0,006898	3294275
0,006944	3458989
0,006991	3623703
0,00706	3788416
0,00713	3953130
0,007176	4117844
0,007245	4282558

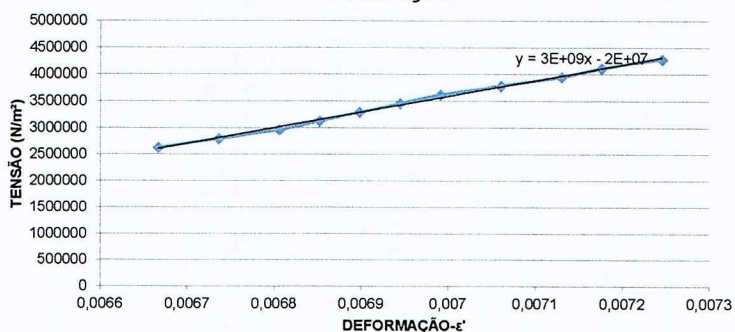
0,00667	2635420
0,006736	2800134
0,006806	2964848
0,006852	3129561
0,006898	3294275
0,006944	3458989
0,006991	3623703
0,00706	3788416
0,00713	3953130
0,007176	4117844
0,007245	4282558

valor de m
2,943E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

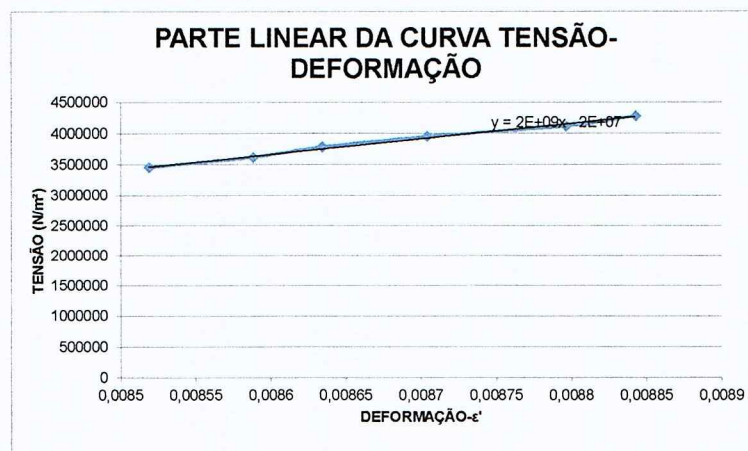


DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FAIXA DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	0	0	0	0	0	0	108000	108000	1	1	04:50	26/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	0,00229	164713,7555	250	107750	0,99769	0,00231		
10		76,9		754,389		329427,5109	417,5	107583	0,99613	0,00387		
15		115,35		1131,58		494141,2664	507,5	107493	0,9953	0,0047		
20		153,8		1508,78		658855,0218	557,5	107443	0,99484	0,00516		
25		192,25		1885,97		823568,7773	602,5	107398	0,99442	0,00558		
30		230,7		2263,17		988282,5328	647,5	107353	0,994	0,006		
35		269,15		2640,36		1152996,288	690	107310	0,99361	0,00639		
40		307,6		3017,56		1317710,044	725	107275	0,99329	0,00671		
45		346,05		3394,75		1482423,799	755	107245	0,99301	0,00699		
50		384,5		3771,95		1647137,555	775	107225	0,99282	0,00718		
55		422,95		4149,14		1811851,31	792,5	107208	0,99266	0,00734		
60		461,4		4526,33		1976565,066	807,5	107193	0,99252	0,00748		
65		499,85		4903,53		2141278,821	820	107180	0,99241	0,00759		
70		538,3		5280,72		2305992,576	840	107160	0,99222	0,00778		
75		576,75		5657,92		2470706,332	855	107145	0,99208	0,00792		
80		615,2		6035,11		2635420,087	867,5	107133	0,99197	0,00803		
85		653,65		6412,31		2800133,843	877,5	107123	0,99188	0,00813		
90		692,1		6789,5		2964847,598	890	107110	0,99176	0,00824		
95		730,55		7166,7		3129561,354	900	107100	0,99167	0,00833		
100		769		7543,89		3294275,109	910	107090	0,99157	0,00843		
105		807,45		7921,08		3458988,865	920	107080	0,99148	0,00852		
110		845,9		8298,28		3623702,62	927,5	107073	0,99141	0,00859		
115		884,35		8675,47		3788416,376	932,5	107068	0,99137	0,00863		
120		922,8		9052,67		3953130,131	940	107060	0,9913	0,0087		
125		961,25		9429,86		4117843,886	950	107050	0,9912	0,0088		
130		999,7		9807,06		4282557,642	955	107045	0,99116	0,00884		

ε'	CARGA EM N/m²
0	0
0,00231481	164714
0,00386574	329428
0,00469907	494141
0,00516204	658855
0,0055787	823569
0,00599537	988283
0,00638889	1152996
0,00671296	1317710
0,00699074	1482424
0,00717593	1647138
0,00733796	1811851
0,00747685	1976565
0,00759259	2141279
0,00777778	2305993
0,00791667	2470706
0,00803241	2635420
0,008125	2800134
0,00824074	2964848
0,00833333	3129561
0,00842593	3294275
0,00851852	3458989
0,00858796	3623703
0,00863426	3788416
0,0087037	3953130
0,0087963	4117844
0,00884259	4282558

0,008518519	3458989
0,00858796	3623703
0,00863426	3788416
0,0087037	3953130
0,0087963	4117844
0,00884259	4282558

valor de m
2470706332



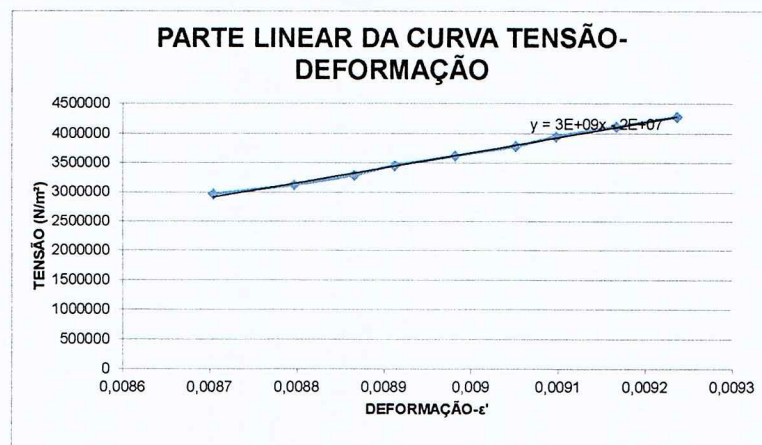
Gnaiss ultramilonítico- Amostra 11

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	0	0	0	0,00229	0	0	108000	108000	1	1	0	51:23 26/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	164713,7555	210	107790	0,99806	0,00194			
10		76,9		754,389	329427,5109	352,5	107648	0,99674	0,00326			
15		115,35		1131,58	494141,2664	462,5	107538	0,99572	0,00428			
20		153,8		1508,78	658855,0218	542,5	107458	0,99498	0,00502			
25		192,25		1885,97	823568,7773	602,5	107398	0,99442	0,00558			
30		230,7		2263,17	988282,5328	655	107345	0,99394	0,00606			
35		269,15		2640,36	1152996,288	720	107280	0,99333	0,00667			
40		307,6		3017,56	1317710,044	755	107245	0,99301	0,00699			
45		346,05		3394,75	1482423,799	790	107210	0,99269	0,00731			
50		384,5		3771,95	1647137,555	812,5	107188	0,99248	0,00752			
55		422,95		4149,14	1811851,31	835	107165	0,99227	0,00773			
60		461,4		4526,33	1976565,066	857,5	107143	0,99206	0,00794			
65		499,85		4903,53	2141278,821	875	107125	0,9919	0,0081			
70		538,3		5280,72	2305992,576	892,5	107108	0,99174	0,00826			
75		576,75		5657,92	2470706,332	910	107090	0,99157	0,00843			
80		615,2		6035,11	2635420,087	920	107080	0,99148	0,00852			
85		653,65		6412,31	2800133,843	930	107070	0,99139	0,00861			
90		692,1		6789,5	2964847,598	940	107060	0,9913	0,0087			
95		730,55		7166,7	3129561,354	950	107050	0,9912	0,0088			
100		769		7543,89	3294275,109	957,5	107043	0,99113	0,00887			
105		807,45		7921,08	3458988,865	962,5	107038	0,99109	0,00891			
110		845,9		8298,28	3623702,62	970	107030	0,99102	0,00898			
115		884,35		8675,47	3788416,376	977,5	107023	0,99095	0,00905			
120		922,8		9052,67	3953130,131	982,5	107018	0,9909	0,0091			
125		961,25		9429,86	4117843,886	990	107010	0,99083	0,00917			
130		999,7		9807,06	4282557,642	997,5	107003	0,99076	0,00924			

ε'	CARGA EM N/m²
0	0
0,0019444	164714
0,0032639	329428
0,0042824	494141
0,0050231	658855
0,0055787	823569
0,0060648	988283
0,0066667	1152996
0,0069907	1317710
0,0073148	1482424
0,0075231	1647138
0,0077315	1811851
0,0079398	1976565
0,0081019	2141279
0,0082639	2305993
0,0084259	2470706
0,0085185	2635420
0,0086111	2800134
0,0087037	2964848
0,0087963	3129561
0,0088657	3294275
0,008912	3458989
0,0089815	3623703
0,0090509	3788416
0,0090972	3953130
0,0091667	4117844
0,0092361	4282558

0,0087037	2964848
0,0087963	3129561
0,0088657	3294275
0,008912	3458989
0,0089815	3623703
0,0090509	3788416
0,0090972	3953130
0,0091667	4117844
0,0092361	4282558

valor de m
2,563E+09



Gnaiss ultramilonítico- Amostra 12

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kg	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	0	0	0	0,00229	0	0	108000	108000	1	1	0	08:01 26/out
5	7,69	38,45	377,195	0,00229	164713,7555	70		107930	0,99935	0,00065		
10		76,9	754,389		329427,5109	110		107890	0,99898	0,00102		
15		115,35	1131,58		494141,2664	130		107870	0,9988	0,0012		
20		153,8	1508,78		658855,0218	150		107850	0,99861	0,00139		
25		192,25	1885,97		823568,7773	160		107840	0,99852	0,00148		
30		230,7	2263,17		988282,5328	172,5		107828	0,9984	0,0016		
35		269,15	2640,36		1152996,288	180		107820	0,99833	0,00167		
40		307,6	3017,56		1317710,044	192,5		107808	0,99822	0,00178		
45		346,05	3394,75		1482423,799	202,5		107798	0,99813	0,00187		
50		384,5	3771,95		1647137,555	210		107790	0,99806	0,00194		
55		422,95	4149,14		1811851,31	215		107785	0,99801	0,00199		
60		461,4	4526,33		1976565,066	222,5		107778	0,99794	0,00206		
65		499,85	4903,53		2141278,821	230		107770	0,99787	0,00213		
70		538,3	5280,72		2305992,576	235		107765	0,99782	0,00218		
75		576,75	5657,92		2470706,332	240		107760	0,99778	0,00222		
80		615,2	6035,11		2635420,087	245		107755	0,99773	0,00227		
85		653,65	6412,31		2800133,843	250		107750	0,99769	0,00231		
90		692,1	6789,5		2964847,598	255		107745	0,99764	0,00236		
95		730,55	7166,7		3129561,354	262,5		107738	0,99757	0,00243		
100		769	7543,89		3294275,109	267,5		107733	0,99752	0,00248		
105		807,45	7921,08		3458988,865	270		107730	0,9975	0,0025		
110		845,9	8298,28		3623702,62	275		107725	0,99745	0,00255		
115		884,35	8675,47		3788416,376	280		107720	0,99741	0,00259		
120		922,8	9052,67		3953130,131	282,5		107718	0,99738	0,00262		
125		961,25	9429,86		4117843,886	287,5		107713	0,99734	0,00266		
130		999,7	9807,06		4282557,642	290		107710	0,99731	0,00269		

ε'	GA EM N/m²
0	0
0,0006481	164714
0,0010185	329428
0,0012037	494141
0,0013889	658855
0,0014815	823569
0,0015972	988283
0,0016667	1E+06
0,0017824	1E+06
0,001875	1E+06
0,0019444	2E+06
0,0019907	2E+06
0,0020602	2E+06
0,0021296	2E+06
0,0021759	2E+06
0,0022222	2E+06
0,0022685	3E+06
0,0023148	3E+06
0,0023611	3E+06
0,0024306	3E+06
0,0024769	3E+06
0,0025	3E+06
0,0025463	4E+06
0,0025926	4E+06
0,0026157	4E+06
0,002662	4E+06
0,0026852	4E+06



0,00243056	3129561
0,0024769	3E+06
0,0025	3E+06
0,0025463	4E+06
0,0025926	4E+06
0,0026157	4E+06
0,002662	4E+06
0,0026852	4E+06

valor de m
4,435E+09

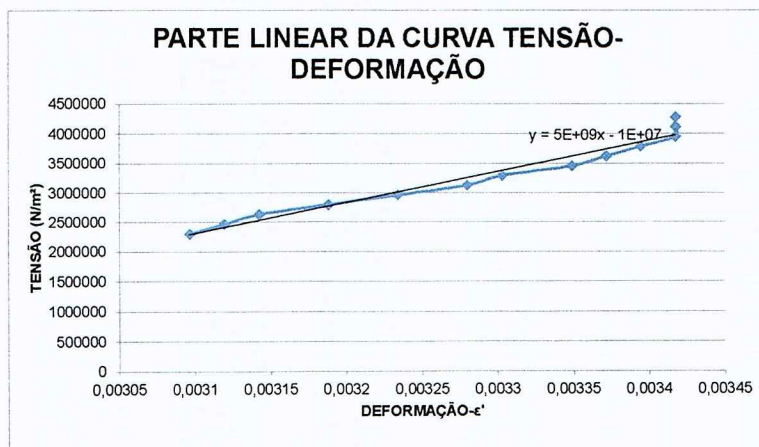


DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ϵ	ϵ'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0		0	0		0	0	109000	109000	1	1	0	04:30
5	7,69	38,45	9,81	377,195	0,00229	164713,7555	55	108945	0,9995	0,0005		26/out
10		76,9		754,389		329427,5109	112,5	108888	0,99897	0,00103		
15		115,35		1131,58		494141,2664	150	108850	0,99862	0,00138		
20		153,8		1508,78		658855,0218	185	108815	0,9983	0,0017		
25		192,25		1885,97		823568,7773	207,5	108793	0,9981	0,0019		
30		230,7		2263,17		988282,5328	227,5	108773	0,99791	0,00209		
35		269,15		2640,36		1152996,288	247,5	108753	0,99773	0,00227		
40		307,6		3017,56		1317710,044	267,5	108733	0,99755	0,00245		
45		346,05		3394,75		1482423,799	290	108710	0,99734	0,00266		
50		384,5		3771,95		1647137,555	307,5	108693	0,99718	0,00282		
55		422,95		4149,14		1811851,31	315	108685	0,99711	0,00289		
60		461,4		4526,33		1976565,066	325	108675	0,99702	0,00298		
65		499,85		4903,53		2141278,821	330	108670	0,99697	0,00303		
70		538,3		5280,72		2305992,576	337,5	108663	0,9969	0,0031		
75		576,75		5657,92		2470706,332	340	108660	0,99688	0,00312		
80		615,2		6035,11		2635420,087	342,5	108658	0,99686	0,00314		
85		653,65		6412,31		2800133,843	347,5	108653	0,99681	0,00319		
90		692,1		6789,5		2964847,598	352,5	108648	0,99677	0,00323		
95		730,55		7166,7		3129561,354	357,5	108643	0,99672	0,00328		
100		769		7543,89		3294275,109	360	108640	0,9967	0,0033		
105		807,45		7921,08		3458988,865	365	108635	0,99665	0,00335		
110		845,9		8298,28		3623702,62	367,5	108633	0,99663	0,00337		
115		884,35		8675,47		3788416,376	370	108630	0,99661	0,00339		
120		922,8		9052,67		3953130,131	372,5	108628	0,99658	0,00342		
125		961,25		9429,86		4117843,886	372,5	108628	0,99658	0,00342		
130		999,7		9807,06		4282557,642	372,5	108628	0,99658	0,00342		

ϵ'	RGA EM N/m²
0	0
0,0005	164713,8
0,00103	329427,5
0,00138	494141,3
0,0017	658855
0,0019	823568,8
0,00209	988282,5
0,00227	1152996
0,00245	1317710
0,00266	1482424
0,00282	1647138
0,00289	1811851
0,00298	1976565
0,00303	2141279
0,0031	2305993
0,00312	2470706
0,00314	2635420
0,00319	2800134
0,00323	2964848
0,00328	3129561
0,0033	3294275
0,00335	3458989
0,00337	3623703
0,00339	3788416
0,00342	3953130
0,00342	4117844
0,00342	4282558

0,0030963	2305993
0,003119	2470706
0,003142	2635420
0,003188	2800134
0,003234	2964848
0,00328	3129561
0,003303	3294275
0,003349	3458989
0,003372	3623703
0,003394	3788416
0,003417	3953130
0,003417	4117844
0,0034174	4282558

valor de m
5,253E+09

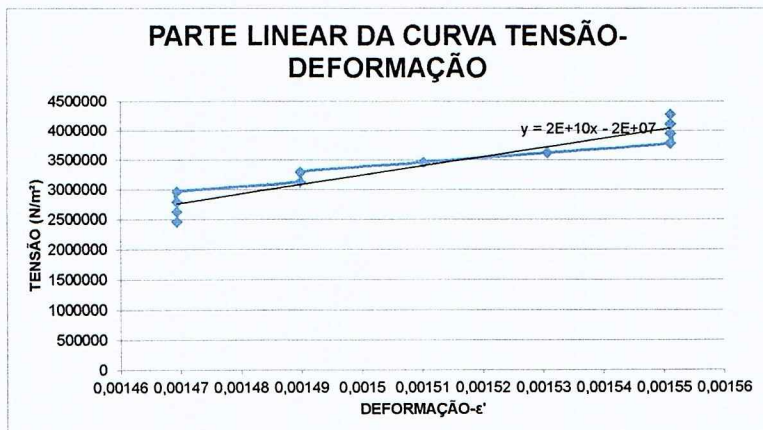
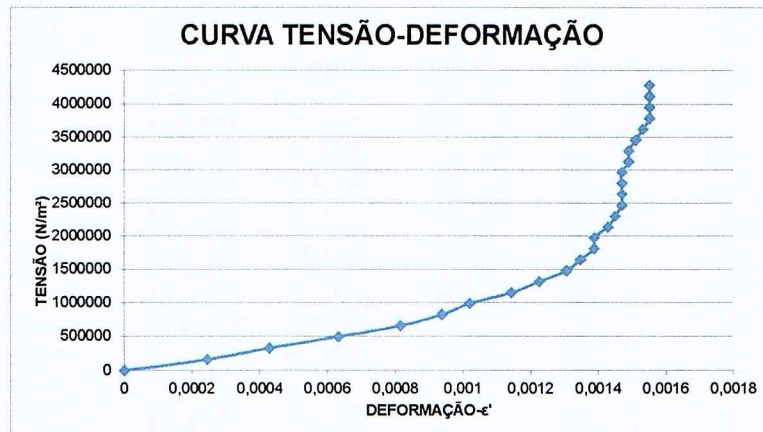


DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kg	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ϵ	ϵ'	EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	0	0,00229	0	0	122500	122500	1	1	03:58	27/out
5		38,45	377,1945		164713,7555	30		122470	0,999755	0,000245		
10		76,9	754,389		329427,5109	52,5		122447,5	0,999571	0,000429		
15		115,35	1131,584		494141,2664	77,5		122422,5	0,999367	0,000633		
20		153,8	1508,778		658855,0218	100		122400	0,999184	0,000816		
25		192,25	1885,973		823568,7773	115		122385	0,999061	0,000939		
30		230,7	2263,167		988282,5328	125		122375	0,99898	0,00102		
35		269,15	2640,362		1152996,288	140		122360	0,998857	0,001143		
40		307,6	3017,556		1317710,044	150		122350	0,998776	0,001224		
45		346,05	3394,751		1482423,799	160		122340	0,998694	0,001306		
50		384,5	3771,945		1647137,555	165		122335	0,998653	0,001347		
55		422,95	4149,14		1811851,31	170		122330	0,998612	0,001388		
60		461,4	4526,334		1976565,066	170		122330	0,998612	0,001388		
65		499,85	4903,529		2141278,821	175		122325	0,998571	0,001429		
70		538,3	5280,723		2305992,576	177,5		122322,5	0,998551	0,001449		
75		576,75	5657,918		2470706,332	180		122320	0,998531	0,001469		
80		615,2	6035,112		2635420,087	180		122320	0,998531	0,001469		
85		653,65	6412,307		2800133,843	180		122320	0,998531	0,001469		
90		692,1	6789,501		2964847,598	180		122320	0,998531	0,001469		
95		730,55	7166,696		3129561,354	182,5		122317,5	0,99851	0,00149		
100		769	7543,89		3294275,109	182,5		122317,5	0,99851	0,00149		
105		807,45	7921,085		3458988,865	185		122315	0,99849	0,00151		
110		845,9	8298,279		3623702,62	187,5		122312,5	0,998469	0,001531		
115		884,35	8675,474		3788416,376	190		122310	0,998449	0,001551		
120		922,8	9052,668		3953130,131	190		122310	0,998449	0,001551		
125		961,25	9429,863		4117843,886	190		122310	0,998449	0,001551		
130		999,7	9807,057		4282557,642	190		122310	0,998449	0,001551		

ϵ'	RGA EM N/m²
0	0
0,0002449	164713,8
0,0004286	329427,5
0,0006327	494141,3
0,0008163	658855
0,0009388	823568,8
0,0010204	988282,5
0,0011429	1152996
0,0012245	1317710
0,0013061	1482424
0,0013469	1647138
0,0013878	1811851
0,0013878	1976565
0,0014286	2141279
0,001449	2305993
0,0014694	2470706
0,0014694	2635420
0,0014694	2800134
0,0014694	2964848
0,0014898	3129561
0,0014898	3294275
0,0015102	3458989
0,0015306	3623703
0,001551	3788416
0,001551	3953130
0,001551	4117844
0,001551	4282558

0,0014694	2470706
0,0014694	2635420
0,0014694	2800134
0,0014694	2964848
0,0014898	3129561
0,0014898	3294275
0,0015102	3458989
0,0015306	3623703
0,001551	3788416
0,001551	3953130
0,001551	4117844
0,001551	4282558

valor de m
1,56E+10



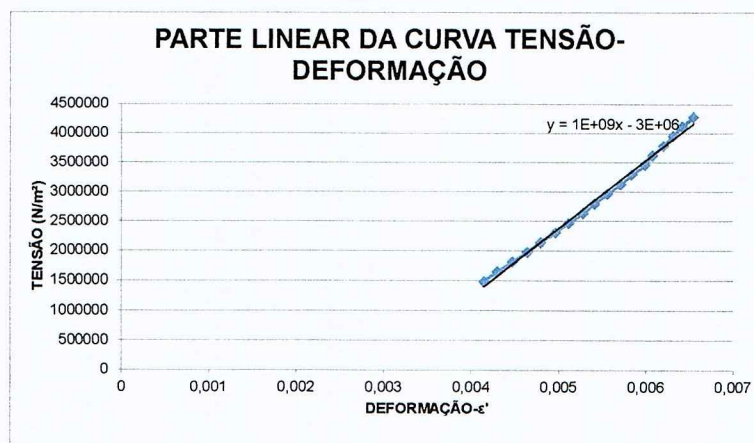
Gnaiss milonítico- amostra 12

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA	
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	117000	117000	1	1	0	04:25	27/out
5		38,45				164713,7555		116907,5	0,99921		0,00079		
10		76,9				329427,5109		116830	0,99855		0,00145		
15		115,35				494141,2664		116770	0,99803		0,00197		
20		153,8				658855,0218		116725	0,99765		0,00235		
25		192,25				823568,7773		116652,5	0,99703		0,00297		
30		230,7				988282,5328		116617,5	0,99673		0,00327		
35		269,15				1152996,288		116572,5	0,99635		0,00365		
40		307,6				1317710,044		116540	0,99607		0,00393		
45		346,05				1482423,799		116515	0,99585		0,00415		
50		384,5				1647137,555		116497,5	0,99571		0,00429		
55		422,95				1811851,31		116477,5	0,99553		0,00447		
60		461,4				1976565,066		116457,5	0,99536		0,00464		
65		499,85				2141278,821		116440	0,99521		0,00479		
70		538,3				2305992,576		116420	0,99504		0,00496		
75		576,75				2470706,332		116402,5	0,99489		0,00511		
80		615,2				2635420,087		116382,5	0,99472		0,00528		
85		653,65				2800133,843		116367,5	0,99459		0,00541		
90		692,1				2964847,598		116350	0,99444		0,00556		
95		730,55				3129561,354		116332,5	0,99429		0,00571		
100		769				3294275,109		116317,5	0,99417		0,00583		
105		807,45				3458988,865		116300	0,99402		0,00598		
110		845,9				3623702,62		116290	0,99393		0,00607		
115		884,35				3788416,376		116275	0,9938		0,0062		
120		922,8				3953130,131		116262,5	0,9937		0,0063		
125		961,25				4117843,886		116250	0,99359		0,00641		
130		999,7				4282557,642		116235	0,99346		0,00654		

ε'	RGA EM N/m²
0	0
0,0007906	164714
0,001453	329428
0,0019658	494141
0,0023504	658855
0,0029701	823569
0,0032692	988283
0,0036538	1152996
0,0039316	1317710
0,0041453	1482424
0,0042949	1647138
0,0044658	1811851
0,0046368	1976565
0,0047863	2141279
0,0049573	2305993
0,0051068	2470706
0,0052778	2635420
0,005406	2800134
0,0055556	2964848
0,0057051	3129561
0,0058333	3294275
0,0059829	3458989
0,0060684	3623703
0,0061966	3788416
0,0063034	3953130
0,0064103	4117844
0,0065385	4282558

0,0041453	1482424
0,0042949	1647138
0,0044658	1811851
0,0046368	1976565
0,0047863	2141279
0,0049573	2305993
0,0051068	2470706
0,0052778	2635420
0,005406	2800134
0,0055556	2964848
0,0057051	3129561
0,0058333	3294275
0,0059829	3458989
0,0060684	3623703
0,0061966	3788416
0,0063034	3953130
0,0064103	4117844
0,0065385	4282558

valor de m
1156779834



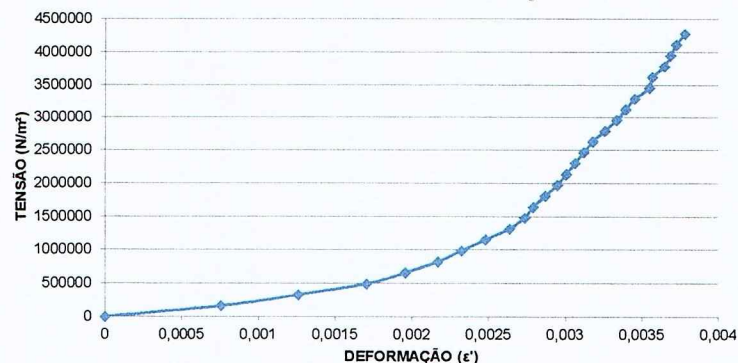
DEFORM AÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇ ÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf		CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇ ÃO	DIA	
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	0	129000	129000	1	1	0	04:24	27/out
5		38,45		377,195		164713,7555	97,5		128902,5	0,99924		0,00076		
10		76,9		754,389		329427,5109	162,5		128837,5	0,99874		0,00126		
15		115,35		1131,58		494141,2664	220		128780	0,99829		0,00171		
20		153,8		1508,78		658855,0218	252,5		128747,5	0,99804		0,00196		
25		192,25		1885,97		823568,7773	280		128720	0,99783		0,00217		
30		230,7		2263,17		988282,5328	300		128700	0,99767		0,00233		
35		269,15		2640,36		1152996,288	320		128680	0,99752		0,00248		
40		307,6		3017,56		1317710,044	340		128660	0,99736		0,00264		
45		346,05		3394,75		1482423,799	352,5		128647,5	0,99727		0,00273		
50		384,5		3771,95		1647137,555	360		128640	0,99721		0,00279		
55		422,95		4149,14		1811851,31	370		128630	0,99713		0,00287		
60		461,4		4526,33		1976565,066	380		128620	0,99705		0,00295		
65		499,85		4903,53		2141278,821	387,5		128612,5	0,997		0,003		
70		538,3		5280,72		2305992,576	395		128605	0,99694		0,00306		
75		576,75		5657,92		2470706,332	402,5		128597,5	0,99688		0,00312		
80		615,2		6035,11		2635420,087	410		128590	0,99682		0,00318		
85		653,65		6412,31		2800133,843	420		128580	0,99674		0,00326		
90		692,1		6789,5		2964847,598	430		128570	0,99667		0,00333		
95		730,55		7166,7		3129561,354	437,5		128562,5	0,99661		0,00339		
100		769		7543,89		3294275,109	445		128555	0,99655		0,00345		
105		807,45		7921,08		3458988,865	457,5		128542,5	0,99645		0,00355		
110		845,9		8298,28		3623702,62	460		128540	0,99643		0,00357		
115		884,35		8675,47		3788416,376	470		128530	0,99636		0,00364		
120		922,8		9052,67		3953130,131	475		128525	0,99632		0,00368		
125		961,25		9429,86		4117843,886	480		128520	0,99628		0,00372		
130		999,7		9807,06		4282557,642	487,5		128512,5	0,99622		0,00378		

ϵ'	RGa EM N/m²
0	0
0,000756	164714
0,00126	329428
0,001705	494141
0,001957	658855
0,002171	823569
0,002326	988283
0,002481	1152996
0,002636	1317710
0,002733	1482424
0,002791	1647138
0,002868	1811851
0,002946	1976565
0,003004	2141279
0,003062	2305993
0,00312	2470706
0,003178	2635420
0,003256	2800134
0,003333	2964848
0,003391	3129561
0,00345	3294275
0,003547	3458989
0,003566	3623703
0,003643	3788416
0,003682	3953130
0,003721	4117844
0,003779	4282558

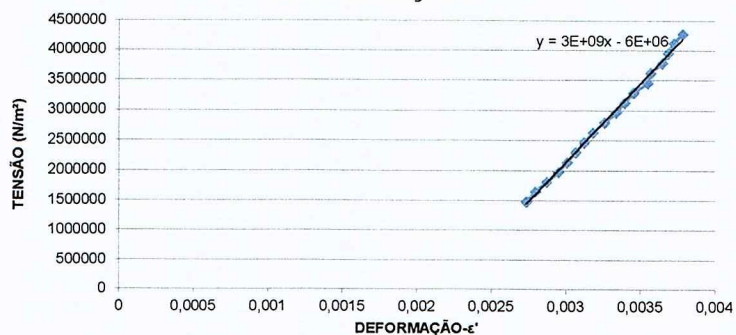
0,002733	1482424
0,002791	1647138
0,002868	1811851
0,002946	1976565
0,003004	2141279
0,003062	2305993
0,00312	2470706
0,003178	2635420
0,003256	2800134
0,003333	2964848
0,003391	3129561
0,00345	3294275
0,003547	3458989
0,003566	3623703
0,003643	3788416
0,003682	3953130
0,003721	4117844
0,003779	4282558

valor de m
2,616E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



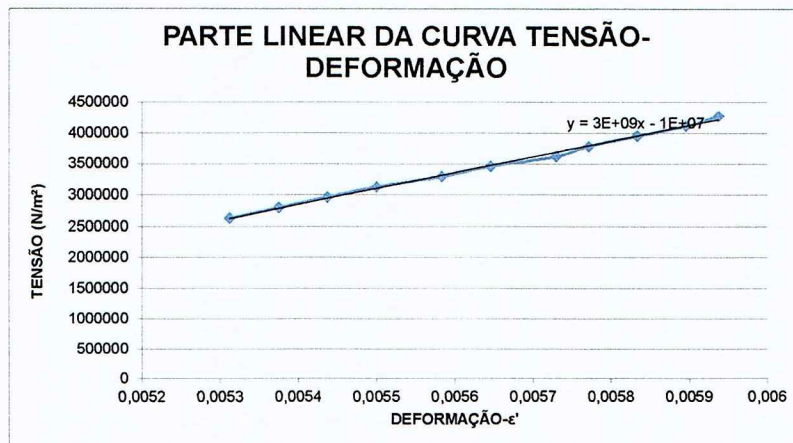
Gnaiss milonítico- amostra 14

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kaf)	CARGA EM Kg	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	120000	120000	1	1	0	04:18 27/out
5		38,45				164713,7555		119885	0,99904		0,00096	
10		76,9				329427,5109		119783	0,99819		0,00181	
15		115,35				494141,2664		119703	0,99752		0,00248	
20		153,8				658855,0218		119640	0,997		0,003	
25		192,25				823568,7773		119575	0,99646		0,00354	
30		230,7				988282,5328		119533	0,9961		0,0039	
35		269,15				1152996,288		119500	0,99583		0,00417	
40		307,6				1317710,044		119470	0,99558		0,00442	
45		346,05				1482423,799		119450	0,99542		0,00458	
50		384,5				1647137,555		119435	0,99529		0,00471	
55		422,95				1811851,31		119420	0,99517		0,00483	
60		461,4				1976565,066		119408	0,99506		0,00494	
65		499,85				2141278,821		119393	0,99494		0,00506	
70		538,3				2305992,576		119383	0,99485		0,00515	
75		576,75				2470706,332		119373	0,99477		0,00523	
80		615,2				2635420,087		119363	0,99469		0,00531	
85		653,65				2800133,843		119355	0,99463		0,00538	
90		692,1				2964847,598		119348	0,99456		0,00544	
95		730,55				3129561,354		119340	0,9945		0,0055	
100		769				3294275,109		119330	0,99442		0,00558	
105		807,45				3458988,865		119323	0,99435		0,00565	
110		845,9				3623702,62		119313	0,99427		0,00573	
115		884,35				3788416,376		119308	0,99423		0,00577	
120		922,8				3953130,131		119300	0,99417		0,00583	
125		961,25				4117843,886		119293	0,9941		0,0059	
130		999,7				4282557,642		119288	0,99406		0,00594	

ε'	RGAE N/m²
0	0
0,0009583	164714
0,0018125	329428
0,0024792	494141
0,003	658855
0,0035417	823569
0,0038958	988283
0,0041667	1152996
0,0044167	1317710
0,0045833	1482424
0,0047083	1647138
0,0048333	1811851
0,0049375	1976565
0,0050625	2141279
0,0051458	2305993
0,0052292	2470706
0,0053125	2635420
0,005375	2800134
0,0054375	2964848
0,0055	3129561
0,0055833	3294275
0,0056458	3458989
0,0057292	3623703
0,0057708	3788416
0,0058333	3953130
0,0058958	4117844
0,0059375	4282558

0,0053125	2635420
0,005375	2800134
0,0054375	2964848
0,0055	3129561
0,0055833	3294275
0,0056458	3458989
0,0057292	3623703
0,0057708	3788416
0,0058333	3953130
0,0058958	4117844
0,0059375	4282558

valor de m
2,549E+09



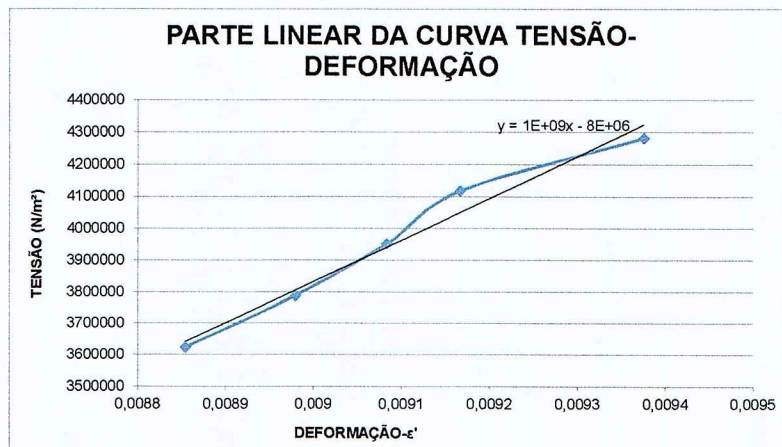
Gnaiss milonítico- amostra 15

DEFORM AÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO ÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kg		CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA	
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	0	120000	120000	1	1	0	04:15	27/out
5		38,45		377,195		164713,76	180		119820	0,999		0,0015		
10		76,9		754,389		329427,51	310		119690	0,997		0,00258		
15		115,35		1131,58		494141,27	392,5		119608	0,997		0,00327		
20		153,8		1508,78		658855,02	460		119540	0,996		0,00383		
25		192,25		1885,97		823568,78	525		119475	0,996		0,00438		
30		230,7		2263,17		988282,53	605		119395	0,995		0,00504		
35		269,15		2640,36		1152996,3	650		119350	0,995		0,00542		
40		307,6		3017,56		1317710	697,5		119303	0,994		0,00581		
45		346,05		3394,75		1482423,8	735		119265	0,994		0,00613		
50		384,5		3771,95		1647137,6	765		119235	0,994		0,00638		
55		422,95		4149,14		1811851,3	800		119200	0,993		0,00667		
60		461,4		4526,33		1976565,1	830		119170	0,993		0,00692		
65		499,85		4903,53		2141278,8	860		119140	0,993		0,00717		
70		538,3		5280,72		2305992,6	897,5		119103	0,993		0,00748		
75		576,75		5657,92		2470706,3	922,5		119078	0,992		0,00769		
80		615,2		6035,11		2635420,1	950		119050	0,992		0,00792		
85		653,65		6412,31		2800133,8	972,5		119028	0,992		0,0081		
90		692,1		6789,5		2964847,6	1000		119000	0,992		0,00833		
95		730,55		7166,7		3129561,4	1017,5		118983	0,992		0,00848		
100		769		7543,89		3294275,1	1035		118965	0,991		0,00862		
105		807,45		7921,08		3458988,9	1050		118950	0,991		0,00875		
110		845,9		8298,28		3623702,6	1062,5		118938	0,991		0,00885		
115		884,35		8675,47		3788416,4	1077,5		118923	0,991		0,00898		
120		922,8		9052,67		3953130,1	1090		118910	0,991		0,00908		
125		961,25		9429,86		4117843,9	1100		118900	0,991		0,00917		
130		999,7		9807,06		4282557,6	1125		118875	0,991		0,00938		

ε'	CARGA EM N/m²
0	0
0,0015	164714
0,002583	329428
0,003271	494141
0,003833	658855
0,004375	823569
0,005042	988283
0,005417	1152996
0,005813	1317710
0,006125	1482424
0,006375	1647138
0,006667	1811851
0,006917	1976565
0,007167	2141279
0,007479	2305993
0,007687	2470706
0,007917	2635420
0,008104	2800134
0,008333	2964848
0,008479	3129561
0,008625	3294275
0,00875	3458989
0,008854	3623703
0,008979	3788416
0,009083	3953130
0,009167	4117844
0,009375	4282558

0,008854	3623703
0,008979	3788416
0,009083	3953130
0,009167	4117844
0,009375	4282558

valor de m
1,31E+09



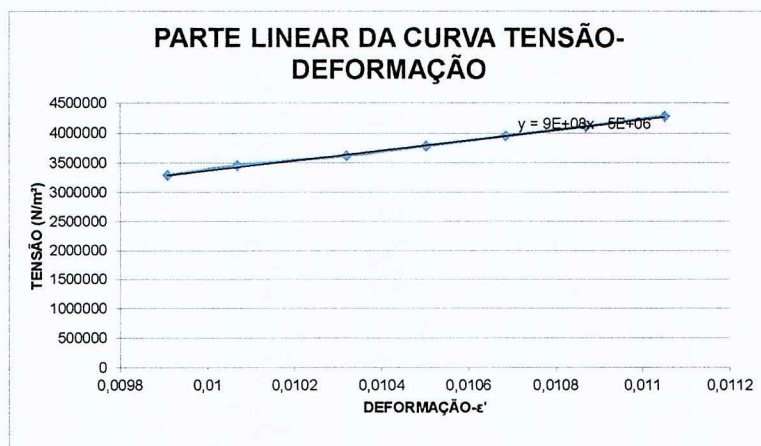
Gnaiss- Amostra 1

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMP O DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0,00229	0	0	109500	109500	1	1	0	03:46 27/out
5		38,45			164713,7555	97,5		109403	0,99911	0,00089		
10		76,9			329427,5109	220		109280	0,99799	0,00201		
15		115,35			494141,2664	302,5		109198	0,99724	0,00276		
20		153,8			658855,0218	387,5		109113	0,99646	0,00354		
25		192,25			823568,7773	460		109040	0,9958	0,0042		
30		230,7			988282,5328	530		108970	0,99516	0,00484		
35		269,15			1152996,288	597,5		108903	0,99454	0,00546		
40		307,6			1317710,044	647,5		108853	0,99409	0,00591		
45		346,05			1482423,799	692,5		108808	0,99368	0,00632		
50		384,5			1647137,555	735		108765	0,99329	0,00671		
55		422,95			1811851,31	780		108720	0,99288	0,00712		
60		461,4			1976565,066	820		108680	0,99251	0,00749		
65		499,85			2141278,821	857,5		108643	0,99217	0,00783		
70		538,3			2305992,576	895		108605	0,99183	0,00817		
75		576,75			2470706,332	930		108570	0,99151	0,00849		
80		615,2			2635420,087	962,5		108538	0,99121	0,00879		
85		653,65			2800133,843	995		108505	0,99091	0,00909		
90		692,1			2964847,598	1025		108475	0,99064	0,00936		
95		730,55			3129561,354	1057,5		108443	0,99034	0,00966		
100		769			3294275,109	1085		108415	0,99009	0,00991		
105		807,45			3458988,865	1102,5		108398	0,98993	0,01007		
110		845,9			3623702,62	1130		108370	0,98968	0,01032		
115		884,35			3788416,376	1150		108350	0,9895	0,0105		
120		922,8			3953130,131	1170		108330	0,98932	0,01068		
125		961,25			4117843,886	1190		108310	0,98913	0,01087		
130		999,7			4282557,642	1210		108290	0,98895	0,01105		

ε'	RGA EM N/m²
0	0
0,00089	164714
0,00209	329428
0,002763	494141
0,003539	658855
0,004201	823569
0,00484	988283
0,005457	1152996
0,005913	1317710
0,006324	1482424
0,006712	1647138
0,007123	1811851
0,007489	1976565
0,007831	2141279
0,008174	2305993
0,008493	2470706
0,00879	2635420
0,009087	2800134
0,009361	2964848
0,009658	3129561
0,009909	3294275
0,010068	3458989
0,01032	3623703
0,010502	3788416
0,010685	3953130
0,010868	4117844
0,01105	4282558

0,0099087	3294275
0,010068	3458989
0,01032	3623703
0,010502	3788416
0,010685	3953130
0,010868	4117844
0,01105	4282558

valor de m
8,54E+08



Gnaiss - Amostra 2

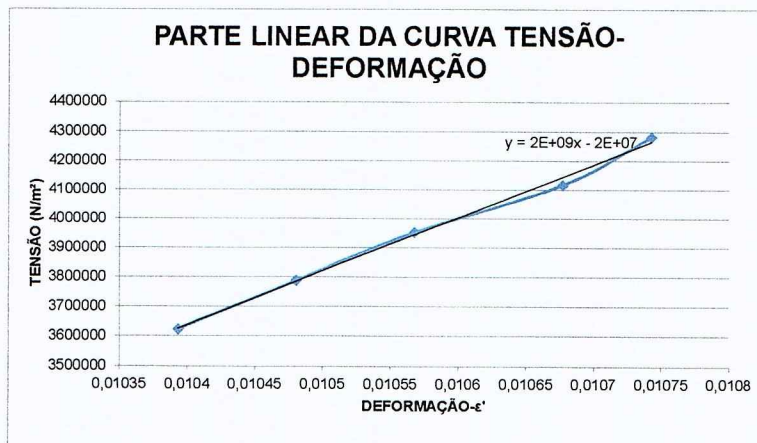
DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kg)	CARGA EM Kg	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	LQ(10-6m), LQ-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	0	0,00229	0	0	114500	114500	1	0	04:28
5		38,45	377,195		164713,7555	155		114345	0,99865	0,00135	27/out
10		76,9	754,389		329427,5109	287,5		114213	0,99749	0,00251	
15		115,35	1131,58		494141,2664	370		114130	0,99677	0,00323	
20		153,8	1508,78		658855,0218	440		114060	0,99616	0,00384	
25		192,25	1885,97		823568,7773	537,5		113963	0,99531	0,00469	
30		230,7	2263,17		988282,5328	600		113900	0,99476	0,00524	
35		269,15	2640,36		1152996,288	667,5		113833	0,99417	0,00583	
40		307,6	3017,56		1317710,044	720		113780	0,99371	0,00629	
45		346,05	3394,75		1482423,799	765		113735	0,99332	0,00668	
50		384,5	3771,95		1647137,555	810		113690	0,99293	0,00707	
55		422,95	4149,14		1811851,31	852,5		113648	0,99255	0,00745	
60		461,4	4526,33		1976565,066	900		113600	0,99214	0,00786	
65		499,85	4903,53		2141278,821	945		113555	0,99175	0,00825	
70		538,3	5280,72		2305992,576	990		113510	0,99135	0,00865	
75		576,75	5657,92		2470706,332	1025		113475	0,99105	0,00895	
80		615,2	6035,11		2635420,087	1055		113445	0,99079	0,00921	
85		653,65	6412,31		2800133,843	1085		113415	0,99052	0,00948	
90		692,1	6789,5		2964847,598	1110		113390	0,99031	0,00969	
95		730,55	7166,7		3129561,354	1132,5		113368	0,99011	0,00989	
100		769	7543,89		3294275,109	1152,5		113348	0,98993	0,01007	
105		807,45	7921,08		3458988,865	1172,5		113328	0,98976	0,01024	
110		845,9	8298,28		3623702,62	1190		113310	0,98961	0,01039	
115		884,35	8675,47		3788416,376	1200		113300	0,98952	0,01048	
120		922,8	9052,67		3953130,131	1210		113290	0,98943	0,01057	
125		961,25	9429,86		4117843,886	1222,5		113278	0,98932	0,01068	
130		999,7	9807,06		4282557,642	1230		113270	0,98926	0,01074	

ε' CARGA EM N/m²

0	0
0,00135371	164714
0,00251092	329428
0,00323144	494141
0,00384279	658855
0,00469432	823569
0,00524017	988283
0,00582969	1152996
0,00628821	1317710
0,00668122	1482424
0,00707424	1647138
0,00744541	1811851
0,00786026	1976565
0,00825328	2141279
0,00864629	2305993
0,00895197	2470706
0,00921397	2635420
0,00947598	2800134
0,00969432	2964848
0,00989083	3129561
0,0100655	3294275
0,01024017	3458989
0,01039301	3623703
0,01048035	3788416
0,01056769	3953130
0,01067686	4117844
0,01074236	4282558

0,010393013	3623703
0,01048035	3788416
0,01056769	3953130
0,01067686	4117844
0,01074236	4282558

valor de m
1832342950



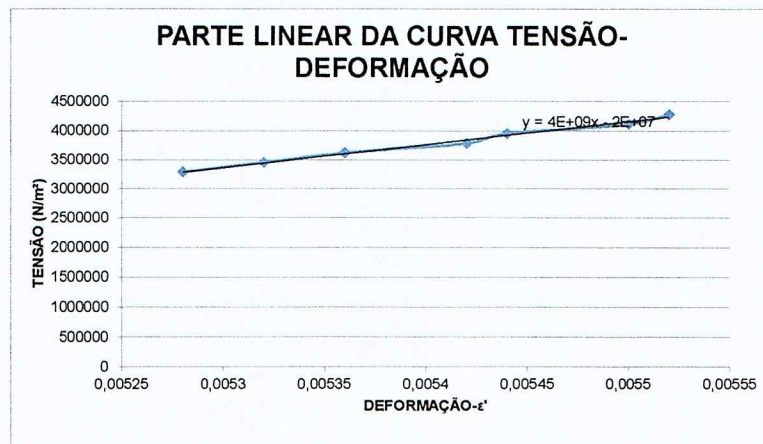
Gnaiss- Amostra 3

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10⁻⁶m)	L0(10-6m)	L0-L	ϵ	ϵ'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0,00229	0	0	125000	125000	1	1	03:30	27/out
5		38,45			164713,7555	205		124795	0,99836	0,00164		
10		76,9			329427,5109	277,5		124723	0,99778	0,00222		
15		115,35			494141,2664	320		124680	0,99744	0,00256		
20		153,8			658855,0218	360		124640	0,99712	0,00288		
25		192,25			823568,7773	400		124600	0,9968	0,0032		
30		230,7			988282,5328	440		124560	0,99648	0,00352		
35		269,15			1152996,288	477,5		124523	0,99618	0,00382		
40		307,6			1317710,044	510		124490	0,99592	0,00408		
45		346,05			1482423,799	527,5		124473	0,99578	0,00422		
50		384,5			1647137,555	540		124460	0,99568	0,00432		
55		422,95			1811851,31	550		124450	0,9956	0,0044		
60		461,4			1976565,066	562,5		124438	0,9955	0,0045		
65		499,85			2141278,821	577,5		124423	0,99538	0,00462		
70		538,3			2305992,576	590		124410	0,99528	0,00472		
75		576,75			2470706,332	600		124400	0,9952	0,0048		
80		615,2			2635420,087	622,5		124378	0,99502	0,00498		
85		653,65			2800133,843	627,5		124373	0,99498	0,00502		
90		692,1			2964847,598	640		124360	0,99488	0,00512		
95		730,55			3129561,354	650		124350	0,9948	0,0052		
100		769			3294275,109	660		124340	0,99472	0,00528		
105		807,45			3458988,865	665		124335	0,99468	0,00532		
110		845,9			3623702,62	670		124330	0,99464	0,00536		
115		884,35			3788416,376	677,5		124323	0,99458	0,00542		
120		922,8			3953130,131	680		124320	0,99456	0,00544		
125		961,25			4117843,886	687,5		124313	0,9945	0,0055		
130		999,7			4282557,642	690		124310	0,99448	0,00552		

ϵ'	CARGA EM N/m²
0	0
0,00164	164714
0,00222	329428
0,00256	494141
0,00288	658855
0,0032	823569
0,00352	988283
0,00382	1152996
0,00408	1317710
0,00422	1482424
0,00432	1647138
0,0044	1811851
0,0045	1976565
0,00462	2141279
0,00472	2305993
0,0048	2470706
0,00498	2635420
0,00502	2800134
0,00512	2964848
0,0052	3129561
0,00528	3294275
0,00532	3458989
0,00536	3623703
0,00542	3788416
0,00544	3953130
0,0055	4117844
0,00552	4282558

0,00528	3294275
0,00532	3458989
0,00536	3623703
0,00542	3788416
0,00544	3953130
0,0055	4117844
0,00552	4282558

valor de m
3933752042



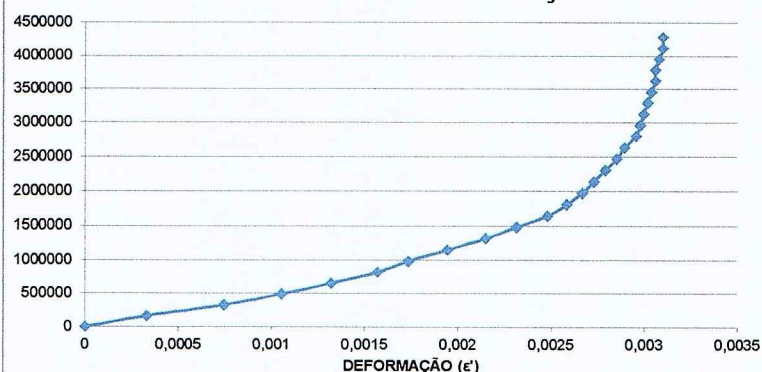
DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ϵ	ϵ'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0,00229	0	0	121000	121000	1	0	03:33	27/out
5		38,45			164713,7555	40		120960	0,999669	0,000331		
10		76,9			329427,5109	90		120910	0,999256	0,000744		
15		115,35			494141,2664	127,5		120872,5	0,998946	0,001054		
20		153,8			658855,0218	160		120840	0,998678	0,001322		
25		192,25			823568,7773	190		120810	0,99843	0,00157		
30		230,7			988282,5328	210		120790	0,998264	0,001736		
35		269,15			1152996,288	235		120765	0,998058	0,001942		
40		307,6			1317710,044	260		120740	0,997851	0,002149		
45		346,05			1482423,799	280		120720	0,997686	0,002314		
50		384,5			1647137,555	300		120700	0,997521	0,002479		
55		422,95			1811851,31	312,5		120687,5	0,997417	0,002583		
60		461,4			1976565,066	322,5		120677,5	0,997335	0,002665		
65		499,85			2141278,821	330		120670	0,997273	0,002727		
70		538,3			2305992,576	337,5		120662,5	0,997211	0,002789		
75		576,75			2470706,332	345		120655	0,997149	0,002851		
80		615,2			2635420,087	350		120650	0,997107	0,002893		
85		653,65			2800133,843	357,5		120642,5	0,997045	0,002955		
90		692,1			2964847,598	360		120640	0,997025	0,002975		
95		730,55			3129561,354	362,5		120637,5	0,997004	0,002996		
100		769			3294275,109	365		120635	0,996983	0,003017		
105		807,45			3458988,865	367,5		120632,5	0,996963	0,003037		
110		845,9			3623702,62	370		120630	0,996942	0,003058		
115		884,35			3788416,376	370		120630	0,996942	0,003058		
120		922,8			3953130,131	372,5		120627,5	0,996921	0,003079		
125		961,25			4117843,886	375		120625	0,996901	0,003099		
130		999,7			4282557,642	375		120625	0,996901	0,003099		

ϵ'	RGA EM N/m²
0	0
0,000331	164713,8
0,000744	329427,5
0,001054	494141,3
0,001322	658855
0,00157	823568,8
0,001736	988282,5
0,001942	1152996
0,002149	1317710
0,002314	1482424
0,002479	1647138
0,002583	1811851
0,002665	1976565
0,002727	2141279
0,002789	2305993
0,002851	2470706
0,002893	2635420
0,002955	2800134
0,002975	2964848
0,002996	3129561
0,003017	3294275
0,003037	3458989
0,003058	3623703
0,003079	3788416
0,003099	4117844
0,003099	4282558

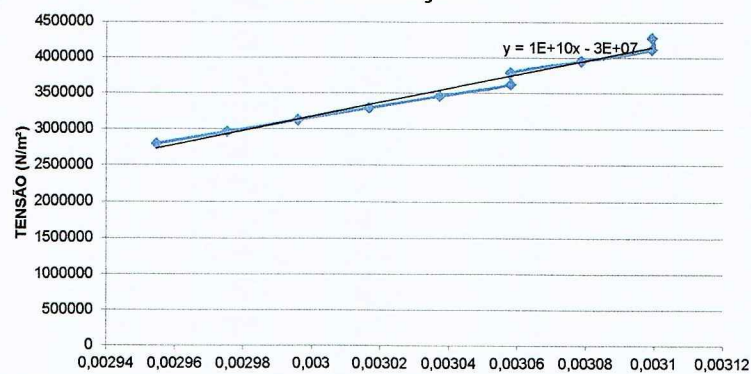
0,0029545	2800134
0,002975	2964848
0,002996	3129561
0,003017	3294275
0,003037	3458989
0,003058	3623703
0,003079	3788416
0,003099	4117844
0,003099	4282558

valor de m
9,744E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



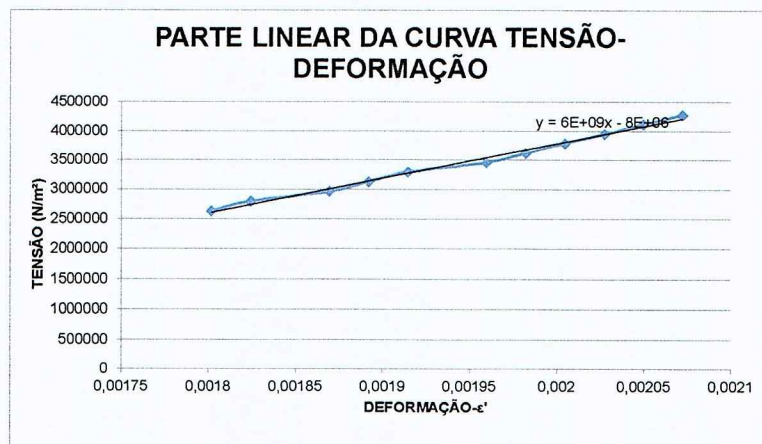
Granito 1- Amostra 1

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0		0	0		0	0	111000		1	1	0	09:38 25/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	0,00229	164713,7555	15	111000	110985	0,99986	0,00014	
10		76,9		754,389		329427,5109	50		110950	0,99955	0,00045	
15		115,35		1131,58		494141,2664	70		110930	0,99937	0,00063	
20		153,8		1508,78		658855,0218	90		110910	0,99919	0,00081	
25		192,25		1885,97		823568,7773	110		110890	0,99901	0,00099	
30		230,7		2263,17		988282,5328	125		110875	0,99887	0,00113	
35		269,15		2640,36		1152996,288	137,5		110863	0,99876	0,00124	
40		307,6		3017,56		1317710,044	147,5		110853	0,99867	0,00133	
45		346,05		3394,75		1482423,799	157,5		110843	0,99858	0,00142	
50		384,5		3771,95		1647137,555	167,5		110833	0,99849	0,00151	
55		422,95		4149,14		1811851,31	172,5		110828	0,99845	0,00155	
60		461,4		4526,33		1976565,066	180		110820	0,99838	0,00162	
65		499,85		4903,53		2141278,821	185		110815	0,99833	0,00167	
70		538,3		5280,72		2305992,576	190		110810	0,99829	0,00171	
75		576,75		5657,92		2470706,332	195		110805	0,99824	0,00176	
80		615,2		6035,11		2635420,087	200		110800	0,9982	0,0018	
85		653,65		6412,31		2800133,843	202,5		110798	0,99818	0,00182	
90		692,1		6789,5		2964847,598	207,5		110793	0,99813	0,00187	
95		730,55		7166,7		3129561,354	210		110790	0,99811	0,00189	
100		769		7543,89		3294275,109	212,5		110788	0,99809	0,00191	
105		807,45		7921,08		3458988,865	217,5		110783	0,99804	0,00196	
110		845,9		8298,28		3623702,62	220		110780	0,99802	0,00198	
115		884,35		8675,47		3788416,376	222,5		110778	0,998	0,002	
120		922,8		9052,67		3953130,131	225		110775	0,99797	0,00203	
125		961,25		9429,86		4117843,886	227,5		110773	0,99795	0,00205	
130		999,7		9807,06		4282557,642	230		110770	0,99793	0,00207	

ε'	CARGA EM N/m²
0	0
0,000135	164714
0,00045	329428
0,000631	494141
0,000811	658855
0,000991	823569
0,001126	988283
0,001239	1152996
0,001329	1317710
0,001419	1482424
0,001509	1647138
0,001554	1811851
0,001622	1976565
0,001667	2141279
0,001712	2305993
0,001757	2470706
0,001802	2635420
0,001824	2800134
0,001869	2964848
0,001892	3129561
0,001914	3294275
0,001959	3458989
0,001982	3623703
0,002005	3788416
0,002027	3953130
0,00205	4117844
0,002072	4282558

0,001802	2635420
0,001824	2800134
0,001869	2964848
0,001892	3129561
0,001914	3294275
0,001959	3458989
0,001982	3623703
0,002005	3788416
0,002027	3953130
0,00205	4117844
0,002072	4282558

valor de m
5,956E+09



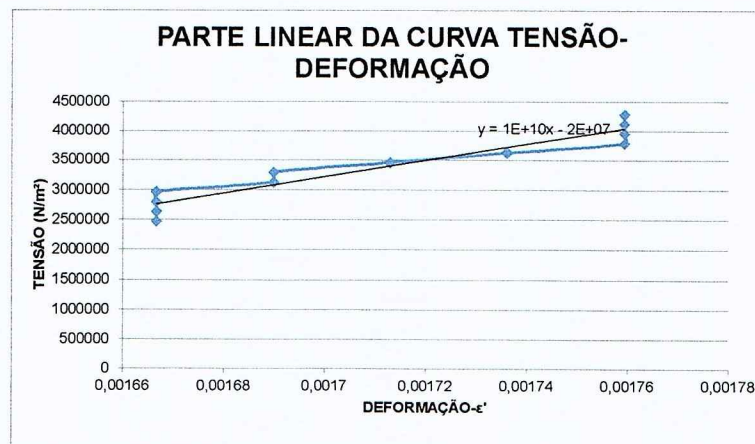
Granito 1- Amostra 2

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kg	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	108000	108000	1	1	0	15:09 25/out
5		38,45	377,195			164713,7555	30	107970	0,99972	0,00028		
10		76,9	754,389			329427,5109	52,5	107948	0,99951	0,00049		
15		115,35	1131,58			494141,2664	77,5	107923	0,99928	0,00072		
20		153,8	1508,78			658855,0218	100	107900	0,99907	0,00093		
25		192,25	1885,97			823568,7773	115	107885	0,99894	0,00106		
30		230,7	2263,17			988282,5328	125	107875	0,99884	0,00116		
35		269,15	2640,36			1152996,288	140	107860	0,9987	0,0013		
40		307,6	3017,56			1317710,044	150	107850	0,99861	0,00139		
45		346,05	3394,75			1482423,799	160	107840	0,99852	0,00148		
50		384,5	3771,95			1647137,555	165	107835	0,99847	0,00153		
55		422,95	4149,14			1811851,31	170	107830	0,99843	0,00157		
60		461,4	4526,33			1976565,066	170	107830	0,99843	0,00157		
65		499,85	4903,53			2141278,821	175	107825	0,99838	0,00162		
70		538,3	5280,72			2305992,576	177,5	107823	0,99836	0,00164		
75		576,75	5657,92			2470706,332	180	107820	0,99833	0,00167		
80		615,2	6035,11			2635420,087	180	107820	0,99833	0,00167		
85		653,65	6412,31			2800133,843	180	107820	0,99833	0,00167		
90		692,1	6789,5			2964847,598	180	107820	0,99833	0,00167		
95		730,55	7166,7			3129561,354	182,5	107818	0,99831	0,00169		
100		769	7543,89			3294275,109	182,5	107818	0,99831	0,00169		
105		807,45	7921,08			3458988,865	185	107815	0,99829	0,00171		
110		845,9	8298,28			3623702,62	187,5	107813	0,99826	0,00174		
115		884,35	8675,47			3788416,376	190	107810	0,99824	0,00176		
120		922,8	9052,67			3953130,131	190	107810	0,99824	0,00176		
125		961,25	9429,86			4117843,886	190	107810	0,99824	0,00176		
130		999,7	9807,06			4282557,642	190	107810	0,99824	0,00176		

ε'	RGa EM N/m²
0	0
0,0002778	164714
0,0004861	329428
0,0007176	494141
0,0009259	658855
0,0010648	823569
0,0011574	988283
0,0012963	1152996
0,0013889	1317710
0,0014815	1482424
0,0015278	1647138
0,0015741	1811851
0,0015741	1976565
0,0016204	2141279
0,0016435	2305993
0,0016667	2470706
0,0016667	2635420
0,0016667	2800134
0,0016667	2964848
0,0016898	3129561
0,0016898	3294275
0,001713	3458989
0,0017361	3623703
0,0017593	3788416
0,0017593	3953130
0,0017593	4117844
0,0017593	4282558

0,0016667	2470706
0,0016667	2635420
0,0016667	2800134
0,0016667	2964848
0,0016898	3129561
0,0016898	3294275
0,001713	3458989
0,0017361	3623703
0,0017593	3788416
0,0017593	3953130
0,0017593	4117844
0,0017593	4282558

valor de m
1,3756E+10



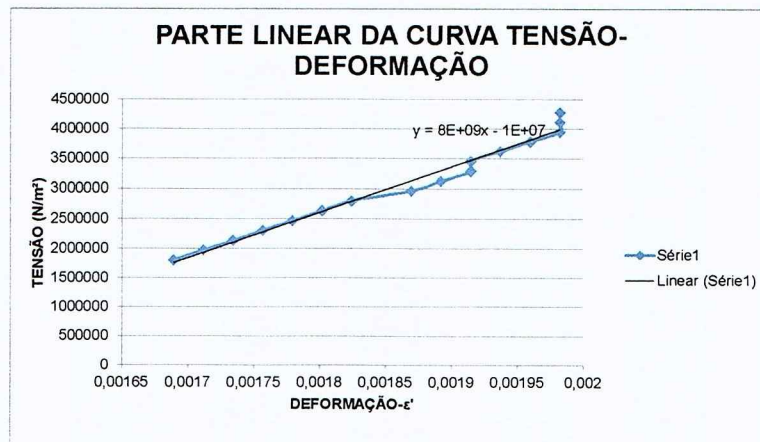
Granito 1- Segundo teste com amostra 1

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ϵ	ϵ'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	111000	111000	1	1	0	03:45 25/out
5		38,45	377,195		164713,7555	60		110940	0,99946	0,00054		
10		76,9	754,389		329427,5109	80		110920	0,99928	0,00072		
15		115,35	1131,58		494141,2664	100		110900	0,9991	0,0009		
20		153,8	1508,78		658855,0218	120		110880	0,99892	0,00108		
25		192,25	1885,97		823568,7773	135		110865	0,99878	0,00122		
30		230,7	2263,17		988282,5328	150		110850	0,99865	0,00135		
35		269,15	2640,36		1152996,288	160		110840	0,99856	0,00144		
40		307,6	3017,56		1317710,044	170		110830	0,99847	0,00153		
45		346,05	3394,75		1482423,799	175		110825	0,99842	0,00158		
50		384,5	3771,95		1647137,555	180		110820	0,99838	0,00162		
55		422,95	4149,14		1811851,31	187,5		110813	0,99831	0,00169		
60		461,4	4526,33		1976565,066	190		110810	0,99829	0,00171		
65		499,85	4903,53		2141278,821	192,5		110808	0,99827	0,00173		
70		538,3	5280,72		2305992,576	195		110805	0,99824	0,00176		
75		576,75	5657,92		2470706,332	197,5		110803	0,99822	0,00178		
80		615,2	6035,11		2635420,087	200		110800	0,9982	0,0018		
85		653,65	6412,31		2800133,843	202,5		110798	0,99818	0,00182		
90		692,1	6789,5		2964847,598	207,5		110793	0,99813	0,00187		
95		730,55	7166,7		3129561,354	210		110790	0,99811	0,00189		
100		769	7543,89		3294275,109	212,5		110788	0,99809	0,00191		
105		807,45	7921,08		3458988,865	212,5		110788	0,99809	0,00191		
110		845,9	8298,28		3623702,62	215		110785	0,99806	0,00194		
115		884,35	8675,47		3788416,376	217,5		110783	0,99804	0,00196		
120		922,8	9052,67		3953130,131	220		110780	0,99802	0,00198		
125		961,25	9429,86		4117843,886	220		110780	0,99802	0,00198		
130		999,7	9807,06		4282557,642	220		110780	0,99802	0,00198		

ϵ'	RGA EM N/m²
0	0
0,000541	164714
0,000721	329428
0,000901	494141
0,001081	658855
0,001216	823569
0,001351	988283
0,001441	1152996
0,001532	1317710
0,001577	1482424
0,001622	1647138
0,001689	1811851
0,001712	1976565
0,001734	2141279
0,001757	2305993
0,001779	2470706
0,001802	2635420
0,001824	2800134
0,001869	2964848
0,001892	3129561
0,001914	3294275
0,001914	3458989
0,001937	3623703
0,001959	3788416
0,001982	3953130
0,001982	4117844
0,001982	4282558

0,001689	1811851
0,001712	1976565
0,001734	2141279
0,001757	2305993
0,001779	2470706
0,001802	2635420
0,001824	2800134
0,001869	2964848
0,001892	3129561
0,001914	3294275
0,001914	3458989
0,0019369	3623703
0,0019595	3788416
0,001982	3953130
0,001982	4117844
0,001982	4282558

valor de m
7,598E+09



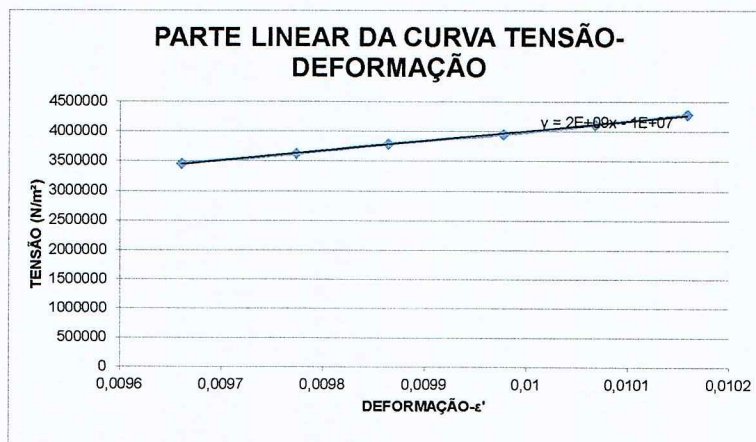
Granito 1- Segundo teste com amostra 2

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	110500	110500	1	1	0	04:14 25/out
5		38,45				164713,7555	120	110380	0,99891	0,00109		
10		76,9				329427,5109	210	110290	0,9981	0,0019		
15		115,35				494141,2664	330	110170	0,99701	0,00299		
20		153,8				658855,0218	430	110070	0,99611	0,00389		
25		192,25				823568,7773	502,5	109998	0,99545	0,00455		
30		230,7				988282,5328	590	109910	0,99466	0,00534		
35		269,15				1152996,288	630	109870	0,9943	0,0057		
40		307,6				1317710,044	677,5	109823	0,99387	0,00613		
45		346,05				1482423,799	715	109785	0,99353	0,00647		
50		384,5				1647137,555	747,5	109753	0,99324	0,00676		
55		422,95				1811851,31	797,5	109703	0,99278	0,00722		
60		461,4				1976565,066	832,5	109668	0,99247	0,00753		
65		499,85				2141278,821	867,5	109633	0,99215	0,00785		
70		538,3				2305992,576	900	109600	0,99186	0,00814		
75		576,75				2470706,332	927,5	109573	0,99161	0,00839		
80		615,2				2635420,087	950	109550	0,9914	0,0086		
85		653,65				2800133,843	980	109520	0,99113	0,00887		
90		692,1				2964847,598	1002,5	109498	0,99093	0,00907		
95		730,55				3129561,354	1002,5	109498	0,99093	0,00907		
100		769				3294275,109	1047,5	109453	0,99052	0,00948		
105		807,45				3458988,865	1067,5	109433	0,99034	0,00966		
110		845,9				3623702,62	1080	109420	0,99023	0,00977		
115		884,35				3788416,376	1090	109410	0,99014	0,00986		
120		922,8				3953130,131	1102,5	109398	0,99002	0,00998		
125		961,25				4117843,886	1112,5	109388	0,98993	0,01007		
130		999,7				4282557,642	1122,5	109378	0,98984	0,01016		

ε'	RGa EM N/m²
0	0
0,001086	164714
0,0019005	329428
0,0029864	494141
0,0038914	658855
0,0045475	823569
0,0053394	988283
0,0057014	1152996
0,0061312	1317710
0,0064706	1482424
0,0067647	1647138
0,0072172	1811851
0,0075339	1976565
0,0078507	2141279
0,0081448	2305993
0,0083937	2470706
0,0085973	2635420
0,0088688	2800134
0,0090724	2964848
0,0092724	3129561
0,0094796	3294275
0,0096606	3458989
0,0097738	3623703
0,0098643	3788416
0,0099774	3953130
0,0100679	4117844
0,0101584	4282558

0,0096606	3458989
0,0097738	3623703
0,0098643	3788416
0,0099774	3953130
0,0100679	4117844
0,0101584	4282558

valor de m
1,652E+09



Granito 1- Segundo teste com amostra 3

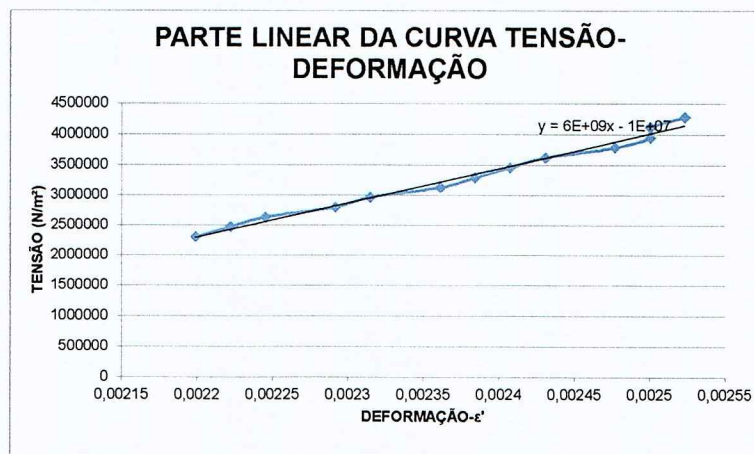
DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kg)	CARGA EM KGf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ϵ	ϵ'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0,00229	0	0	108000	108000	1	0	03:33	25/out
5		38,45			164713,7555	47,5		107953	0,99956	0,00044		
10		76,9			329427,5109	87,5		107913	0,99919	0,00081		
15		115,35			494141,2664	120		107880	0,99889	0,00111		
20		153,8			658855,0218	140		107860	0,9987	0,0013		
25		192,25			823568,7773	162,5		107838	0,9985	0,0015		
30		230,7			988282,5328	180		107820	0,99833	0,00167		
35		269,15			1152996,288	190		107810	0,99824	0,00176		
40		307,6			1317710,044	200		107800	0,99815	0,00185		
45		346,05			1482423,799	210		107790	0,99806	0,00194		
50		384,5			1647137,555	217,5		107783	0,99799	0,00201		
55		422,95			1811851,31	222,5		107778	0,99794	0,00206		
60		461,4			1976565,066	227,5		107773	0,99789	0,00211		
65		499,85			2141278,821	232,5		107768	0,99785	0,00215		
70		538,3			2305992,576	237,5		107763	0,9978	0,0022		
75		576,75			2470706,332	240		107760	0,99778	0,00222		
80		615,2			2635420,087	242,5		107758	0,99775	0,00225		
85		653,65			2800133,843	247,5		107753	0,99771	0,00229		
90		692,1			2964847,598	250		107750	0,99769	0,00231		
95		730,55			3129561,354	255		107745	0,99764	0,00236		
100		769			3294275,109	257,5		107743	0,99762	0,00238		
105		807,45			3458988,865	260		107740	0,99759	0,00241		
110		845,9			3623702,62	262,5		107738	0,99757	0,00243		
115		884,35			3788416,376	267,5		107733	0,99752	0,00248		
120		922,8			3953130,131	270		107730	0,9975	0,0025		
125		961,25			4117843,886	270		107730	0,9975	0,0025		
130		999,7			4282557,642	272,5		107728	0,99748	0,00252		

ϵ'	RGA EM N/m²
0	0
0,0004398	164714
0,0008102	329428
0,0011111	494141
0,0012963	658855
0,0015046	823569
0,0016667	988283
0,0017593	1152996
0,0018519	1317710
0,0019444	1482424
0,0020139	1647138
0,0020602	1811851
0,0021065	1976565
0,0021528	2141279
0,0021991	2305993
0,0022222	2470706
0,0022454	2635420
0,0022917	2800134
0,0023148	2964848
0,0023611	3129561
0,0023843	3294275
0,0024074	3458989
0,0024306	3623703
0,0024769	3788416
0,0025	3953130
0,0025	4117844
0,0025231	4282558



0,0021991	2305993
0,0022222	2470706
0,0022454	2635420
0,0022917	2800134
0,0023148	2964848
0,0023611	3129561
0,0023843	3294275
0,0024074	3458989
0,0024306	3623703
0,0024769	3788416
0,0025	3953130
0,0025	4117844
0,0025231	4282558

valor de m
5,708E+09



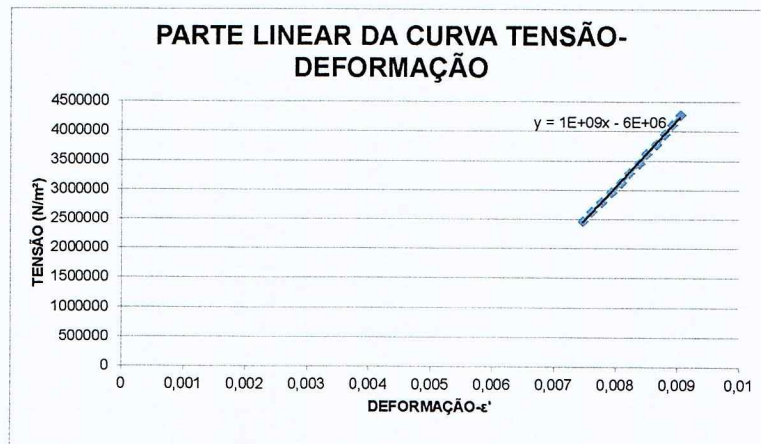
Granito 2- Amostra 1

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10^-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMP O DE EXECUÇÃO	DIA	
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	109500	109500	1	1	0	07:56 26/out
5		38,45				164713,7555		109355	0,99868		0,00132	
10		76,9				329427,5109		109255	0,99776		0,00224	
15		115,35				494141,2664		109170	0,99699		0,00301	
20		153,8				658855,0218		109103	0,99637		0,00363	
25		192,25				823568,7773		109028	0,99568		0,00432	
30		230,7				988282,5328		108965	0,99511		0,00489	
35		269,15				1152996,288		108913	0,99463		0,00537	
40		307,6				1317710,044		108875	0,99429		0,00571	
45		346,05				1482423,799		108840	0,99397		0,00603	
50		384,5				1647137,555		108810	0,9937		0,0063	
55		422,95				1811851,31		108780	0,99342		0,00658	
60		461,4				1976565,066		108758	0,99322		0,00678	
65		499,85				2141278,821		108733	0,99299		0,00701	
70		538,3				2305992,576		108705	0,99274		0,00726	
75		576,75				2470706,332		108683	0,99253		0,00747	
80		615,2				2635420,087		108668	0,9924		0,0076	
85		653,65				2800133,843		108650	0,99224		0,00776	
90		692,1				2964847,598		108633	0,99208		0,00792	
95		730,55				3129561,354		108615	0,99192		0,00808	
100		769				3294275,109		108600	0,99178		0,00822	
105		807,45				3458988,865		108583	0,99162		0,00838	
110		845,9				3623702,62		108570	0,99151		0,00849	
115		884,35				3788416,376		108553	0,99135		0,00865	
120		922,8				3953130,131		108538	0,99121		0,00879	
125		961,25				4117843,886		108525	0,9911		0,0089	
130		999,7				4282557,642		108510	0,99096		0,00904	

ε'	CARGA EM N/m²
0	0
0,001324	164714
0,002237	329428
0,003014	494141
0,00363	658855
0,004315	823569
0,004886	988283
0,005365	1152996
0,005708	1317710
0,006027	1482424
0,006301	1647138
0,006575	1811851
0,006781	1976565
0,007009	2141279
0,00726	2305993
0,007466	2470706
0,007603	2635420
0,007763	2800134
0,007922	2964848
0,008082	3129561
0,008219	3294275
0,008379	3458989
0,008493	3623703
0,008653	3788416
0,00879	3953130
0,008904	4117844
0,009041	4282558

0,007466	2470706
0,007603	2635420
0,007763	2800134
0,007922	2964848
0,008082	3129561
0,008219	3294275
0,008379	3458989
0,008493	3623703
0,008653	3788416
0,00879	3953130
0,008904	4117844
0,009041	4282558

valor de m
1,14E+09



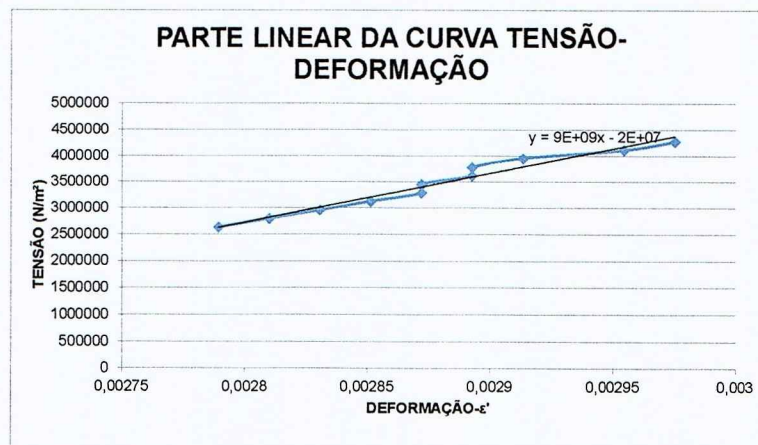
Granito 2- Amostra 2

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kg	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMP O DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0,00229	0	0	121000	121000	1	1	0	06:11 26/out
5		38,45			377,195	164713,7555	85	120915	0,9993	0,0007		
10		76,9			754,389	329427,5109	145	120855	0,9988	0,0012		
15		115,35			1131,58	494141,2664	190	120810	0,99843	0,00157		
20		153,8			1508,78	658855,0218	220	120780	0,99818	0,00182		
25		192,25			1885,97	823568,7773	247,5	120753	0,99795	0,00205		
30		230,7			2263,17	988282,5328	267,5	120733	0,99779	0,00221		
35		269,15			2640,36	1152996,288	275	120725	0,99773	0,00227		
40		307,6			3017,56	1317710,044	287,5	120713	0,99762	0,00238		
45		346,05			3394,75	1482423,799	297,5	120703	0,99754	0,00246		
50		384,5			3771,95	1647137,555	305	120695	0,99748	0,00252		
55		422,95			4149,14	1811851,31	310	120690	0,99744	0,00256		
60		461,4			4526,33	1976565,066	317,5	120683	0,99738	0,00262		
65		499,85			4903,53	2141278,821	322,5	120678	0,99733	0,00267		
70		538,3			5280,72	2305992,576	327,5	120673	0,99729	0,00271		
75		576,75			5657,92	2470706,332	330	120670	0,99727	0,00273		
80		615,2			6035,11	2635420,087	337,5	120663	0,99721	0,00279		
85		653,65			6412,31	2800133,843	340	120660	0,99719	0,00281		
90		692,1			6789,5	2964847,598	342,5	120658	0,99717	0,00283		
95		730,55			7166,7	3129561,354	345	120655	0,99715	0,00285		
100		769			7543,89	3294275,109	347,5	120653	0,99713	0,00287		
105		807,45			7921,08	3458988,865	347,5	120653	0,99713	0,00287		
110		845,9			8298,28	3623702,62	350	120650	0,99711	0,00289		
115		884,35			8675,47	3788416,376	350	120650	0,99711	0,00289		
120		922,8			9052,67	3953130,131	352,5	120648	0,99709	0,00291		
125		961,25			9429,86	4117843,886	357,5	120643	0,99705	0,00295		
130		999,7			9807,06	4282557,642	360	120640	0,99702	0,00298		

ε'	CARGA EM N/m²
0	0
0,000702	164714
0,001198	329428
0,00157	494141
0,001818	658855
0,002045	823569
0,002211	988283
0,002273	1152996
0,002376	1317710
0,002459	1482424
0,002521	1647138
0,002562	1811851
0,002624	1976565
0,002665	2141279
0,002707	2305993
0,002727	2470706
0,002789	2635420
0,00281	2800134
0,002831	2964848
0,002851	3129561
0,002872	3294275
0,002872	3458989
0,002893	3623703
0,002893	3788416
0,002913	3953130
0,002955	4117844
0,002975	4282558

0,0027893	2635420
0,00281	2800134
0,002831	2964848
0,002851	3129561
0,002872	3294275
0,002872	3458989
0,002893	3623703
0,002893	3788416
0,002913	3953130
0,002955	4117844
0,002975	4282558

valor de m
9,418E+09



Granito 2- Amostra 3

DEFOR MAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORRE ÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kg	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	116500	116500	1
5		38,45		0		-2		116502	1,000017
10		76,9		0		-2		116502	1,000017
15		115,35		0		-1,25		116501,3	1,000011
20		153,8		0		-0,5		116500,5	1,000004
25		192,25		0		1,25		116498,8	0,999989
30		230,7		0		2,25		116497,8	0,999981
35		269,15		0		3		116497	0,999974
40		307,6		0		3,75		116496,3	0,999968
45		346,05		0		4,25		116495,8	0,999964
50		384,5		0		5		116495	0,999957
55		422,95		0		5		116495	0,999957
60		461,4		0		5		116495	0,999957
65		499,85		0		5		116495	0,999957
70		538,3		0		5		116495	0,999957
75		576,75		0		5		116495	0,999957
80		615,2		0		5		116495	0,999957
85		653,65		0		5		116495	0,999957
90		692,1		0		5		116495	0,999957
95		730,55		0		5		116495	0,999957
100		769		0		5		116495	0,999957
105		807,45		0		5		116495	0,999957
110		845,9		0		5		116495	0,999957
115		884,35		0		5		116495	0,999957
120		922,8		0		5		116495	0,999957
125		961,25		0		5		116495	0,999957
130		999,7		0		5		116495	0,999957

ε'	RGA EM N/m²
0	0
-1,7E-05	164714
-1,7E-05	329428
-1,1E-05	494141
-4,3E-06	658855
1,1E-05	823569
1,9E-05	988283
2,6E-05	1152996
3,2E-05	1317710
3,6E-05	1482424
4,3E-05	1647138
4,3E-05	1811851
4,3E-05	1976565
4,3E-05	2141279
4,3E-05	2305993
4,3E-05	2470706
4,3E-05	2635420
4,3E-05	2800134
4,3E-05	2964848
4,3E-05	3129561
4,3E-05	3294275
4,3E-05	3458989
4,3E-05	3623703
4,3E-05	3788416
4,3E-05	3953130
4,3E-05	4117844
4,3E-05	4282558



valor de m
0

0	07:00	26/out
---	-------	--------

0,00005

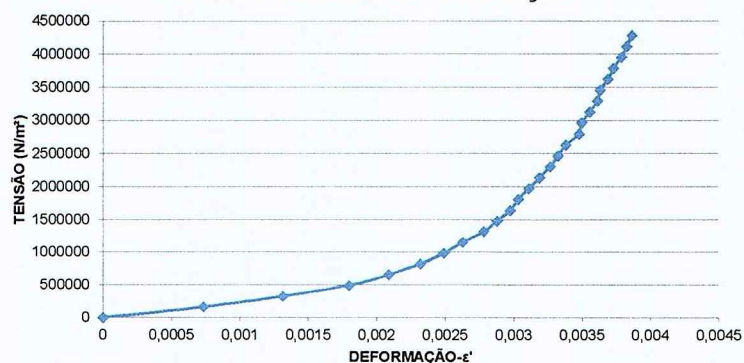
DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ϵ	ϵ'	EXECUÇÃO	TEMP O DE DIA
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	129500	129500	1	0	07:06	26/out
5		38,45				164713,7555		129405	0,99927	0,00073		
10		76,9				329427,5109		129330	0,99869	0,00131		
15		115,35				494141,2664		129268	0,9982	0,0018		
20		153,8				658855,0218		129230	0,99792	0,00208		
25		192,25				823568,7773		129200	0,99768	0,00232		
30		230,7				988282,5328		129178	0,99751	0,00249		
35		269,15				1152996,288		129160	0,99737	0,00263		
40		307,6				1317710,044		129140	0,99722	0,00278		
45		346,05				1482423,799		129128	0,99712	0,00288		
50		384,5				1647137,555		129115	0,99703	0,00297		
55		422,95				1811851,31		129108	0,99697	0,00303		
60		461,4				1976565,066		129098	0,99689	0,00311		
65		499,85				2141278,821		129088	0,99681	0,00319		
70		538,3				2305992,576		129078	0,99674	0,00326		
75		576,75				2470706,332		129070	0,99668	0,00332		
80		615,2				2635420,087		129063	0,99662	0,00338		
85		653,65				2800133,843		129050	0,99653	0,00347		
90		692,1				2964847,598		129048	0,99651	0,00349		
95		730,55				3129561,354		129040	0,99645	0,00355		
100		769				3294275,109		129033	0,99639	0,00361		
105		807,45				3458988,865		129030	0,99637	0,00363		
110		845,9				3623702,62		129023	0,99631	0,00369		
115		884,35				3788416,376		129018	0,99627	0,00373		
120		922,8				3953130,131		129010	0,99622	0,00378		
125		961,25				4117843,886		129005	0,99618	0,00382		
130		999,7				4282557,642		129000	0,99614	0,00386		

ϵ'	CARGA EM N/m²
0	0
0,000734	164714
0,001313	329428
0,001795	494141
0,002085	658855
0,002317	823569
0,00249	988283
0,002625	1152996
0,00278	1317710
0,002876	1482424
0,002973	1647138
0,003031	1811851
0,003108	1976565
0,003185	2141279
0,003263	2305993
0,00332	2470706
0,003378	2635420
0,003475	2800134
0,003494	2964848
0,003552	3129561
0,00361	3294275
0,003629	3458989
0,003687	3623703
0,003726	3788416
0,003784	3953130
0,003822	4117844
0,003861	4282558

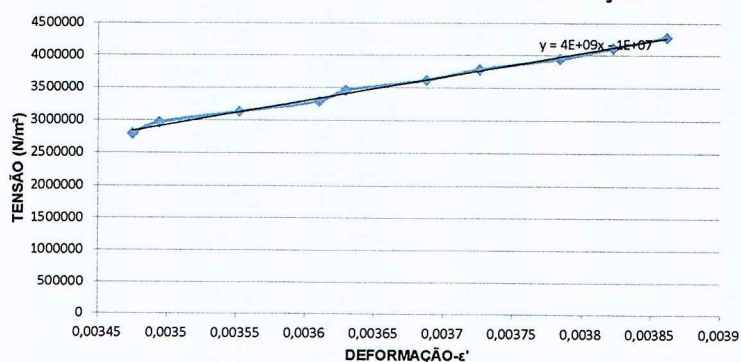
0,003475	2800134
0,003494	2964848
0,003552	3129561
0,00361	3294275
0,003629	3458989
0,003687	3623703
0,003726	3788416
0,003784	3953130
0,003822	4117844
0,003861	4282558

valor de m
3,688E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



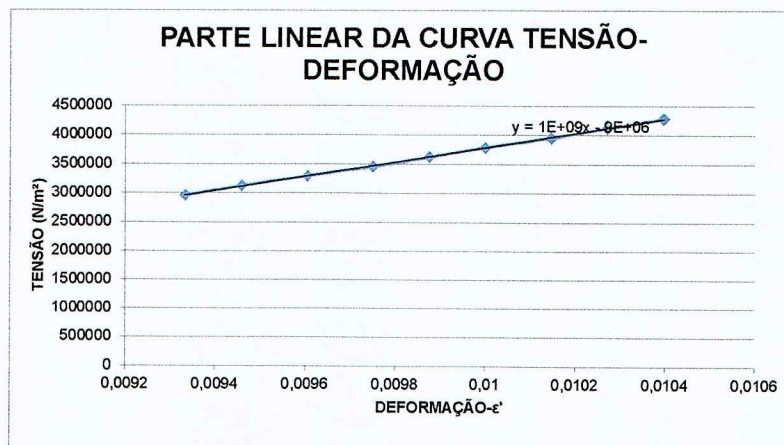
Granito 2- Amostra 5

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kaf)	CARGA EM Kg	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	LQ(10-6m)	LQ-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0,00229	0	0	120000	120000	1	1	0	07:52 26/out
5		38,45			377,195	164713,7555	25		119975	0,99979	0,00021	
10		76,9			754,389	329427,5109	387,5		119613	0,99677	0,00323	
15		115,35			1131,58	494141,2664	465		119535	0,99613	0,00387	
20		153,8			1508,78	658855,0218	570		119430	0,99525	0,00475	
25		192,25			1885,97	823568,7773	655		119345	0,99454	0,00546	
30		230,7			2263,17	988282,5328	725		119275	0,99396	0,00604	
35		269,15			2640,36	1152996,288	782,5		119218	0,99348	0,00652	
40		307,6			3017,56	1317710,044	832,5		119168	0,99306	0,00694	
45		346,05			3394,75	1482423,799	870		119130	0,99275	0,00725	
50		384,5			3771,95	1647137,555	902,5		119098	0,99248	0,00752	
55		422,95			4149,14	1811851,31	935		119065	0,99221	0,00779	
60		461,4			4526,33	1976565,066	970		119030	0,99192	0,00808	
65		499,85			4903,53	2141278,821	1000		119000	0,99167	0,00833	
70		538,3			5280,72	2305992,576	1030		118970	0,99142	0,00858	
75		576,75			5657,92	2470706,332	1055		118945	0,99121	0,00879	
80		615,2			6035,11	2635420,087	1077,5		118923	0,99102	0,00898	
85		653,65			6412,31	2800133,843	1100		118900	0,99083	0,00917	
90		692,1			6789,5	2964847,598	1120		118880	0,99067	0,00933	
95		730,55			7166,7	3129561,354	1135		118865	0,99054	0,00946	
100		769			7543,89	3294275,109	1152,5		118848	0,9904	0,0096	
105		807,45			7921,08	3458988,865	1170		118830	0,99025	0,00975	
110		845,9			8298,28	3623702,62	1185		118815	0,99013	0,00987	
115		884,35			8675,47	3788416,376	1200		118800	0,99	0,01	
120		922,8			9052,67	3953130,131	1217,5		118783	0,98985	0,01015	
125		961,25			9429,86	4117843,886	1232,5		118768	0,98973	0,01027	
130		999,7			9807,06	4282557,642	1247,5		118753	0,9896	0,0104	

ε'	RGA EM N/m²
0	0
0,000208	164714
0,003229	329428
0,003875	494141
0,00475	658855
0,005458	823569
0,006042	988283
0,006521	1152996
0,006938	1317710
0,00725	1482424
0,007521	1647138
0,007792	1811851
0,008083	1976565
0,008333	2141279
0,008583	2305993
0,008792	2470706
0,008979	2635420
0,009167	2800134
0,009333	2964848
0,009458	3129561
0,009604	3294275
0,00975	3458989
0,009875	3623703
0,01	3788416
0,010146	3953130
0,010271	4117844
0,010396	4282558

0,009333	2964848
0,009458	3129561
0,009604	3294275
0,00975	3458989
0,009875	3623703
0,01	3788416
0,010146	3953130
0,010271	4117844
0,010396	4282558

valor de m
1,23E+09



Laminito- Amostra 1

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	173500	173500	1	1	0	04:14 25/out
5		38,45				85338,12217		173455	0,99974	0,00026		
10		76,9				170676,2443		173410	0,99948	0,00052		
15		115,35				256014,3665		173390	0,99937	0,00063		
20		153,8				341352,4887		173370	0,99925	0,00075		
25		192,25				426690,6109		173355	0,99916	0,00084		
30		230,7				512028,733		173340	0,99908	0,00092		
35		269,15				597366,8552		173330	0,99902	0,00098		
40		307,6				682704,9774	177,5	173323	0,99898	0,00102		
45		346,05				768043,0995		173320	0,99896	0,00104		
50		384,5				853381,2217		173320	0,99896	0,00104		
55		422,95				938719,3439		173320	0,99896	0,00104		
60		461,4				1024057,466		173315	0,99893	0,00107		
65		499,85				1109395,588	187,5	173313	0,99892	0,00108		
70		538,3				1194733,71		173310	0,9989	0,0011		
75		576,75				1280071,833		173310	0,9989	0,0011		
80		615,2				1365409,955		173310	0,9989	0,0011		
85		653,65				1450748,077		173310	0,9989	0,0011		
90		692,1				1536086,199		173310	0,9989	0,0011		
95		730,55				1621424,321		173310	0,9989	0,0011		
100		769				1706762,443		173310	0,9989	0,0011		
105		807,45				1792100,566		173310	0,9989	0,0011		
110		845,9				1877438,688		173310	0,9989	0,0011		
115		884,35				1962776,81		173310	0,9989	0,0011		
120		922,8				2048114,932		173310	0,9989	0,0011		
125		961,25				2133453,054		173310	0,9989	0,0011		
130		999,7				2218791,176		173310	0,9989	0,0011		

ε'	CARGA EM N/m²
0	0
0,00025937	85338,1
0,00051873	170676
0,00063401	256014
0,00074928	341352
0,00083573	426691
0,00092219	512029
0,00097983	597367
0,00102305	682705
0,00103746	768043
0,00103746	853381
0,00103746	938719
0,00106628	1024057
0,00108069	1109396
0,0010951	1194734
0,0010951	1280072
0,0010951	1365410
0,0010951	1450748
0,0010951	1536086
0,0010951	1621424
0,0010951	1706762
0,0010951	1792101
0,0010951	1877439
0,0010951	1962777
0,0010951	2048115
0,0010951	2133453
0,0010951	2218791



0,001037464	768043,1
0,00103746	853381
0,00103746	938719
0,00106628	1024057
0,00108069	1109396
0,0010951	1194734
0,0010951	1280072
0,0010951	1365410
0,0010951	1450748
0,0010951	1536086
0,0010951	1621424
0,0010951	1706762
0,001095101	1792101
0,001095101	1877439
0,001095101	1962777
0,001095101	2048115
0,001095101	2133453
0,001095101	2218791



valor de m
15427657509

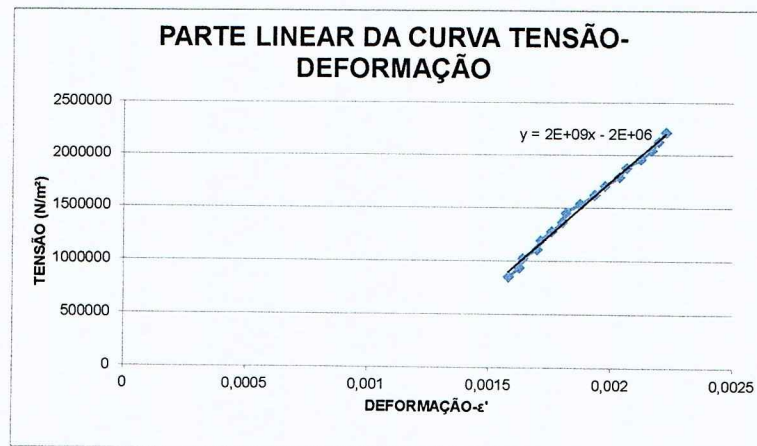
Laminito- Amostra 2

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	0	171000	171000	1	0	12:13
5				0		0	47,5		170953	0,99972	0,00028	25/out
10		76,9		754,389		170676,2443	80		170920	0,99953	0,00047	
15		115,35		1131,58		256014,3665	120		170880	0,9993	0,0007	
20		153,8		1508,78		341352,4887	155		170845	0,99909	0,00091	
25		192,25		1885,97		426690,6109	190		170810	0,99889	0,00111	
30		230,7		2263,17		512028,733	210		170790	0,99877	0,00123	
35		269,15		2640,36		597366,8552	230		170770	0,99865	0,00135	
40		307,6		3017,56		682704,9774	240		170760	0,9986	0,0014	
45		346,05		3394,75		768043,0995	260		170740	0,99848	0,00152	
50		384,5		3771,95		853381,2217	270		170730	0,99842	0,00158	
55		422,95		4149,14		938719,3439	277,5		170723	0,99838	0,00162	
60		461,4		4526,33		1024057,466	280		170720	0,99836	0,00164	
65		499,85		4903,53		1109395,588	290		170710	0,9983	0,0017	
70		538,3		5280,72		1194733,71	292,5		170708	0,99829	0,00171	
75		576,75		5657,92		1280071,833	300		170700	0,99825	0,00175	
80		615,2		6035,11		1365409,955	307,5		170693	0,9982	0,0018	
85		653,65		6412,31		1450748,077	310		170690	0,99819	0,00181	
90		692,1		6789,5		1536086,199	320		170680	0,99813	0,00187	
95		730,55		7166,7		1621424,321	330		170670	0,99807	0,00193	
100		769		7543,89		1706762,443	337,5		170663	0,99803	0,00197	
105		807,45		7921,08		1792100,566	347,5		170653	0,99797	0,00203	
110		845,9		8298,28		1877438,688	352,5		170648	0,99794	0,00206	
115		884,35		8675,47		1962776,81	362,5		170638	0,99788	0,00212	
120		922,8		9052,67		2048114,932	370		170630	0,99784	0,00216	
125		961,25		9429,86		2133453,054	375		170625	0,99781	0,00219	
130		999,7		9807,06		2218791,176	380		170620	0,99778	0,00222	

ε'	CARGA EM N/m²
0	0
0,0002778	0
0,0004678	170676
0,0007018	256014
0,0009064	341352
0,0011111	426691
0,0012281	512029
0,001345	597367
0,0014035	682705
0,0015205	768043
0,0015789	853381
0,0016228	938719
0,0016374	1024057
0,0016959	1109396
0,0017105	1194734
0,0017544	1280072
0,0017982	1365410
0,0018129	1450748
0,0018713	1536086
0,0019298	1621424
0,0019737	1706762
0,0020322	1792101
0,0020614	1877439
0,0021199	1962777
0,0021637	2048115
0,002193	2133453
0,0022222	2218791

0,00157895	853381,2
0,0016228	938719
0,0016374	1024057
0,0016959	1109396
0,0017105	1194734
0,0017544	1280072
0,0017982	1365410
0,0018129	1450748
0,0018713	1536086
0,0019298	1621424
0,0019737	1706762
0,0020322	1792101
0,0020614	1877439
0,00211988	1962777
0,00216374	2048115
0,00219298	2133453
0,00222222	2218791

valor de m
2020934611



Laminito- Amostra 3

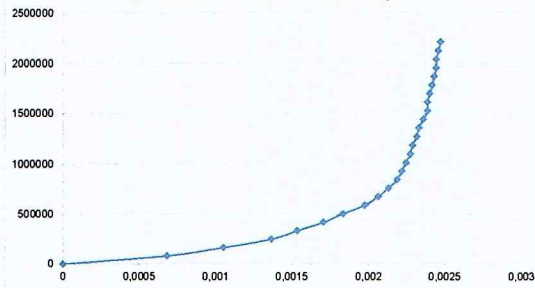
CARINTE - 19/05/2010													
DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO DA MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	1	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	176000	176000			1	0	03:43
5		38,45		377,195	85338,12217	120		175880	0,99932			0,00068	26/out
10		76,9		754,389	170676,2443	165		175815	0,99895			0,00105	
15		115,35		1131,58	256014,3665	240		175760	0,99864			0,00136	
20		153,8		1508,78	341352,4887	270		175730	0,99847			0,00153	
25		192,25		1885,97	426690,6109	300		175700	0,9983			0,0017	
30		230,7		2263,17	512028,733	322,5		175678	0,99817			0,00183	
35		269,15		2640,36	597366,8552	347,5		175653	0,99803			0,00197	
40		307,6		3017,56	682704,9774	362,5		175638	0,99794			0,00206	
45		346,05		3394,75	768043,0995	375		175625	0,99787			0,00213	
50		384,5		3771,95	853381,2217	385		175615	0,99781			0,00219	
55		422,95		4149,14	938719,3439	390		175610	0,99778			0,00222	
60		461,4		4526,33	1024057,466	395		175605	0,99776			0,00224	
65		499,85		4903,53	1109395,588	400		175600	0,99773			0,00227	
70		538,3		5280,72	1194733,71	402,5		175598	0,99771			0,00229	
75		576,75		5657,92	1280071,833	407,5		175593	0,99768			0,00232	
80		615,2		6035,11	1365409,955	410		175590	0,99767			0,00233	
85		653,65		6412,31	1450748,077	415		175585	0,99764			0,00236	
90		692,1		6789,5	1536086,199	420		175580	0,99761			0,00239	
95		730,55		7166,7	1621424,321	420		175580	0,99761			0,00239	
100		769		7543,89	1706762,443	422,5		175578	0,9976			0,0024	
105		807,45		7921,08	1792100,566	425		175575	0,99759			0,00241	
110		845,9		8298,28	1877438,688	427,5		175573	0,99757			0,00243	
115		884,35		8675,47	1962776,81	430		175570	0,99756			0,00244	
120		922,8		9052,67	2048114,932	430		175570	0,99756			0,00244	
125		961,25		9429,86	2133453,054	432,5		175568	0,99754			0,00246	
130		999,7		9807,06	2218791,176	435		175565	0,99753			0,00247	

ε'	CARGA EM N/m²
0	0
0,0006818	85338,1
0,0010511	170676
0,0013636	256014
0,0015341	341352
0,0017045	426691
0,0018324	512029
0,0019744	597367
0,0020597	682705
0,0021307	768043
0,0021875	853381
0,0022159	938719
0,0022443	1024057
0,0022727	1109396
0,0022869	1194734
0,0023153	1280072
0,0023295	1365410
0,002358	1450748
0,0023864	1536086
0,0023864	1621424
0,0024006	1706762
0,0024148	1792101
0,002429	1877439
0,0024432	1962777
0,0024432	2048115
0,0024574	2133453
0,0024716	2218791

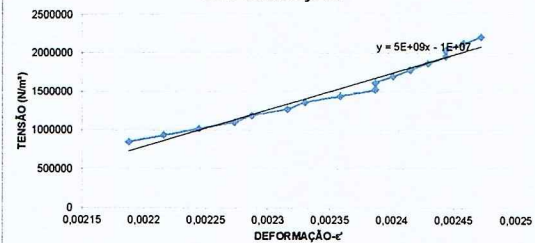
0,0021875	853381,2
0,0022159	938719
0,0022443	1024057
0,0022727	1109396
0,0022869	1194734
0,0023153	1280072
0,0023295	1365410
0,002358	1450748
0,0023864	1536086
0,0023864	1621424
0,0024006	1706762
0,0024148	1792101
0,002429	1877439
0,0024432	1962777
0,0024432	2048115
0,00245739	2133453
0,00247159	2218791

valor de m

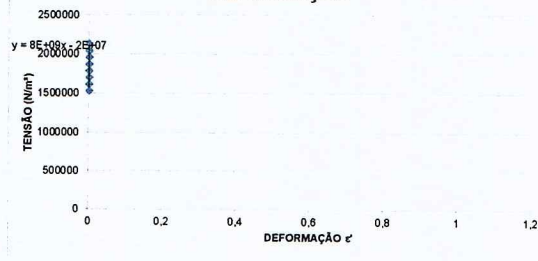
CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



0,00238636	1536086
0,00238636	1621424
0,00240057	1706762
0,00241477	1792101
0,00242898	1877439
0,00244318	1962777
0,00244318	2048115
0,00245739	2133453
0,00247159	2218791

valor de m
7518642035

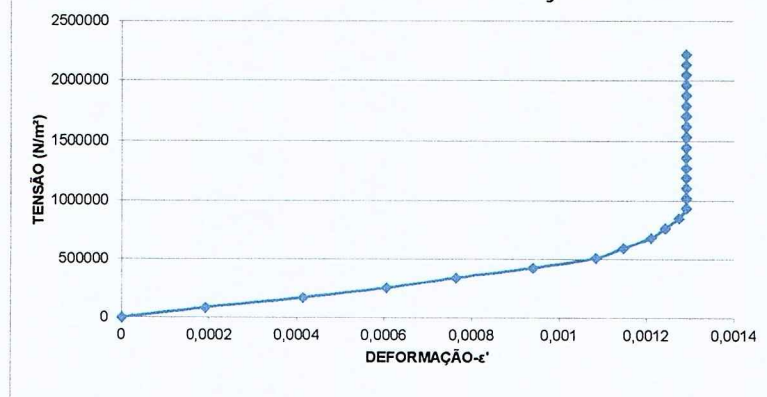
Laminito- Amostra 4

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10 ⁻⁶ m)	L0-L	ϵ	ϵ'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	157000	157000		1	0	04:16 25/out
5		38,45		377,195		85338,12217	30	156970	0,99981	0,00019		
10		76,9		754,389		170676,2443	65	156935	0,99959	0,00041		
15		115,35		1131,58		256014,3665	95	156905	0,99939	0,00061		
20		153,8		1508,78		341352,4887	120	156880	0,99924	0,00076		
25		192,25		1885,97		426690,6109	147,5	156853	0,99906	0,00094		
30		230,7		2263,17		512028,733	170	156830	0,99892	0,00108		
35		269,15		2640,36		597366,8552	180	156820	0,99885	0,00115		
40		307,6		3017,56		682704,9774	190	156810	0,99879	0,00121		
45		346,05		3394,75		768043,0995	195	156805	0,99876	0,00124		
50		384,5		3771,95		853381,2217	200	156800	0,99873	0,00127		
55		422,95		4149,14		938719,3439	202,5	156798	0,99871	0,00129		
60		461,4		4526,33		1024057,466	202,5	156798	0,99871	0,00129		
65		499,85		4903,53		1109395,588	202,5	156798	0,99871	0,00129		
70		538,3		5280,72		1194733,71	202,5	156798	0,99871	0,00129		
75		576,75		5657,92		1280071,833	202,5	156798	0,99871	0,00129		
80		615,2		6035,11		1365409,955	202,5	156798	0,99871	0,00129		
85		653,65		6412,31		1450748,077	202,5	156798	0,99871	0,00129		
90		692,1		6789,5		1536086,199	202,5	156798	0,99871	0,00129		
95		730,55		7166,7		1621424,321	202,5	156798	0,99871	0,00129		
100		769		7543,89		1706762,443	202,5	156798	0,99871	0,00129		
105		807,45		7921,08		1792100,566	202,5	156798	0,99871	0,00129		
110		845,9		8298,28		1877438,688	202,5	156798	0,99871	0,00129		
115		884,35		8675,47		1962776,81	202,5	156798	0,99871	0,00129		
120		922,8		9052,67		2048114,932	202,5	156798	0,99871	0,00129		
125		961,25		9429,86		2133453,054	202,5	156798	0,99871	0,00129		
130		999,7		9807,06		2218791,176	202,5	156798	0,99871	0,00129		

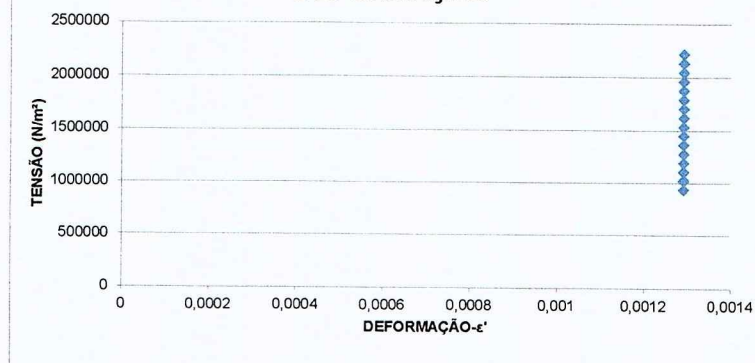
 ϵ' CARGA EM N/m²

0	0
0,00019108	85338,1
0,00041401	170676
0,0006051	256014
0,00076433	341352
0,00093949	426691
0,0010828	512029
0,0011465	597367
0,00121019	682705
0,00124204	768043
0,00127389	853381
0,00128981	938719
0,00128981	1024057
0,00128981	1109396
0,00128981	1194734
0,00128981	1280072
0,00128981	1365410
0,00128981	1450748
0,00128981	1536086
0,00128981	1621424
0,00128981	1706762
0,00128981	1792101
0,00128981	1877439
0,00128981	1962777
0,00128981	2048115
0,00128981	2133453
0,00128981	2218791

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



0,00128981	938719
0,00128981	1024057
0,00128981	1109396
0,00128981	1194734
0,00128981	1280072
0,00128981	1365410
0,00128981	1450748
0,00128981	1536086
0,00128981	1621424
0,001289809	1706762
0,001289809	1792101
0,001289809	1877439
0,001289809	1962777
0,001289809	2048115
0,001289809	2133453
0,001289809	2218791

Laminito- Amostra 5

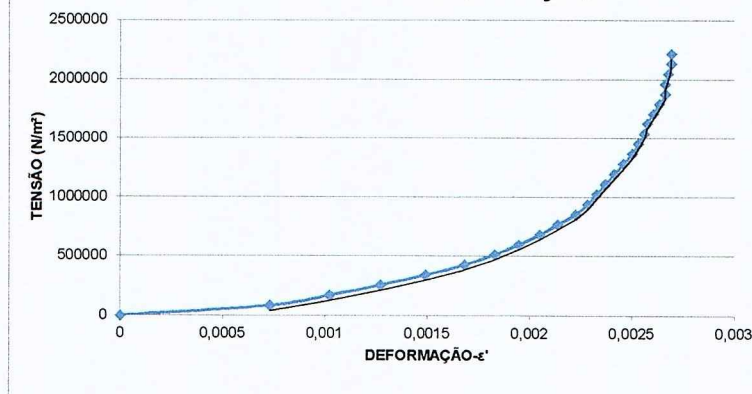
DEFORM AÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORRE ÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf		CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10^-6m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA	
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	0	171000	171000	1	1	0	05:13	26/out
5		38,45		377,195		85338,12217	125		170875	0,99927		0,00073		
10		76,9		754,389		170676,2443	175		170825	0,99898		0,00102		
15		115,35		1131,58		256014,3665	217,5		170783	0,99873		0,00127		
20		153,8		1508,78		341352,4887	255		170745	0,99851		0,00149		
25		192,25		1885,97		426690,6109	287,5		170713	0,99832		0,00168		
30		230,7		2263,17		512028,733	312,5		170688	0,99817		0,00183		
35		269,15		2640,36		597366,8552	332,5		170668	0,99806		0,00194		
40		307,6		3017,56		682704,9774	350		170650	0,99795		0,00205		
45		346,05		3394,75		768043,0995	365		170635	0,99787		0,00213		
50		384,5		3771,95		853381,2217	380		170620	0,99778		0,00222		
55		422,95		4149,14		938719,3439	390		170610	0,99772		0,00228		
60		461,4		4526,33		1024057,466	397,5		170603	0,99768		0,00232		
65		499,85		4903,53		1109395,588	405		170595	0,99763		0,00237		
70		538,3		5280,72		1194733,71	412,5		170588	0,99759		0,00241		
75		576,75		5657,92		1280071,833	420		170580	0,99754		0,00246		
80		615,2		6035,11		1365409,955	427,5		170573	0,9975		0,0025		
85		653,65		6412,31		1450748,077	432,5		170568	0,99747		0,00253		
90		692,1		6789,5		1536086,199	437,5		170563	0,99744		0,00256		
95		730,55		7166,7		1621424,321	440		170560	0,99743		0,00257		
100		769		7543,89		1706762,443	445		170555	0,9974		0,0026		
105		807,45		7921,08		1792100,566	450		170550	0,99737		0,00263		
110		845,9		8298,28		1877438,688	455		170545	0,99734		0,00266		
115		884,35		8675,47		1962776,81	455		170545	0,99734		0,00266		
120		922,8		9052,67		2048114,932	457,5		170543	0,99732		0,00268		
125		961,25		9429,86		2133453,054	460		170540	0,99731		0,00269		
130		999,7		9807,06		2218791,176	460		170540	0,99731		0,00269		

ε'	RGA EM N/m²
0	0
0,000731	85338,1
0,001023	170676
0,001272	256014
0,001491	341352
0,001681	426691
0,001827	512029
0,001944	597367
0,002047	682705
0,002135	768043
0,002222	853381
0,002281	938719
0,002325	1024057
0,002368	1109396
0,002412	1194734
0,002456	1280072
0,0025	1365410
0,002529	1450748
0,002558	1536086
0,002573	1621424
0,002602	1706762
0,002632	1792101
0,002661	1877439
0,002661	1962777
0,002675	2048115
0,00269	2133453
0,00269	2218791

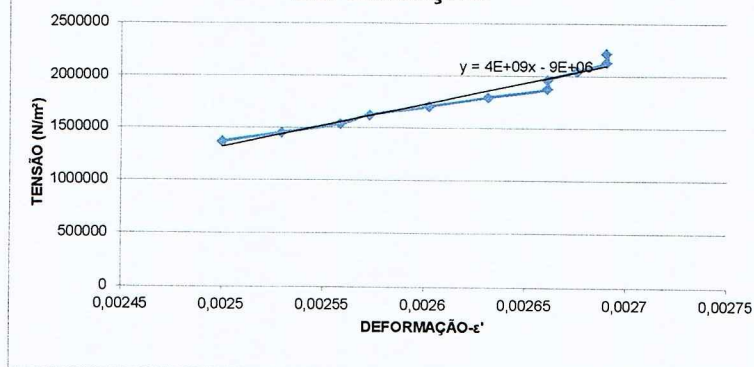
0,0025	1365410
0,002529	1450748
0,002558	1536086
0,002573	1621424
0,002602	1706762
0,002632	1792101
0,002661	1877439
0,002661	1962777
0,002675	2048115
0,00269	2133453
0,00269	2218791

valor de m
4,124E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



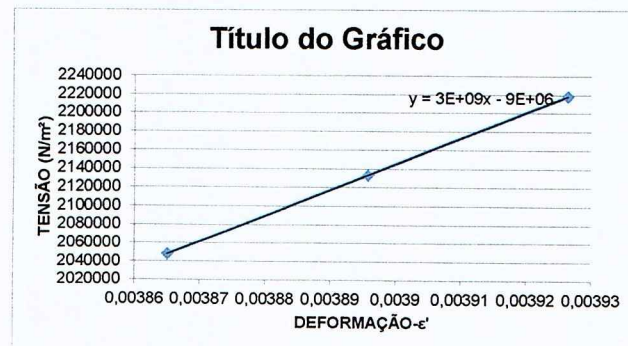
Laminito- Amostra 7

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO O (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kg		CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10^-6m)	L0(10-6m)	L0-L	ε		ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	0	163000	163000	1	1	0	03:51
5		38,45		377,195		85338,12217	110		162890	0,99933		0,00067	
10		76,9		754,389		170676,2443	177,5		162823	0,99891		0,00109	
15		115,35		1131,58		256014,3665	235		162765	0,99856		0,00144	
20		153,8		1508,78		341352,4887	282,5		162718	0,99827		0,00173	
25		192,25		1885,97		426690,6109	320		162680	0,99804		0,00196	
30		230,7		2263,17		512028,733	352,5		162648	0,99784		0,00216	
35		269,15		2640,36		597366,8552	380		162620	0,99767		0,00233	
40		307,6		3017,56		682704,9774	407,5		162593	0,9975		0,0025	
45		346,05		3394,75		768043,0995	420		162580	0,99742		0,00258	
50		384,5		3771,95		853381,2217	450		162550	0,99724		0,00276	
55		422,95		4149,14		938719,3439	470		162530	0,99712		0,00288	
60		461,4		4526,33		1024057,466	490		162510	0,99699		0,00301	
65		499,85		4903,53		1109395,588	510		162490	0,99687		0,00313	
70		538,3		5280,72		1194733,71	525		162475	0,99678		0,00322	
75		576,75		5657,92		1280071,833	540		162460	0,99669		0,00331	
80		615,2		6035,11		1365409,955	552,5		162448	0,99661		0,00339	
85		653,65		6412,31		1450748,077	562,5		162438	0,99655		0,00345	
90		692,1		6789,5		1536086,199	575		162425	0,99647		0,00353	
95		730,55		7166,7		1621424,321	585		162415	0,99641		0,00359	
100		769		7543,89		1706762,443	595		162405	0,99635		0,00365	
105		807,45		7921,08		1792100,566	605		162395	0,99629		0,00371	
110		845,9		8298,28		1877438,688	612,5		162388	0,99624		0,00376	
115		884,35		8675,47		1962776,81	620		162380	0,9962		0,0038	
120		922,8		9052,67		2048114,932	630		162370	0,99613		0,00387	
125		961,25		9429,86		2133453,054	635		162365	0,9961		0,0039	
130		999,7		9807,06		2218791,176	640		162360	0,99607		0,00393	

ε'	CARGA EM N/m²
0	0
0,00067485	85338,122
0,00108896	170676,24
0,00144172	256014,37
0,00173313	341352,49
0,00196319	426690,61
0,00216258	512028,73
0,00233129	597366,86
0,0025	682704,98
0,00257669	768043,1
0,00276074	853381,22
0,00288344	938719,34
0,00300613	1024057,5
0,00312883	1109395,6
0,00322086	1194733,7
0,00331288	1280071,8
0,00338957	1365410
0,00345092	1450748,1
0,00352761	1536086,2
0,00358896	1621424,3
0,00365031	1706762,4
0,00371166	1792100,6
0,00375767	1877438,7
0,00380368	1962776,8
0,00386503	2048114,9
0,00389571	2133453,1
0,00392638	2218791,2

0,003865031	2048114,93
0,00389571	2133453,1
0,00392638	2218791,2

valor de m
2782022783



Laminito- Segundo teste com Amostra 1

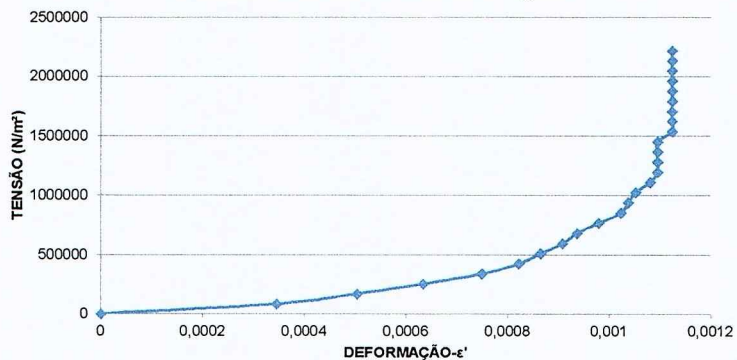
DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	173500	173500	1	1	0	03:20 27/out
5		38,45				85338,12217		173440	0,99965	0,00035		
10		76,9				170676,2443		173413	0,9995	0,0005		
15		115,35				256014,3665		173390	0,99937	0,00063		
20		153,8				341352,4887		173370	0,99925	0,00075		
25		192,25				426690,6109		173358	0,99918	0,00082		
30		230,7				512028,733		173350	0,99914	0,00086		
35		269,15				597366,8552		173343	0,99909	0,00091		
40		307,6				682704,9774		173338	0,99906	0,00094		
45		346,05				768043,0995		173330	0,99902	0,00098		
50		384,5				853381,2217		173323	0,99898	0,00102		
55		422,95				938719,3439		173320	0,99896	0,00104		
60		461,4				1024057,466		173318	0,99895	0,00105		
65		499,85				1109395,588		173313	0,99892	0,00108		
70		538,3				1194733,71		173310	0,9989	0,0011		
75		576,75				1280071,833		173310	0,9989	0,0011		
80		615,2				1365409,955		173310	0,9989	0,0011		
85		653,65				1450748,077		173310	0,9989	0,0011		
90		692,1				1536086,199		173305	0,99888	0,00112		
95		730,55				1621424,321		173305	0,99888	0,00112		
100		769				1706762,443		173305	0,99888	0,00112		
105		807,45				1792100,566		173305	0,99888	0,00112		
110		845,9				1877438,688		173305	0,99888	0,00112		
115		884,35				1962776,81		173305	0,99888	0,00112		
120		922,8				2048114,932		173305	0,99888	0,00112		
125		961,25				2133453,054		173305	0,99888	0,00112		
130		999,7				2218791,176		173305	0,99888	0,00112		

ε'	RGA EM N/m²
0	0
0,0003458	85338,1
0,0005043	170676
0,000634	256014
0,0007493	341352
0,0008213	426691
0,0008646	512029
0,0009078	597367
0,0009366	682705
0,0009798	768043
0,0010231	853381
0,0010375	938719
0,0010519	1024057
0,0010807	1109396
0,0010951	1194734
0,0010951	1280072
0,0010951	1365410
0,0010951	1450748
0,0011239	1536086
0,0011239	1621424
0,0011239	1706762
0,0011239	1792101
0,0011239	1877439
0,0011239	1962777
0,0011239	2048115
0,0011239	2133453
0,0011239	2218791

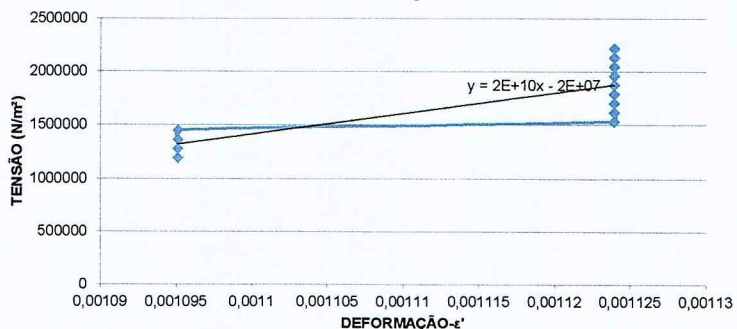
0,0010951	1194734
0,0010951	1280072
0,0010951	1365410
0,0010951	1450748
0,0011239	1536086
0,0011239	1621424
0,0011239	1706762
0,0011239	1792101
0,0011239	1877439
0,0011239	1962777
0,0011239	2048115
0,0011239	2133453
0,00112392	2218791

valor de m
1,9248E+10

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



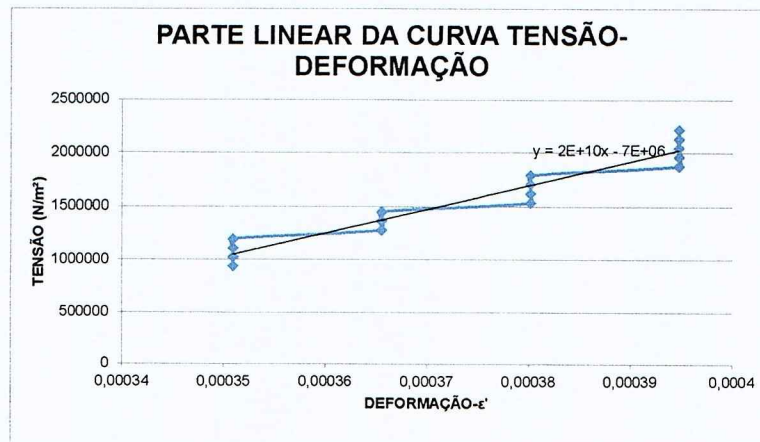
Laminito- Segundo teste com Amostra 2

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kg	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	171000	171000	1	1	0	02:50 27/out
5		38,45	377,195			85338,12217	10	170990	0,99994	5,8E-05		
10		76,9	754,389			170676,2443	10	170990	0,99994	5,8E-05		
15		115,35	1131,58			256014,3665	17,5	170983	0,9999	0,0001		
20		153,8	1508,78			341352,4887	22,5	170978	0,99987	0,00013		
25		192,25	1885,97			426690,6109	30	170970	0,99982	0,00018		
30		230,7	2263,17			512028,733	37,5	170963	0,99978	0,00022		
35		269,15	2640,36			597366,8552	40	170960	0,99977	0,00023		
40		307,6	3017,56			682704,9774	45	170955	0,99974	0,00026		
45		346,05	3394,75			768043,0995	50	170950	0,99971	0,00029		
50		384,5	3771,95			853381,2217	55	170945	0,99968	0,00032		
55		422,95	4149,14			938719,3439	60	170940	0,99965	0,00035		
60		461,4	4526,33			1024057,466	60	170940	0,99965	0,00035		
65		499,85	4903,53			1109395,588	60	170940	0,99965	0,00035		
70		538,3	5280,72			1194733,71	60	170940	0,99965	0,00035		
75		576,75	5657,92			1280071,833	62,5	170938	0,99963	0,00037		
80		615,2	6035,11			1365409,955	62,5	170938	0,99963	0,00037		
85		653,65	6412,31			1450748,077	62,5	170938	0,99963	0,00037		
90		692,1	6789,5			1536086,199	65	170935	0,99962	0,00038		
95		730,55	7166,7			1621424,321	65	170935	0,99962	0,00038		
100		769	7543,89			1706762,443	65	170935	0,99962	0,00038		
105		807,45	7921,08			1792100,566	65	170935	0,99962	0,00038		
110		845,9	8298,28			1877438,688	67,5	170933	0,99961	0,00039		
115		884,35	8675,47			1962776,81	67,5	170933	0,99961	0,00039		
120		922,8	9052,67			2048114,932	67,5	170933	0,99961	0,00039		
125		961,25	9429,86			2133453,054	67,5	170933	0,99961	0,00039		
130		999,7	9807,06			2218791,176	67,5	170933	0,99961	0,00039		

ε'	RGa EM N/m²
0	0
5,848E-05	85338,1
5,848E-05	170676
0,0001023	256014
0,0001316	341352
0,0001754	426691
0,0002193	512029
0,0002339	597367
0,0002632	682705
0,0002924	768043
0,0003216	853381
0,0003509	938719
0,0003509	1024057
0,0003509	1109396
0,0003509	1194734
0,0003655	1280072
0,0003655	1365410
0,0003655	1450748
0,0003801	1536086
0,0003801	1621424
0,0003801	1706762
0,0003801	1792101
0,0003947	1877439
0,0003947	1962777
0,0003947	2048115
0,0003947	2133453
0,0003947	2218791

0,00035088	938719,3
0,0003509	1024057
0,0003509	1109396
0,0003509	1194734
0,0003655	1280072
0,0003655	1365410
0,0003655	1450748
0,0003801	1536086
0,0003801	1621424
0,0003801	1706762
0,0003801	1792101
0,0003947	1877439
0,0003947	1962777
0,0003947	2048115
0,0003947	2133453
0,0003947	2218791

valor de m
2,2275E+10



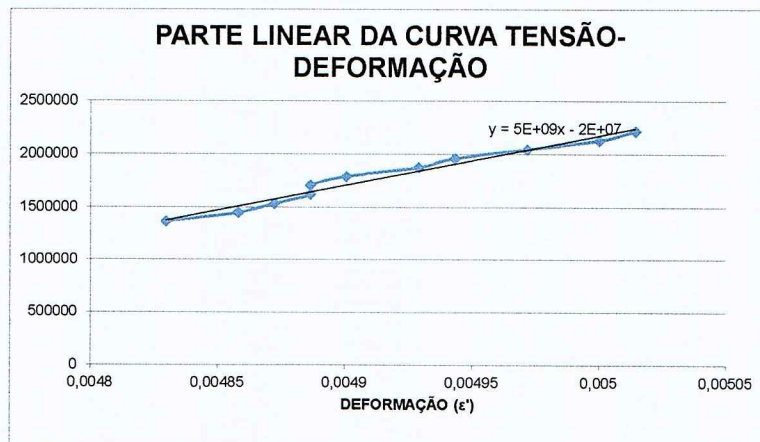
Laminito- Segundo teste com Amostra 3

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	176000	176000	1	0	03:42	27/out
5		38,45	377,195		85338,12217	242,5		175758	0,99862	0,00138		
10		76,9	754,389		170676,2443	360		175640	0,99795	0,00205		
15		115,35	1131,58		256014,3665	450		175550	0,99744	0,00256		
20		153,8	1508,78		341352,4887	510		175490	0,9971	0,0029		
25		192,25	1885,97		426690,6109	580		175420	0,9967	0,0033		
30		230,7	2263,17		512028,733	650		175350	0,99631	0,00369		
35		269,15	2640,36		597366,8552	682,5		175318	0,99612	0,00388		
40		307,6	3017,56		682704,9774	710		175290	0,99597	0,00403		
45		346,05	3394,75		768043,0995	740		175260	0,9958	0,0042		
50		384,5	3771,95		853381,2217	770		175230	0,99563	0,00438		
55		422,95	4149,14		938719,3439	787,5		175213	0,99553	0,00447		
60		461,4	4526,33		1024057,466	807,5		175193	0,99541	0,00459		
65		499,85	4903,53		1109395,588	820		175180	0,99534	0,00466		
70		538,3	5280,72		1194733,71	832,5		175168	0,99527	0,00473		
75		576,75	5657,92		1280071,833	840		175160	0,99523	0,00477		
80		615,2	6035,11		1365409,955	850		175150	0,99517	0,00483		
85		653,65	6412,31		1450748,077	855		175145	0,99514	0,00486		
90		692,1	6789,5		1536086,199	857,5		175143	0,99513	0,00487		
95		730,55	7166,7		1621424,321	860		175140	0,99511	0,00489		
100		769	7543,89		1706762,443	860		175140	0,99511	0,00489		
105		807,45	7921,08		1792100,566	862,5		175138	0,9951	0,0049		
110		845,9	8298,28		1877438,688	867,5		175133	0,99507	0,00493		
115		884,35	8675,47		1962776,81	870		175130	0,99506	0,00494		
120		922,8	9052,67		2048114,932	875		175125	0,99503	0,00497		
125		961,25	9429,86		2133453,054	880		175120	0,995	0,005		
130		999,7	9807,06		2218791,176	882,5		175118	0,99499	0,00501		

ε'	RGa EM N/m²
0	0
0,001378	85338,1
0,002045	170676
0,002557	256014
0,002898	341352
0,003295	426691
0,003693	512029
0,003878	597367
0,004034	682705
0,004205	768043
0,004375	853381
0,004474	938719
0,004588	1024057
0,004659	1109396
0,00473	1194734
0,004773	1280072
0,00483	1365410
0,004858	1450748
0,004872	1536086
0,004886	1621424
0,004886	1706762
0,004901	1792101
0,004929	1877439
0,004943	1962777
0,004972	2048115
0,005	2133453
0,005014	2218791

0,0048295	1365410
0,004858	1450748
0,004872	1536086
0,004886	1621424
0,004886	1706762
0,004901	1792101
0,004929	1877439
0,004943	1962777
0,004972	2048115
0,005	2133453
0,005014	2218791

valor de m
4,686E+09



Laminito- Segundo teste com Amostra 4

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ϵ	ϵ'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0,00442	0	0	157000	157000	1	1	0	03:12 27/out
5		38,45			85338,12217	0		157000	1	0		
10		76,9			170676,2443	10		156990	0,999936	6,37E-05		
15		115,35			256014,3665	30		156970	0,999809	0,000191		
20		153,8			341352,4887	47,6		156952,4	0,999697	0,000303		
25		192,25			426690,6109	70		156930	0,999554	0,000446		
30		230,7			512028,733	87,5		156912,5	0,999443	0,000557		
35		269,15			597366,8552	110		156890	0,999299	0,000701		
40		307,6			682704,9774	120		156880	0,999236	0,000764		
45		346,05			768043,0995	127,5		156872,5	0,999188	0,000812		
50		384,5			853381,2217	135		156865	0,99914	0,00086		
55		422,95			938719,3439	142,5		156857,5	0,999092	0,000908		
60		461,4			1024057,466	150		156850	0,999045	0,000955		
65		499,85			1109395,588	150		156850	0,999045	0,000955		
70		538,3			1194733,71	150		156850	0,999045	0,000955		
75		576,75			1280071,833	150		156850	0,999045	0,000955		
80		615,2			1365409,955	150		156850	0,999045	0,000955		
85		653,65			1450748,077	150		156850	0,999045	0,000955		
90		692,1			1536086,199	150		156850	0,999045	0,000955		
95		730,55			1621424,321	150		156850	0,999045	0,000955		
100		769			1706762,443	150		156850	0,999045	0,000955		
105		807,45			1792100,566	150		156850	0,999045	0,000955		
110		845,9			1877438,688	150		156850	0,999045	0,000955		
115		884,35			1962776,81	150		156850	0,999045	0,000955		
120		922,8			2048114,932	150		156850	0,999045	0,000955		
125		961,25			2133453,054	150		156850	0,999045	0,000955		
130		999,7			2218791,176	150		156850	0,999045	0,000955		

ϵ'	RGD EM N/m²
0	0
0	85338,12
6,4E-05	170676,2
0,00019	256014,4
0,0003	341352,5
0,00045	426690,6
0,00056	512028,7
0,0007	597366,9
0,00076	682705
0,00081	768043,1
0,00086	853381,2
0,00091	938719,3
0,00096	1024057
0,00096	1109396
0,00096	1194734
0,00096	1280072
0,00096	1365410
0,00096	1450748
0,00096	1536086
0,00096	1621424
0,00096	1706762
0,00096	1792101
0,00096	1877439
0,00096	1962777
0,00096	2048115
0,00096	2133453
0,00096	2218791



0,00096	1024057
0,00096	1109396
0,00096	1194734
0,00096	1280072
0,00096	1365410
0,00096	1450748
0,00096	1536086
0,00096	1621424
0,00096	1706762
0,00096	1792101
0,00096	1877439
0,00096	1962777
0,00096	2048115
0,00096	2133453
0,00096	2218791



Laminito- Segundo teste com Amostra 5

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf		CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA	
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	0	171000	171000	1	1	0	02:30	27/out
5		38,45		377,195		85338,12217	17,5		170983	0,9999		0,0001		
10		76,9		754,389		170676,2443	20		170980	0,99988		0,00012		
15		115,35		1131,58		256014,3665	27,5		170973	0,99984		0,00016		
20		153,8		1508,78		341352,4887	35		170965	0,9998		0,0002		
25		192,25		1885,97		426690,6109	45		170955	0,99974		0,00026		
30		230,7		2263,17		512028,733	52,5		170948	0,99969		0,00031		
35		269,15		2640,36		597366,8552	57,5		170943	0,99966		0,00034		
40		307,6		3017,56		682704,9774	60		170940	0,99965		0,00035		
45		346,05		3394,75		768043,0995	67,5		170933	0,99961		0,00039		
50		384,5		3771,95		853381,2217	70		170930	0,99959		0,00041		
55		422,95		4149,14		938719,3439	70		170930	0,99959		0,00041		
60		461,4		4526,33		1024057,466	70		170930	0,99959		0,00041		
65		499,85		4903,53		1109395,588	70		170930	0,99959		0,00041		
70		538,3		5280,72		1194733,71	70		170930	0,99959		0,00041		
75		576,75		5657,92		1280071,833	70		170930	0,99959		0,00041		
80		615,2		6035,11		1365409,955	70		170930	0,99959		0,00041		
85		653,65		6412,31		1450748,077	70		170930	0,99959		0,00041		
90		692,1		6789,5		1536086,199	70		170930	0,99959		0,00041		
95		730,55		7166,7		1621424,321	70		170930	0,99959		0,00041		
100		769		7543,89		1706762,443	70		170930	0,99959		0,00041		
105		807,45		7921,08		1792100,566	70		170930	0,99959		0,00041		
110		845,9		8298,28		1877438,688	70		170930	0,99959		0,00041		
115		884,35		8675,47		1962776,81	70		170930	0,99959		0,00041		
120		922,8		9052,67		2048114,932	70		170930	0,99959		0,00041		
125		961,25		9429,86		2133453,054	70		170930	0,99959		0,00041		
130		999,7		9807,06		2218791,176	70		170930	0,99959		0,00041		

ε'	RGA EM N/m²
0	0
0,0001	85338,1
0,00012	170676
0,00016	256014
0,0002	341352
0,00026	426691
0,00031	512029
0,00034	597367
0,00035	682705
0,00039	768043
0,00041	853381
0,00041	938719
0,00041	1024057
0,00041	1109396
0,00041	1194734
0,00041	1280072
0,00041	1365410
0,00041	1450748
0,00041	1536086
0,00041	1621424
0,00041	1706762
0,00041	1792101
0,00041	1877439
0,00041	1962777
0,00041	2048115
0,00041	2133453
0,00041	2218791

0,00041	853381
0,00041	938719
0,00041	1024057
0,00041	1109396
0,00041	1194734
0,00041	1280072
0,00041	1365410
0,00041	1450748
0,00041	1536086
0,00041	1621424
0,00041	1706762
0,00041	1792101
0,00041	1877439
0,00041	1962777
0,00041	2048115
0,00041	2133453
0,00041	2218791

valor de m



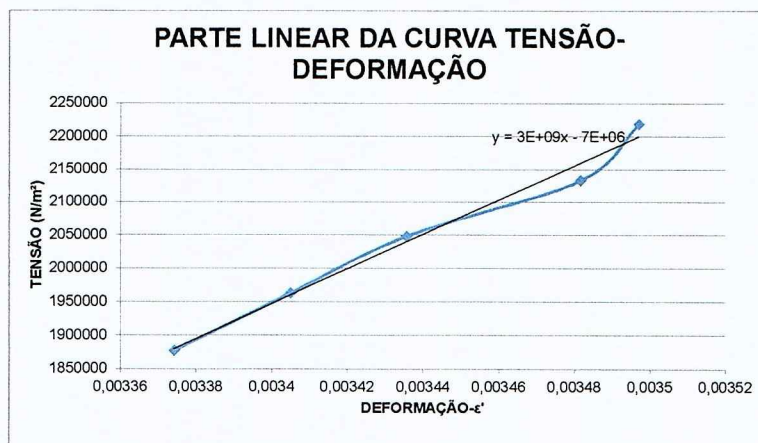
Laminito- Segundo teste com Amostra 6

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREÇÃO (o valor de cada micron em Kgf) 7,69	CARGA EM Kg	CARGA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0		0	9,81	0	0,00442	0	163000	163000	1	1	0	04:07 27/out
5		38,45	377,195		85338,12217	75		162925	0,99954		0,00046	
10		76,9	754,389		170676,2443	140		162860	0,99914		0,00086	
15		115,35	1131,58		256014,3665	142,5		162858	0,99913		0,00087	
20		153,8	1508,78		341352,4887	245		162755	0,9985		0,0015	
25		192,25	1885,97		426690,6109	285		162715	0,99825		0,00175	
30		230,7	2263,17		512028,733	312,5		162688	0,99808		0,00192	
35		269,15	2640,36		597366,8552	337,5		162663	0,99793		0,00207	
40		307,6	3017,56		682704,9774	360		162640	0,99779		0,00221	
45		346,05	3394,75		768043,0995	380		162620	0,99767		0,00233	
50		384,5	3771,95		853381,2217	397,5		162603	0,99756		0,00244	
55		422,95	4149,14		938719,3439	417,5		162583	0,99744		0,00256	
60		461,4	4526,33		1024057,466	437,5		162563	0,99732		0,00268	
65		499,85	4903,53		1109395,588	450		162550	0,99724		0,00276	
70		538,3	5280,72		1194733,71	465		162535	0,99715		0,00285	
75		576,75	5657,92		1280071,833	480		162520	0,99706		0,00294	
80		615,2	6035,11		1365409,955	492,5		162508	0,99698		0,00302	
85		653,65	6412,31		1450748,077	502,5		162498	0,99692		0,00308	
90		692,1	6789,5		1536086,199	515		162485	0,99684		0,00316	
95		730,55	7166,7		1621424,321	525		162475	0,99678		0,00322	
100		769	7543,89		1706762,443	532,5		162468	0,99673		0,00327	
105		807,45	7921,08		1792100,566	540		162460	0,99669		0,00331	
110		845,9	8298,28		1877438,688	550		162450	0,99663		0,00337	
115		884,35	8675,47		1962776,81	555		162445	0,9966		0,0034	
120		922,8	9052,67		2048114,932	560		162440	0,99656		0,00344	
125		961,25	9429,86		2133453,054	567,5		162433	0,99652		0,00348	
130		999,7	9807,06		2218791,176	570		162430	0,9965		0,0035	

ϵ'	RGA EM N/m²
0	0
0,00046012	85338,1
0,0008589	170676
0,00087423	256014
0,00150307	341352
0,00174847	426691
0,00191718	512029
0,00207055	597367
0,00220859	682705
0,00233129	768043
0,00243865	853381
0,00256135	938719
0,00268405	1024057
0,00276074	1109396
0,00285276	1194734
0,00294479	1280072
0,00302147	1365410
0,00308282	1450748
0,00315951	1536086
0,00322086	1621424
0,00326687	1706762
0,00331288	1792101
0,00337423	1877439
0,00340491	1962777
0,00343558	2048115
0,0034816	2133453
0,00349693	2218791

0,00337423	1877439
0,00340491	1962777
0,00343558	2048115
0,0034816	2133453
0,00349693	2218791

valor de m
2608146359





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 1 o
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

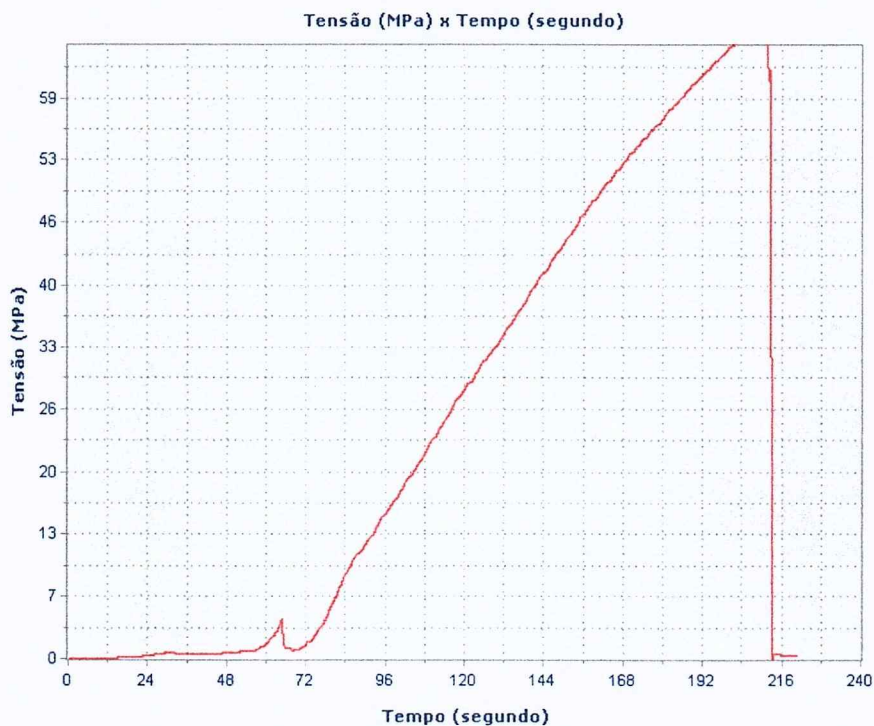
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 1 o
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 68,2(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 2 o
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

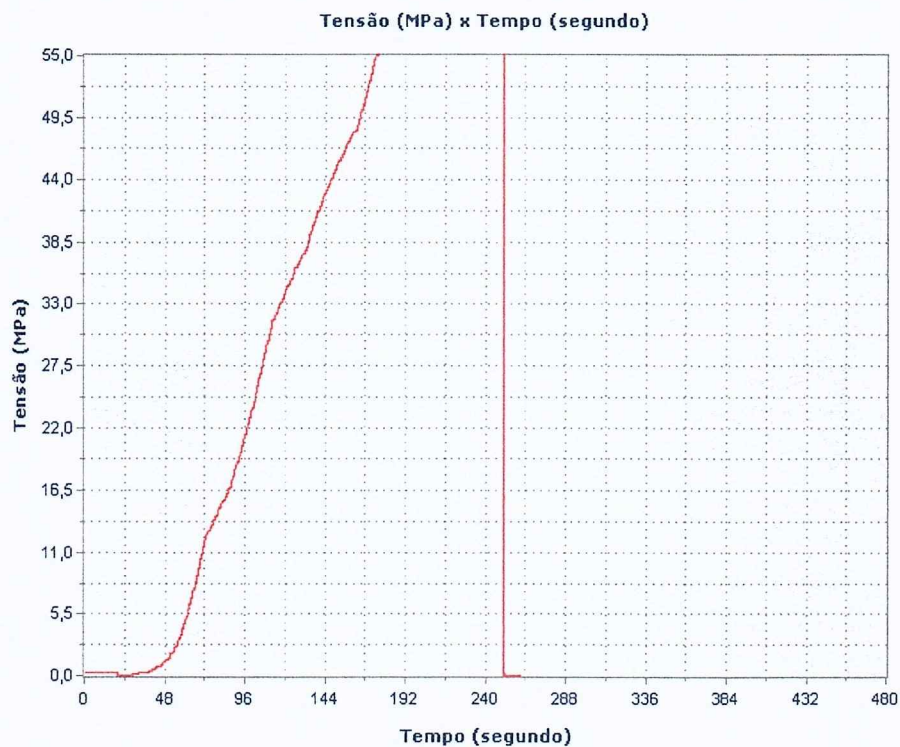
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 2 o
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 81,3(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 3 o
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

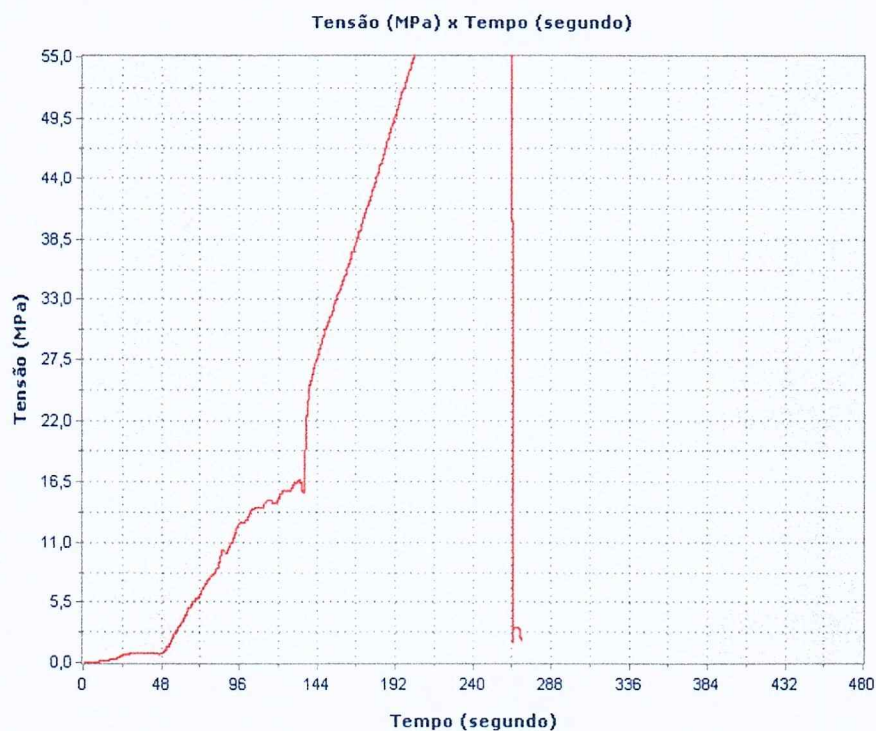
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 3 o
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 78,1(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 4 o
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 4 o
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 33,6(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 5 o
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

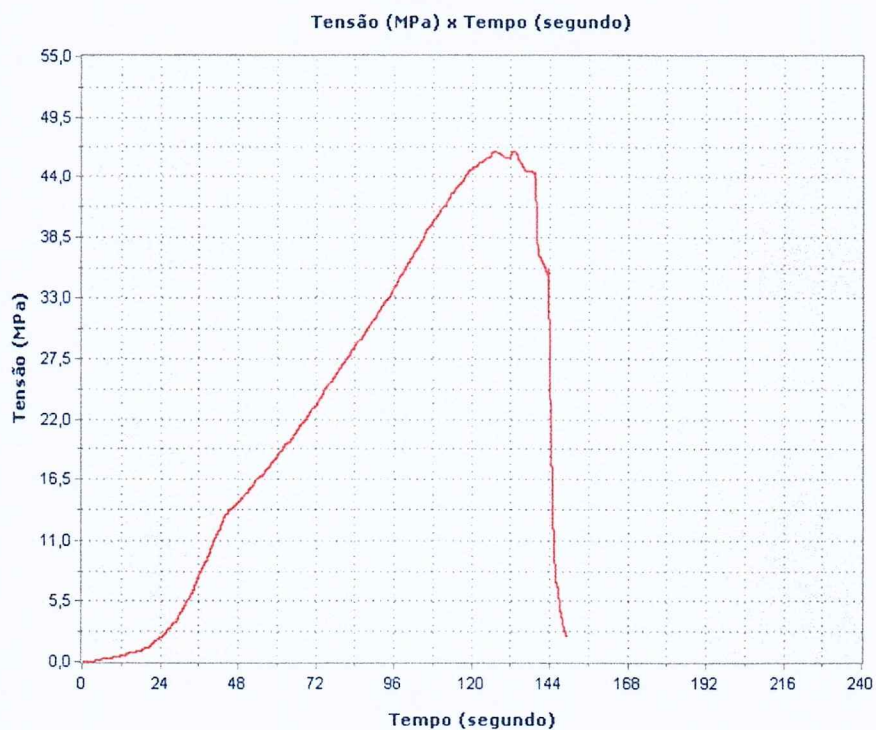
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 5 o
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 46,4(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 6 o
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

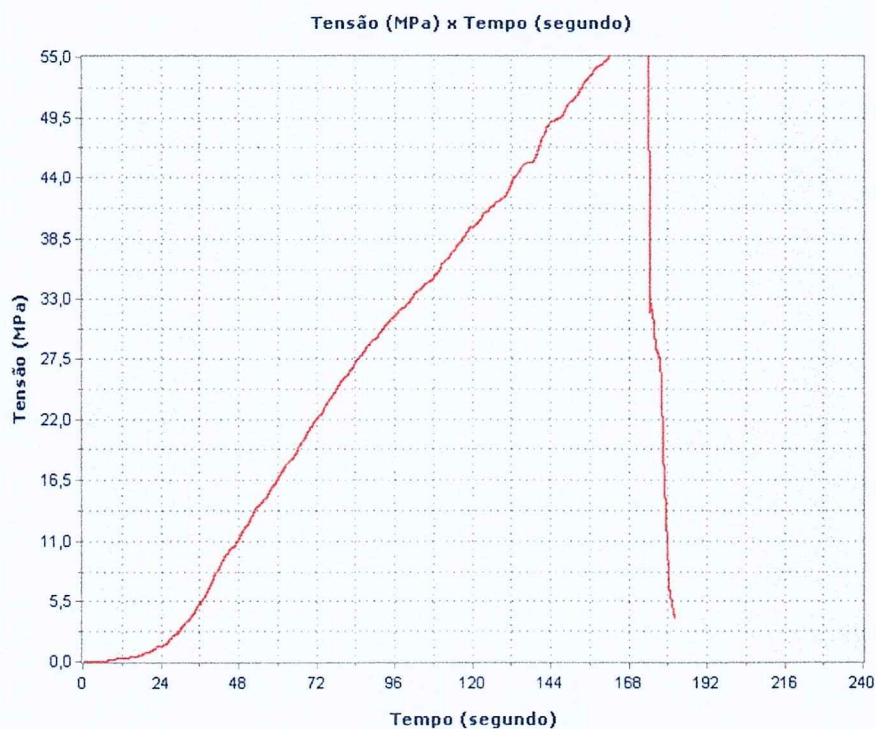
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 6 o
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 58,4(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 7 o
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

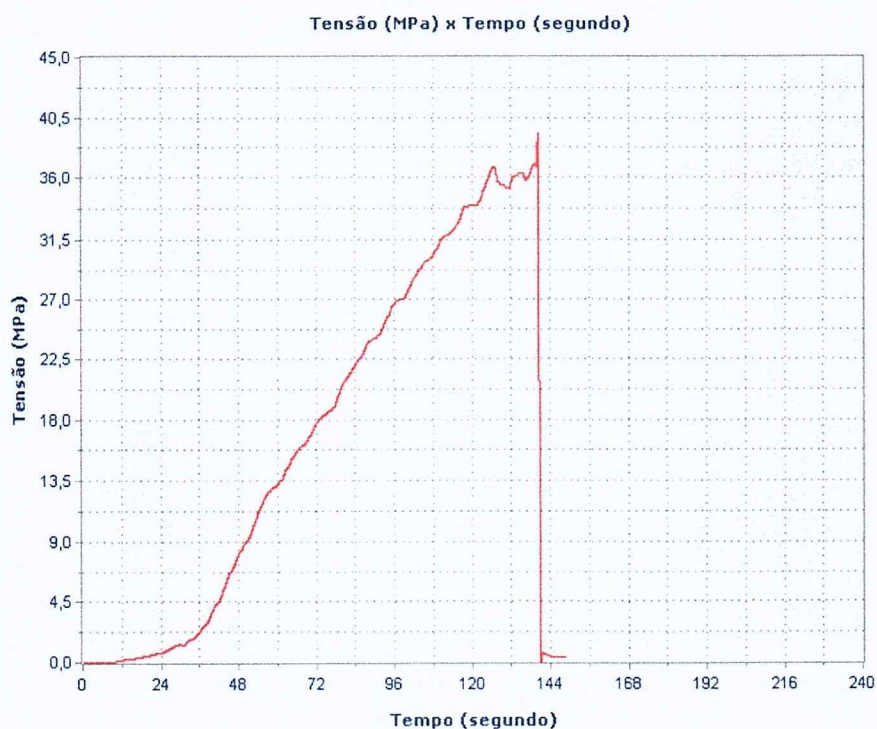
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 7 o
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 37,0(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 8 o
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

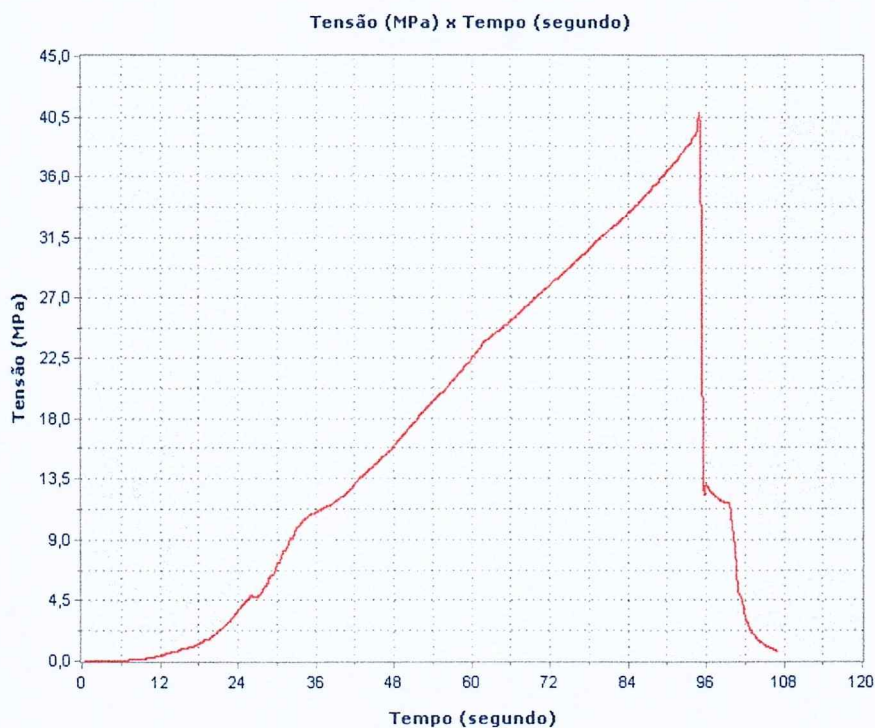
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 8 o
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 39,1(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 11 o
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

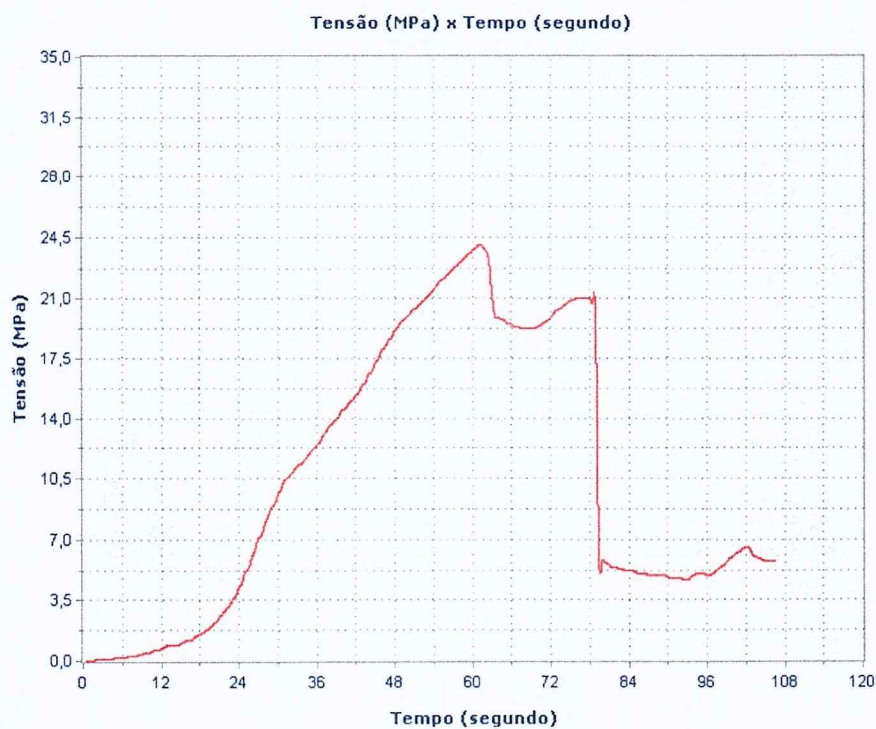
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 11 o
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 24,1(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 12 o
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

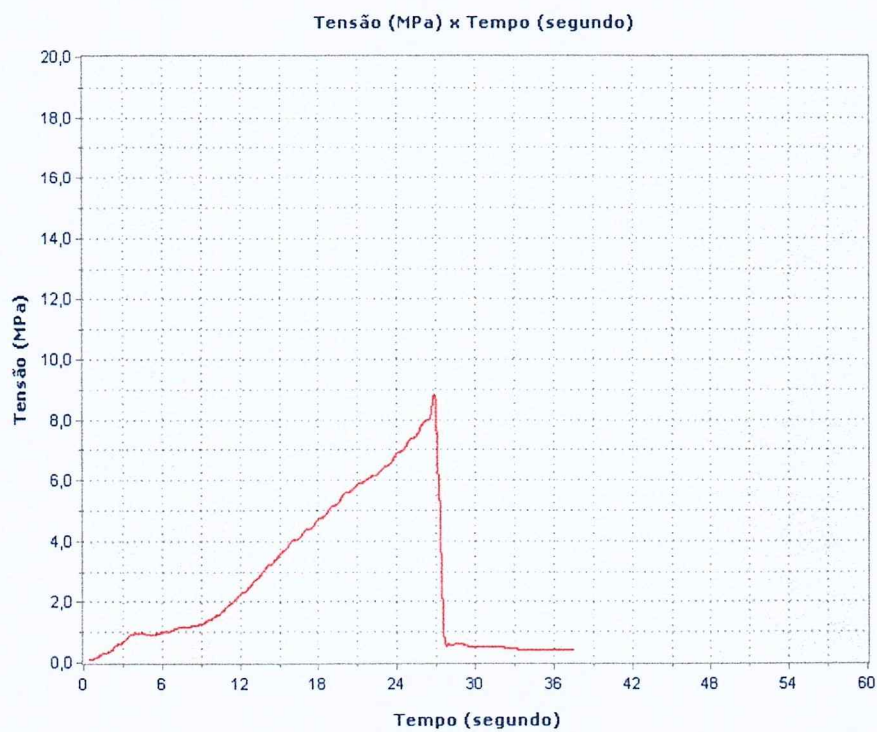
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 12 o
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 8,4(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 13 o
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

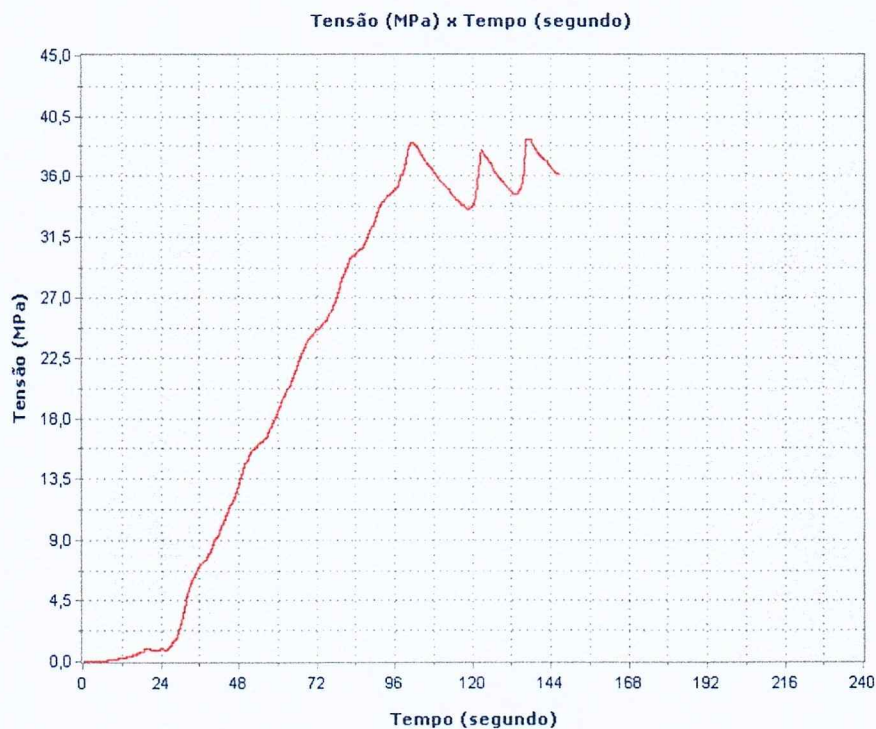
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 13 o
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 38,8(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 1[]
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 31 outubro, 2016

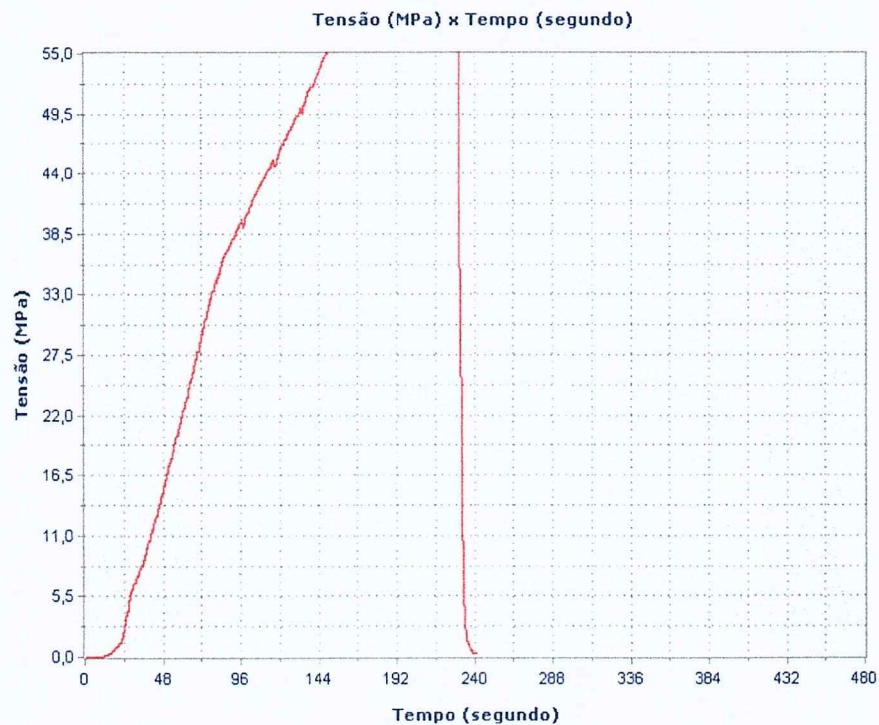
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 1[]
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 74,5(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 2[]
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 30 outubro, 2016

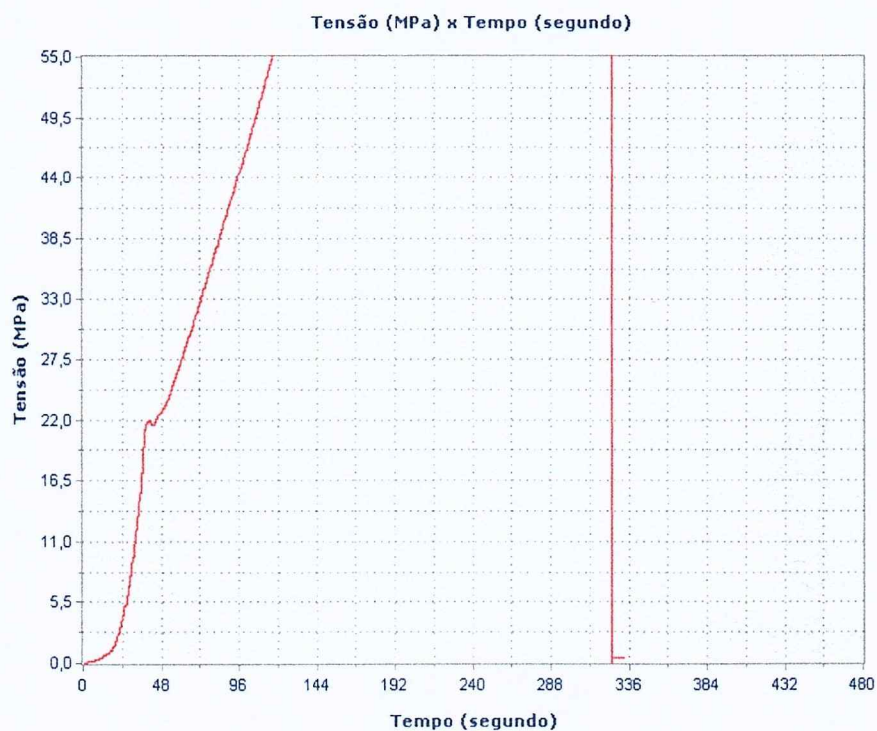
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 2[]
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 140,6(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 3[]
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 30 outubro, 2016

Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 3[]
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 88,1(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 4[]
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 30 outubro, 2016

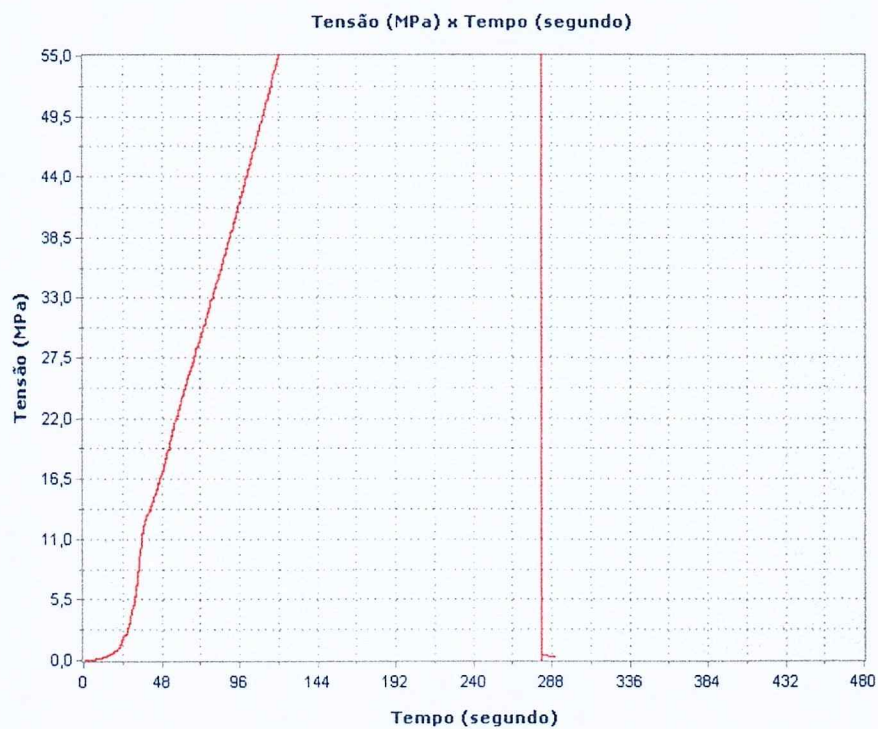
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 4[]
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 126,0(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 5[]
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 31 outubro, 2016

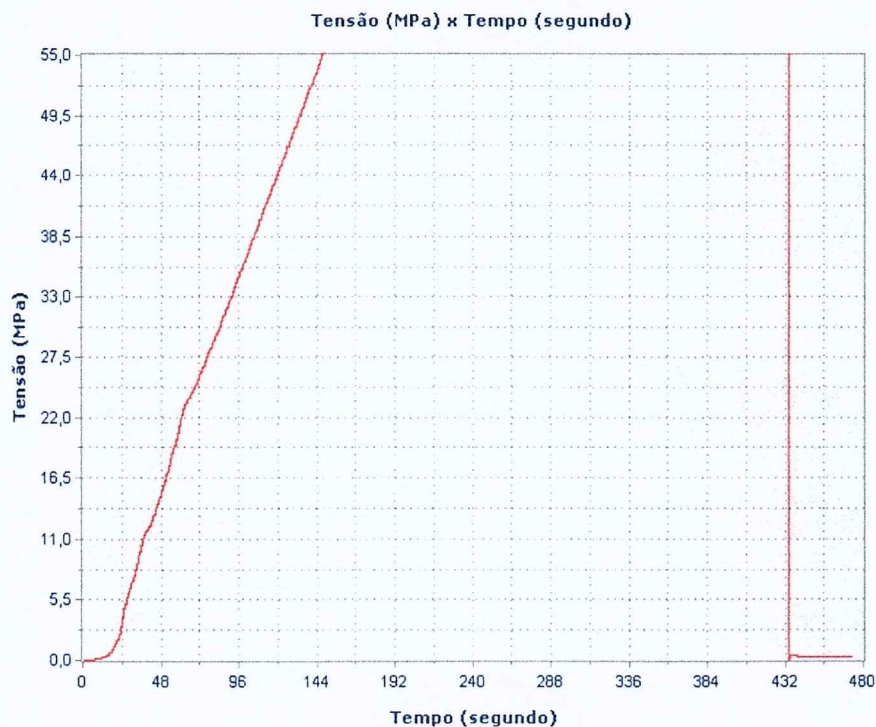
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 5[]
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 155,8(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 11[]
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 31 outubro, 2016

Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 11[]
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 71,6(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 12[]
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 31 outubro, 2016

Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 12[]
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 99,9(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 13[]
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 31 outubro, 2016

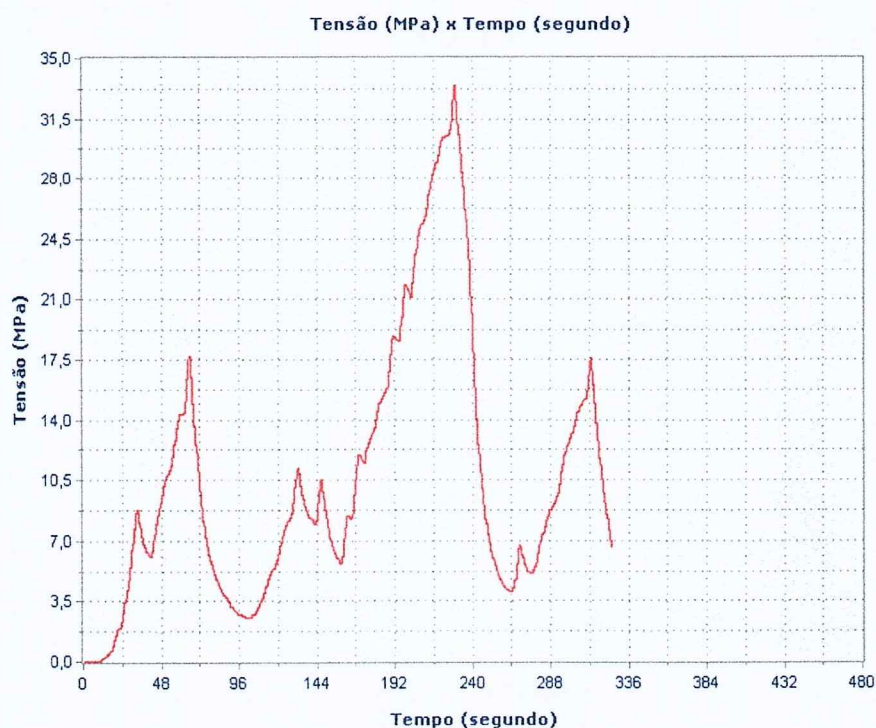
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 13[]
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 33,4(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 14[]
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 31 outubro, 2016

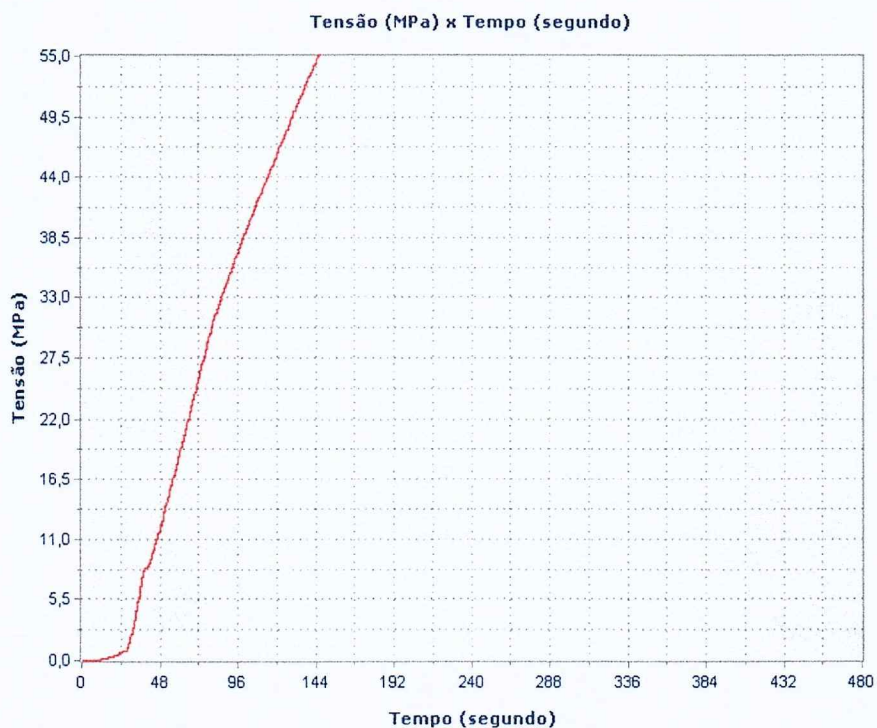
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 14[]
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 111,1(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 15[]
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 31 outubro, 2016

Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 15[]
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 85,1(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 1 =
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

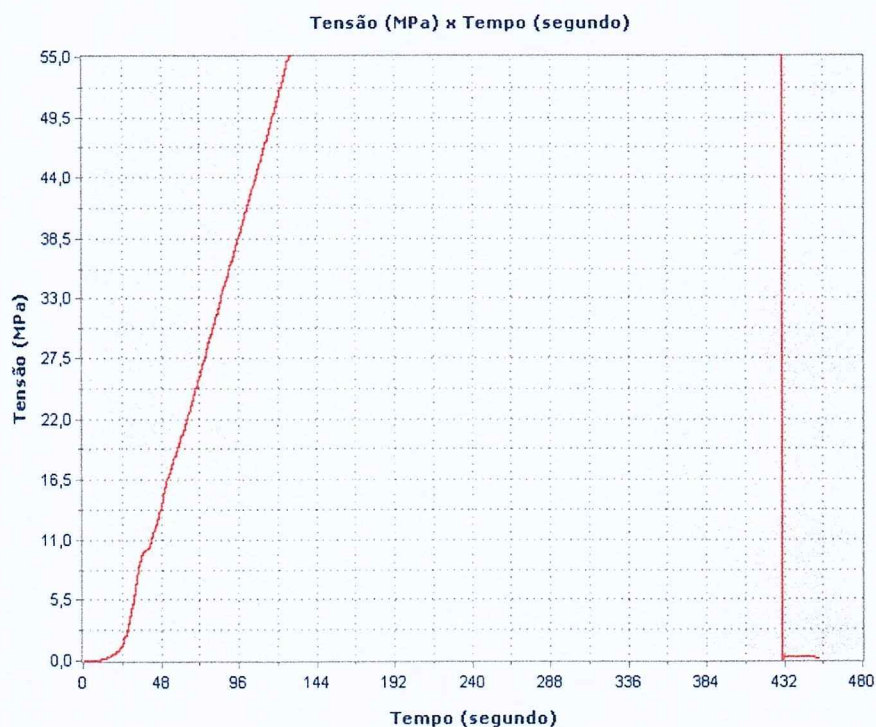
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 1 =
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 164,9(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 2=
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 30 outubro, 2016

Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 2=
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 126,4(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 3=
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

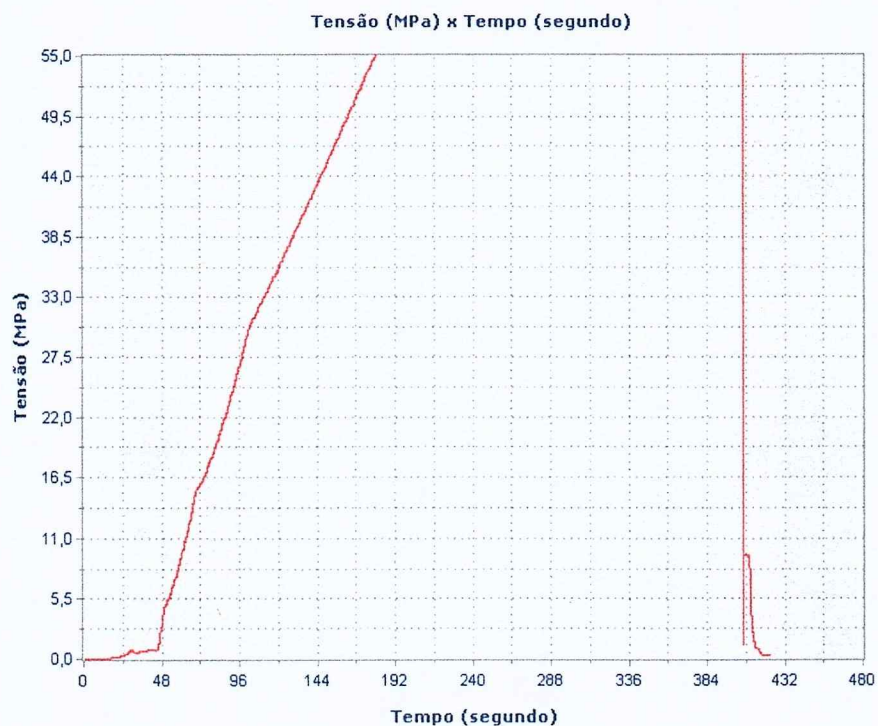
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 3=
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 134,8(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 4=
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 30 outubro, 2016

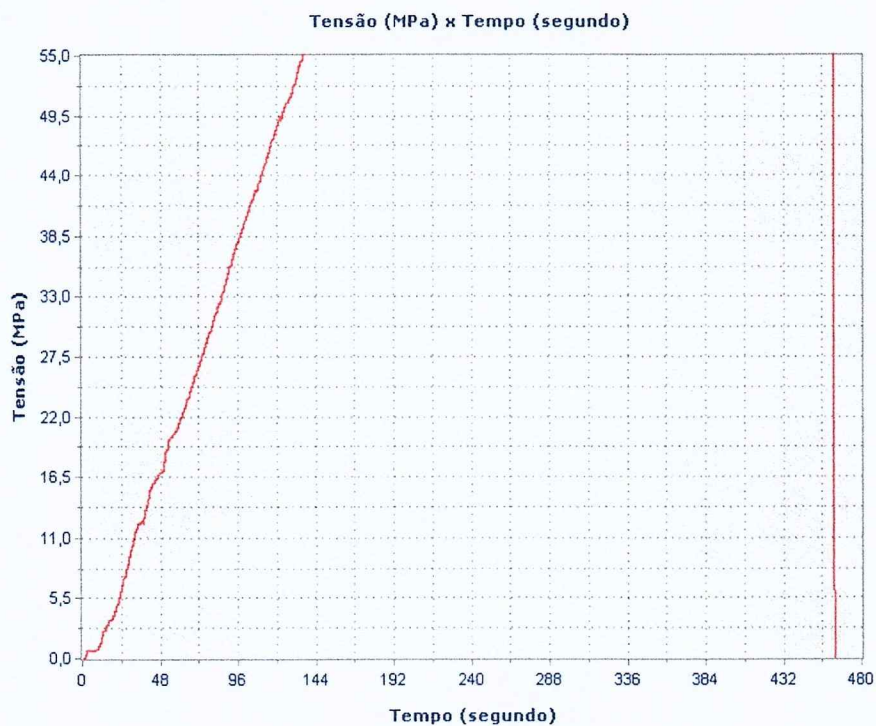
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 4=
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 159,5(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 5=
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 30 outubro, 2016

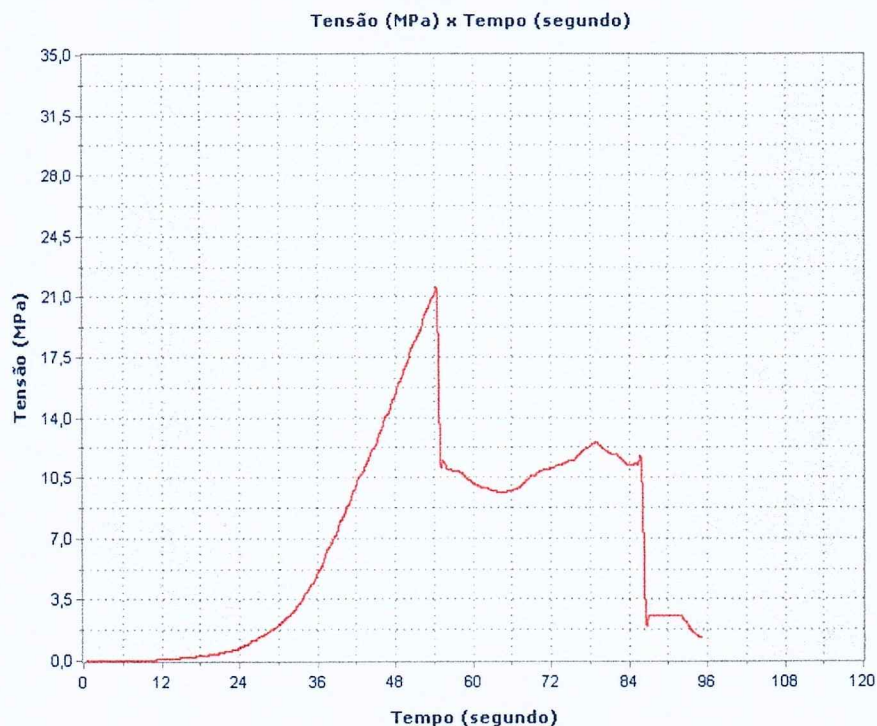
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 5=
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 21,0(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 1x
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável:
Data Moldagem: 30 outubro, 2016

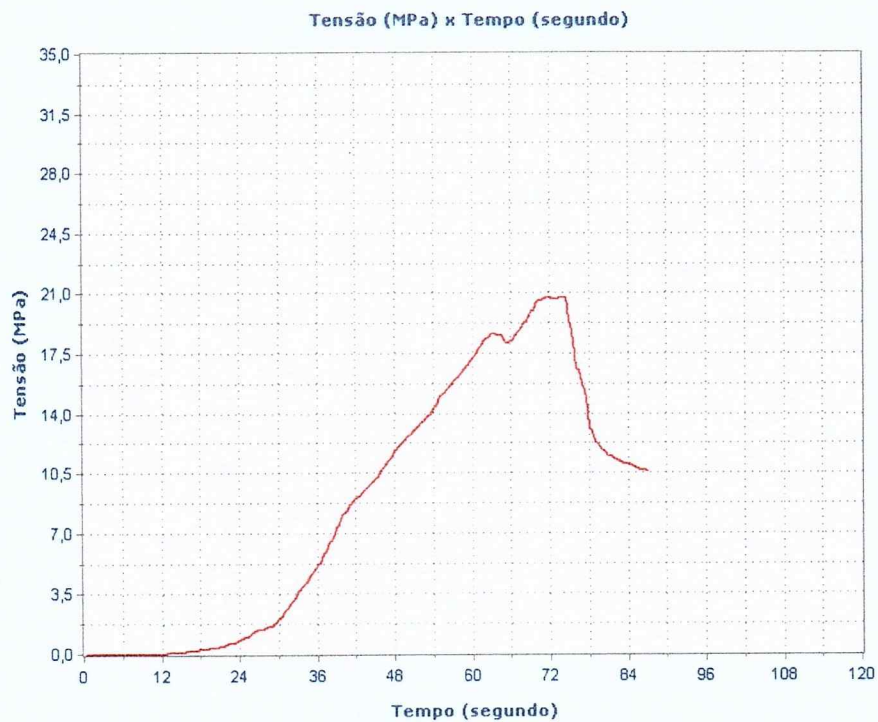
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 1x
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 20,8(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 2x
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 30 outubro, 2016

Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 2x
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 28,9(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 3x
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 30 outubro, 2016

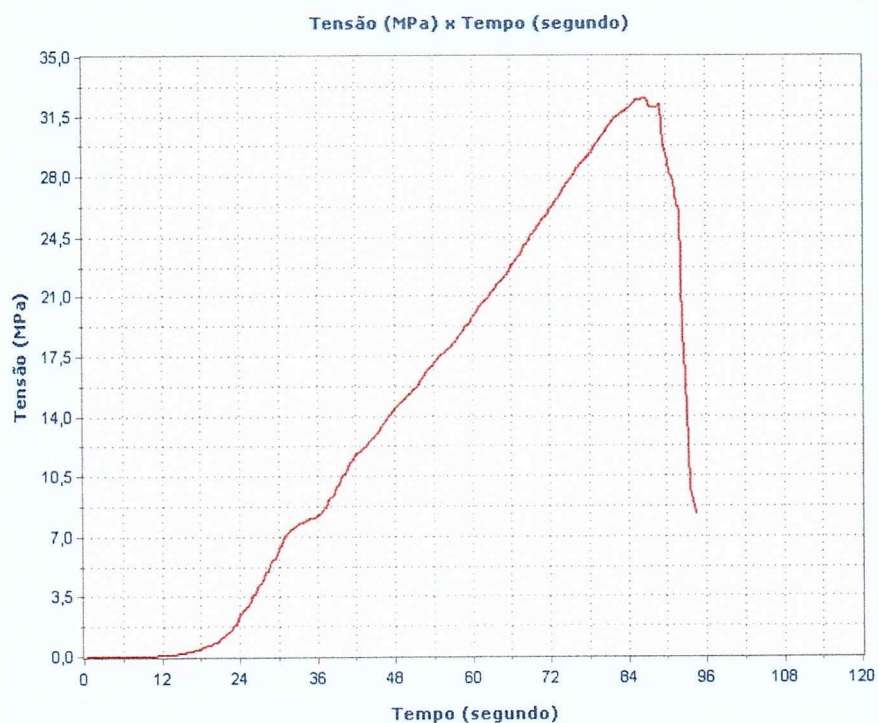
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 3x
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 32,5(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 4x
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 30 outubro, 2016

Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 4x
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 90,8(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 2+
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 30 outubro, 2016

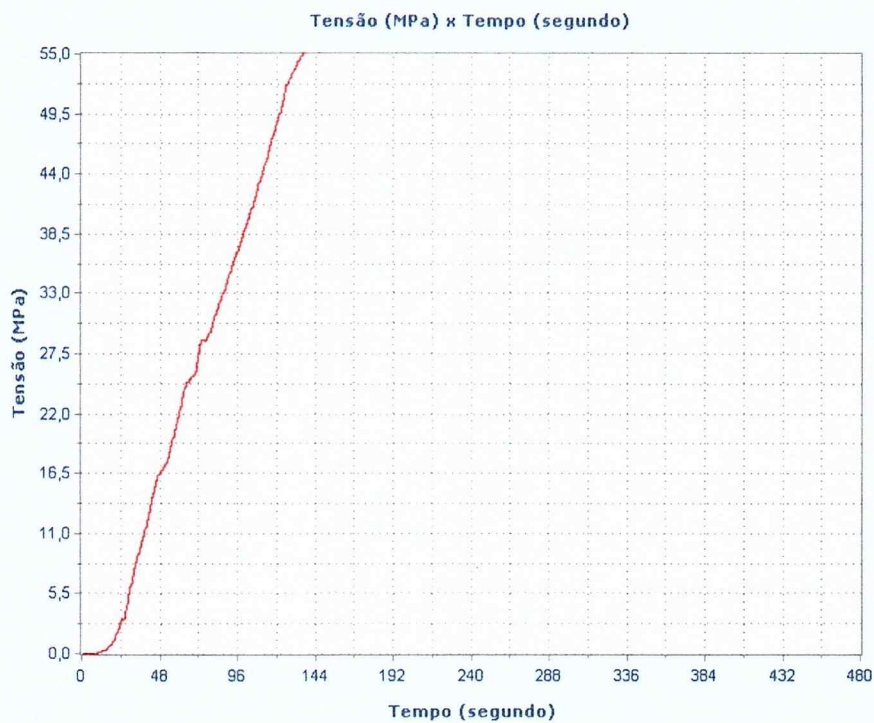
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 2+
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 219,9(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 1+
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 30 outubro, 2016

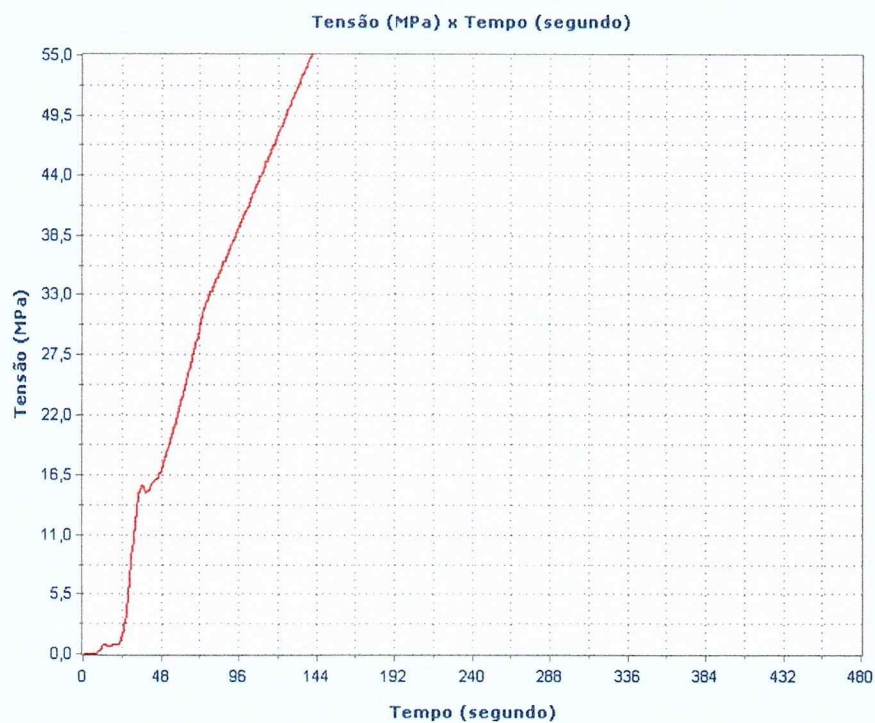
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 1+
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 187,3(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 3+
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 30 outubro, 2016

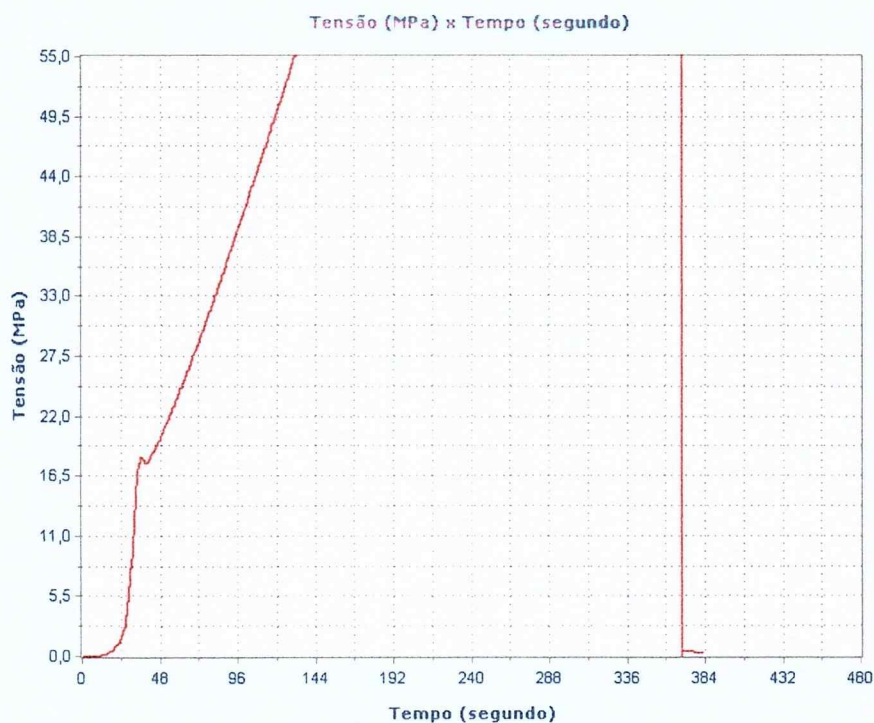
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 3+
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 162,3(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 1
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

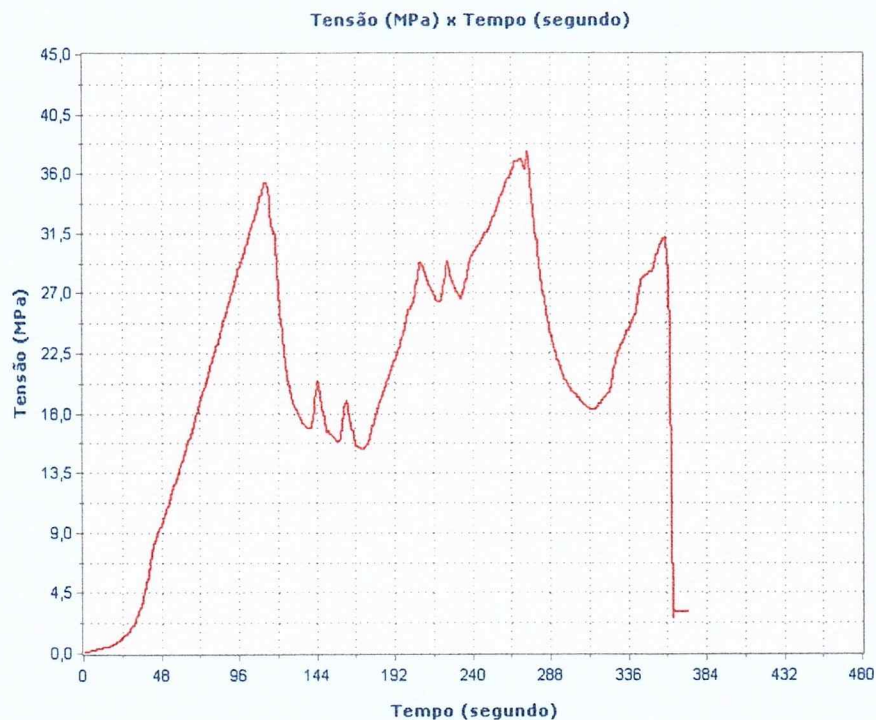
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 1
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 37,7(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 2
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

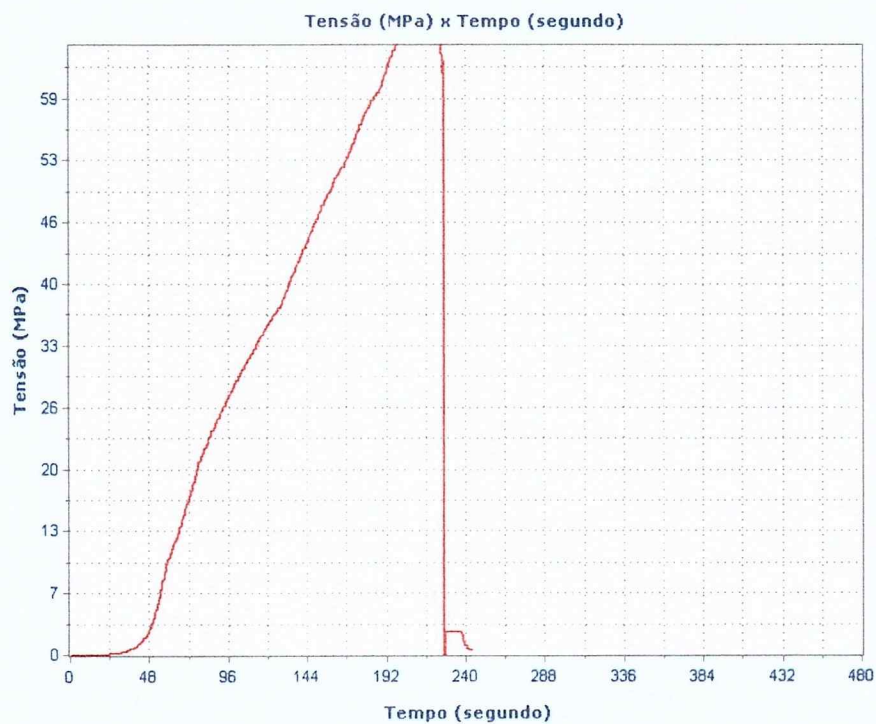
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 2
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 74,9(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 3
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

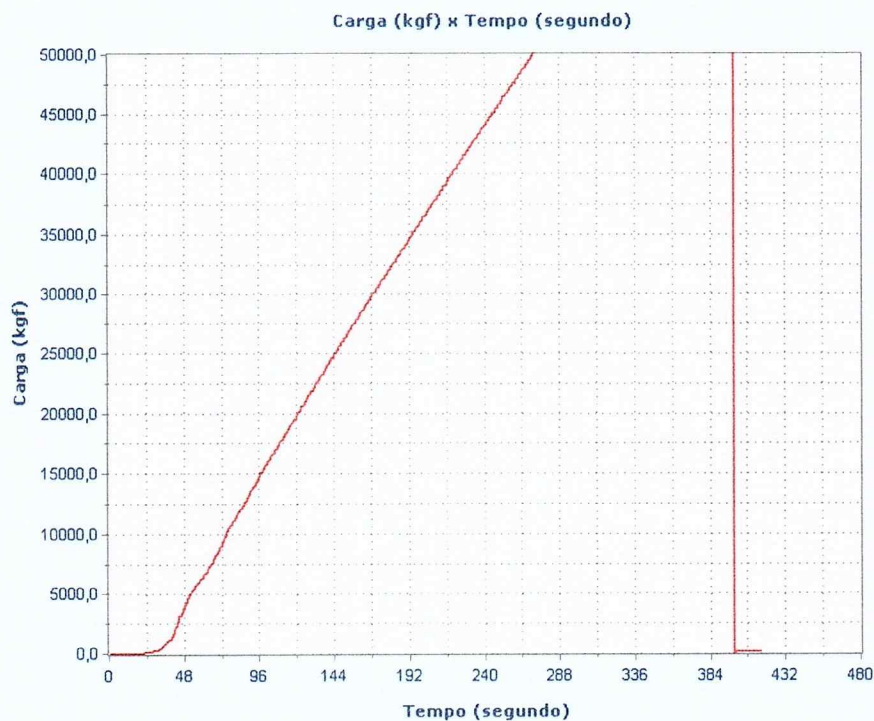
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 3
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 155,4(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 5
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

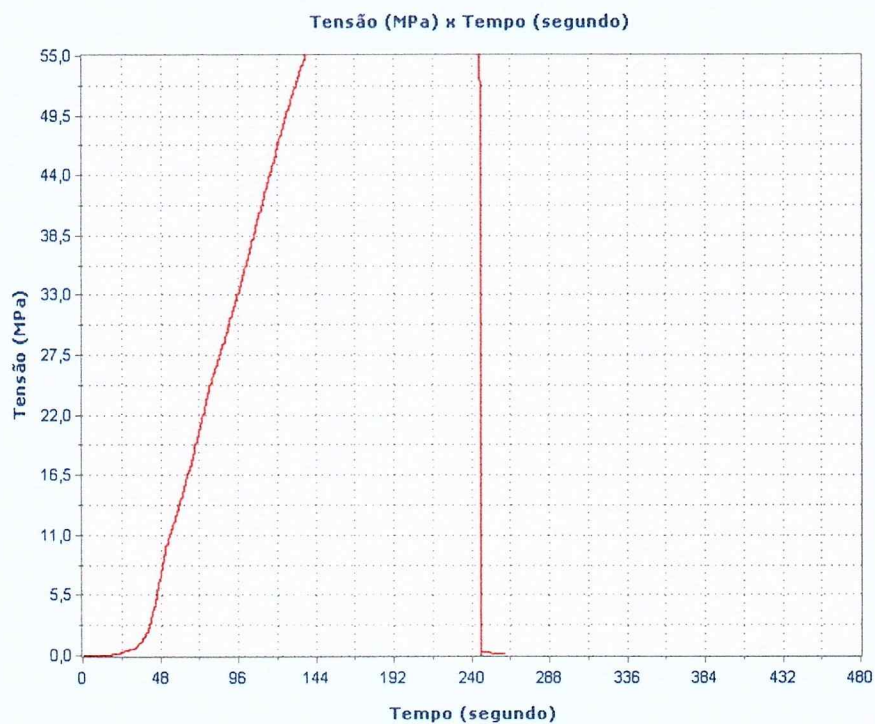
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 5
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 96,8(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado





NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

Dados cadastrais da amostra

Nome Amostra: 7
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável::
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 7
Idade: 1(dias)

Resultados do ensaio realizado

Tensão Ruptura: 33,4(MPa)
Tipo Ruptura:

Gráfico do ensaio realizado

