

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

Felipe M. de Souza

Orientador: Francisco de Assis Cavallaro

F. 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 duvidas.

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 Ensaios na prensa hidráulica	23
VI. 3. 2 Ensaios 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, consequentemente, 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 subsequentemente 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).

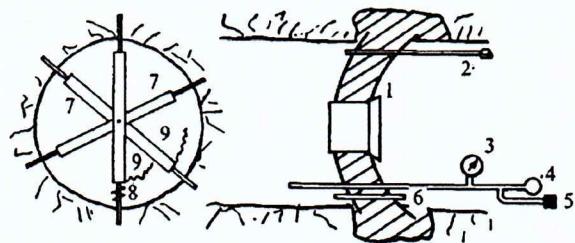


Fig. 1- Esquema de teste para medir o módulo de elasticidade com água sob pressão em galeria (Jaeger, 1979).

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/m² (1N/m² = 1Pa), sendo que Newton é a unidade definida como a força necessária para acelerar 1Kg à 1m/s² (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/m². 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 da 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.

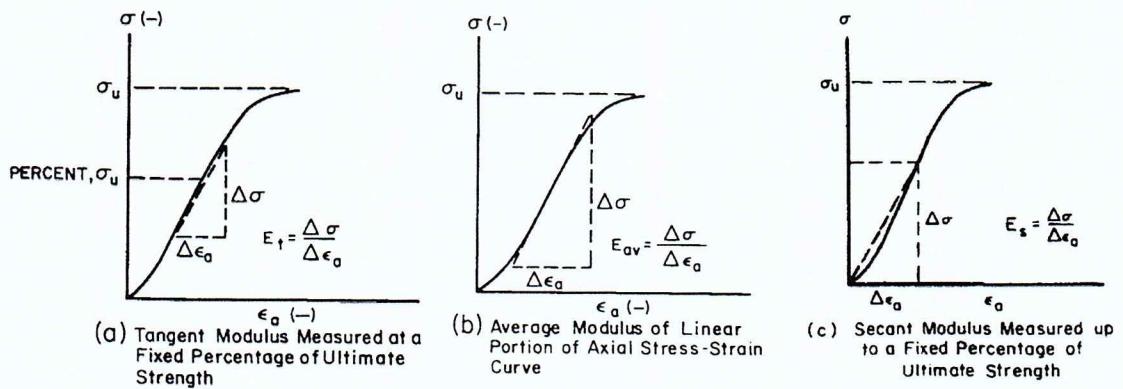


Fig. 2- (a) Módulo de elasticidade calculado graficamente pela tangente medida a uma porcentagem fixa do módulo de ruptura (normalmente utilizando-se 50% da tensão de ruptura). (b) Módulo de elasticidade calculado graficamente pela média da parte linear da curva tensão-deformação. (c) Módulo de elasticidade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

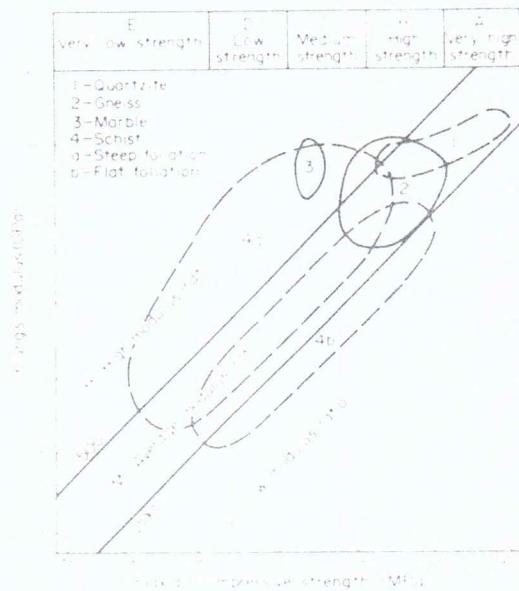


Fig. 3- Gráfico módulo de ruptura versus módulo de elasticidade para diferentes tipos de rocha (Pells, 1993).

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 significante 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).

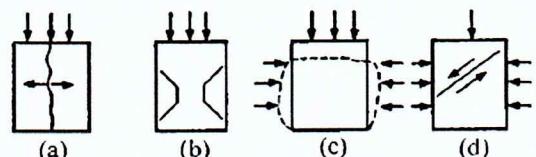
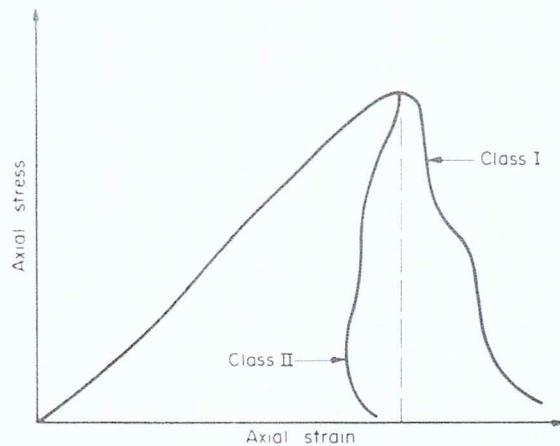


Fig. 4- Tipos de rompimento de material rochoso (a) tensional; (b) rompimento cisalhante; (c) deformação viscoplástica; (d) cisalhamento ao longo de fratura (Jaeger, 1979).

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 Bieiański, 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 significante 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) Class		Description	Ultimate compressive strength (lb/in ²)	
A	very high strength	32 000	32000 lb/in ² = 220,63MPa	
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.

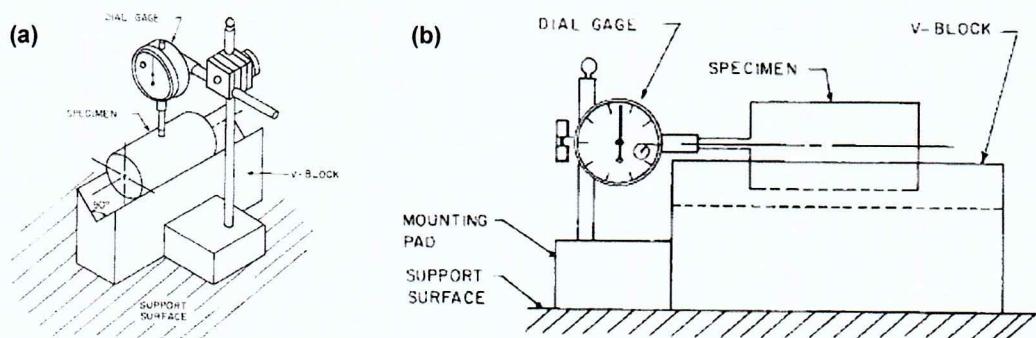


Fig. 6: (a) Configuração para se medir/determinar a nívelção da lateral da amostra. (b) Configuração para determinação da condição planar da base do corpo de prova e se o mesmo é perpendicular à lateral (ASTM, 2001).

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, calcáreos 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).

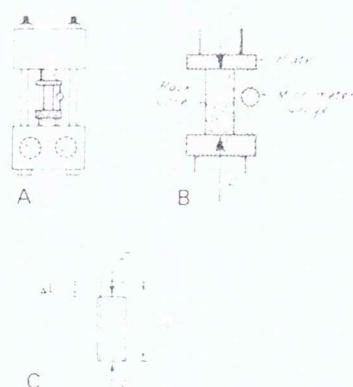


Fig. 7- A. Máquina de compressão (prensa). B. Medidor micrométrico (*Micrometer Gauge*) para medir a deformação. C. Esquema de deformação da rocha (Johnson, 1970, apud Rahn, 1986).

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 entre 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 entre 5 a 10 minutos). A tensão máxima deve ser registrada em Newtons, lembrando que $1\text{N}/\text{m}^2 = 1\text{Pa}$, 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 significante levando a uma ruptura prematura; superfícies não paralelas tendo um leve efeito conduzindo a uma ruptura prematura; razão comprimento diâmetro muito pequena tenho 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).

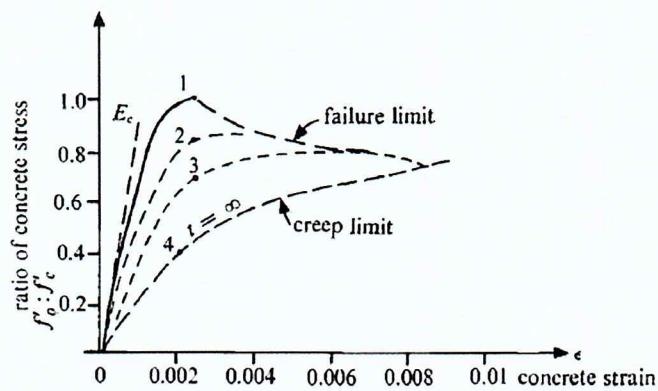


Fig. 8- Influência do tempo de aplicação de carga nos módulos de elasticidade e ruptura em concreto. (1) $t = 20\text{min}$; (2) $t = 100\text{min}$; (3) $t = 7\text{ dias}$; (4) $t = \infty$ (Ruesch, 1960, apud Jaeger, 1979).

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° .

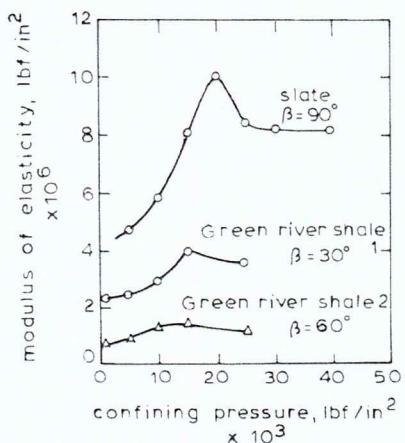


Fig. 9- Variação do módulo de elasticidade (ordenada) sob diferentes pressões confinantes (abscissa). β é o ângulo de orientação de camadas com a direção de tensão principal (Gray, 1967, apud Lama e Vutukuri, 1978).

V. 5. 2 Módulo de ruptura

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

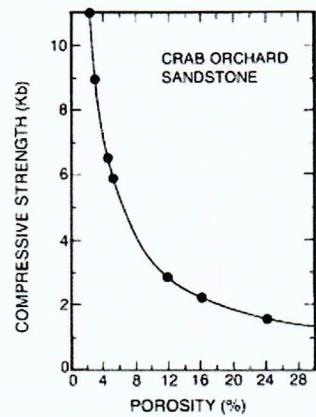


Fig. 10- Gráfico módulo de ruptura (ordenada) por porosidade (abscissa) para arenito (Dunn et. Al, 1973, apud Nelson, 2001).

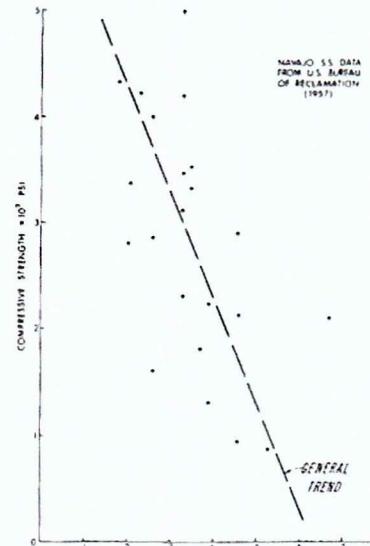
Granulometria: Em rochas clásticas bem selecionadas, a resistência aumenta com a diminuição da granulometria. Isto é devido ao fato de que se considerarmos a rocha como um agregado de grãos de esferas uniformes, esferas menores terão mais contatos entre bordas de grãos por unidade de volume (Brace, 1961,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

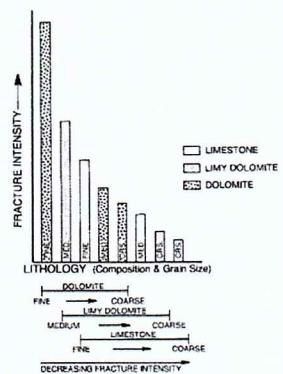


Fig. 12- Histograma mostrando a intensidade do faturamento tectônico (ordenadas) em função da litologia e granulometria (abscissa) (Modificado de Sinclair, 1980, apud Nelson, 2001).

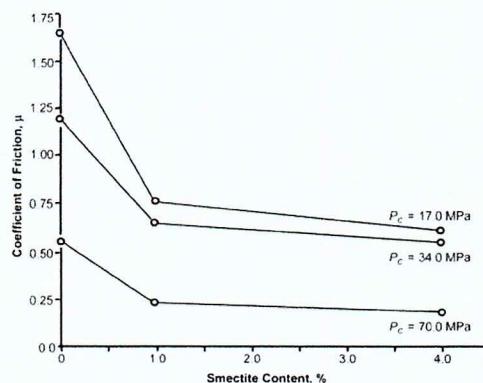
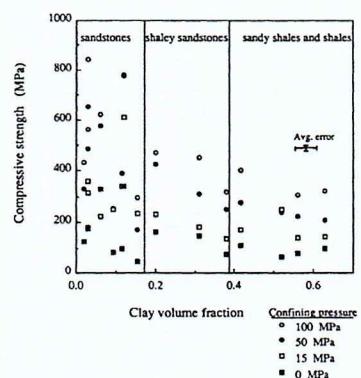


Fig. 13- Coeficiente de atrito por porcentagem de esmectita no Giz de Austin (Corbett *et al.*, 1987, apud PetroWiki).

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.

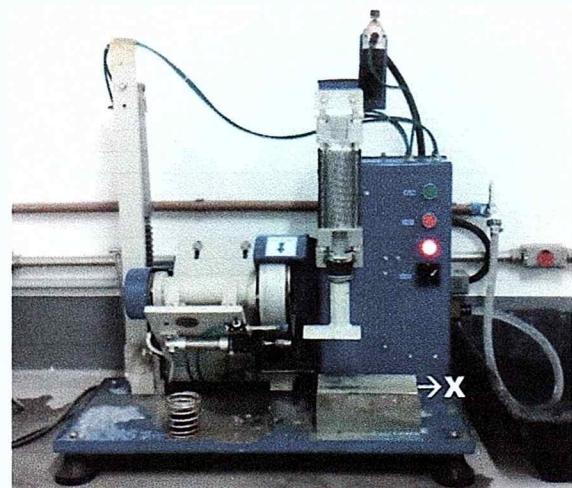


Fig. 15- Serra utilizada para polir e tornar ortogonal as bases do corpo de prova. O bloco em V encontra-se indicado (X).

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 enquadram 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:

Gnaisse ultramylonítico: 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 Jundiaí.

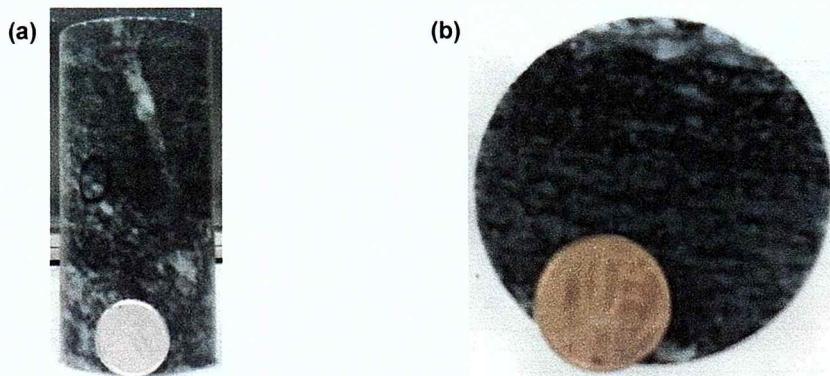


Fig. 16- Gnaisse ultramylonítico: (a) Perfil de corpo de prova. (b) Base de corpo de prova.

Gnaisse 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 Jundiaí.

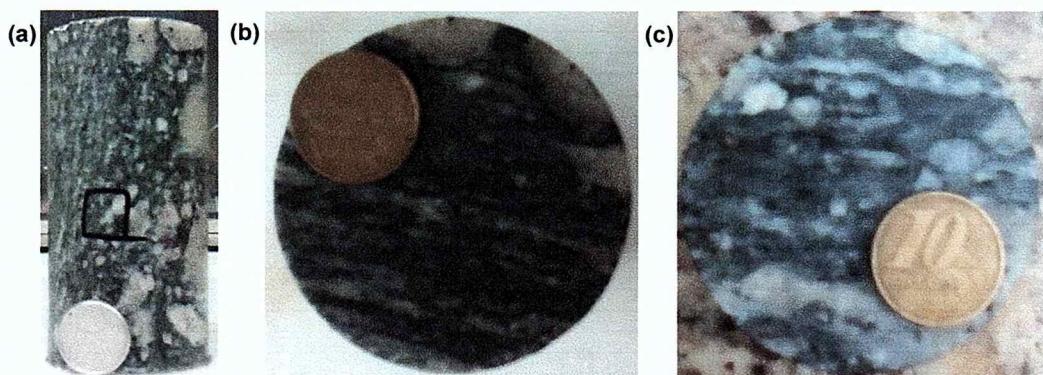


Fig. 17- Gnaisse milonítico: (a) Perfil de corpo de prova. (b) Base de corpo de prova. (c) Base de corpo de prova.

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 cimentos entre diferentes partes da amostra, ou até mesmo em locais vizinhos.

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

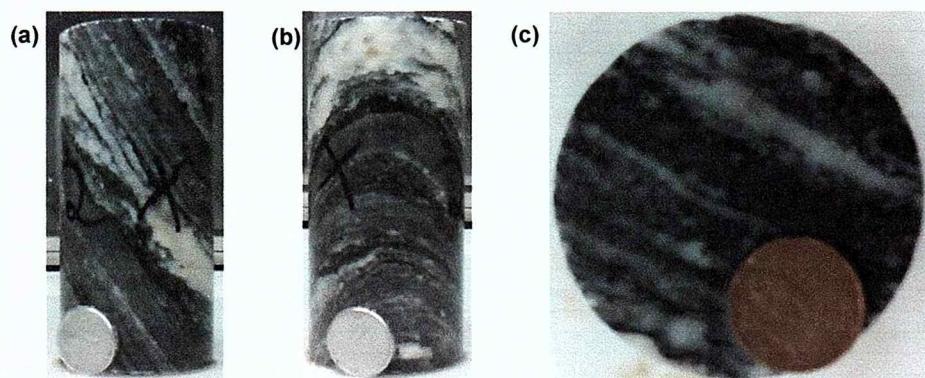


Fig. 18: Gnaisse: (a) e (b) Perfil de corpo de prova. (c) Base de corpo de prova.

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 Jundiaí.

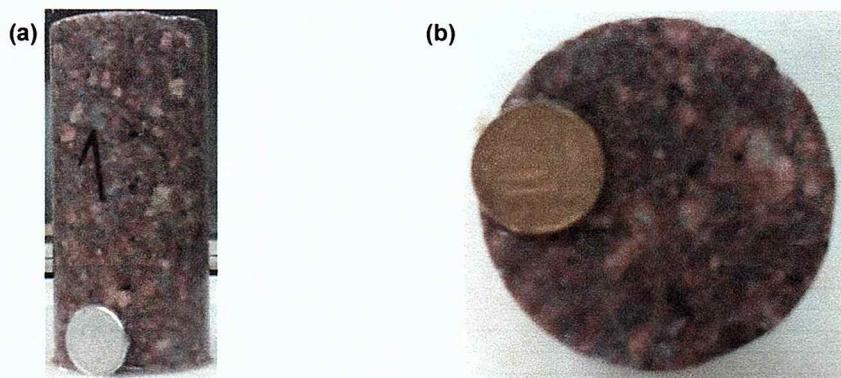


Fig. 19: Granito I: (a) Perfil de corpo de prova. (b) Base de corpo de prova.

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.

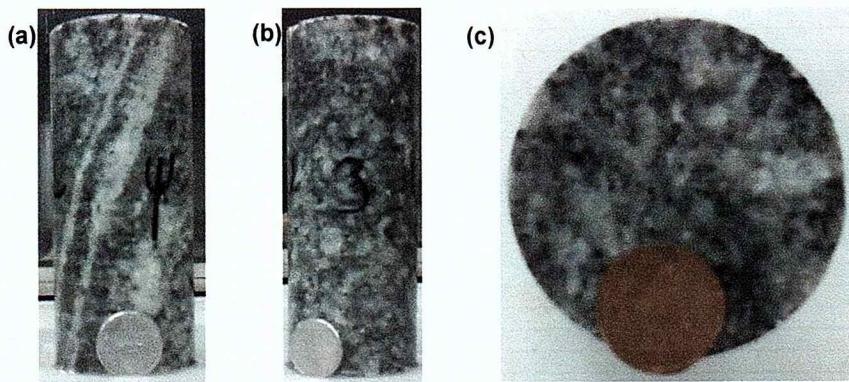


Fig. 20: Granito II: (a) Perfil de corpo de prova com moderada foliação. (b) Perfil de corpo de prova granítico. (c) Base de corpo de prova granítico no geral, mas com fraca foliação.

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.

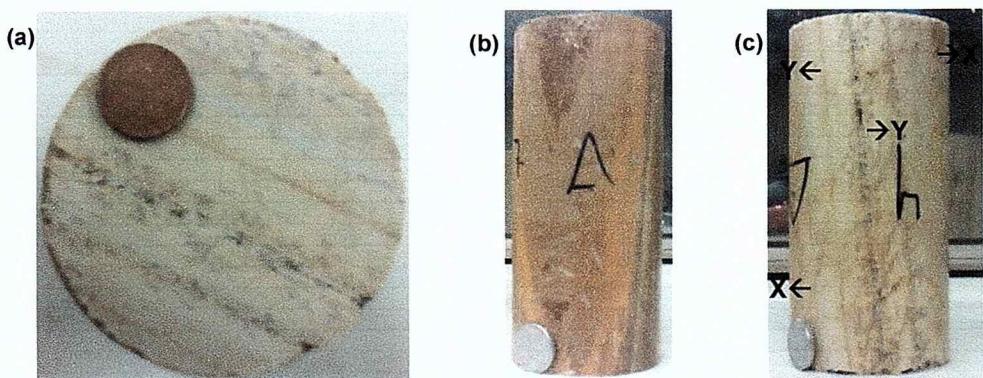


Fig. 21: Laminito: (a) Base de corpo de prova, com foliação. (b) Perfil de corpo de prova com laminação evidente e com coloração de alteração. (c) Perfil de corpo de prova com laminação (Y) e fraturas (X) indicadas.

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 gnaisse milonítico e metade do ultramilonítico), utilizadas para testes protótipicos e outros fins, como a amostra 9 do gnaisse 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 gnaisse 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.

As medidas dos ângulos das foliações e laminações das amostras foram realizadas com um transferidor. Os cimentos das camadas foram determinados com referência ao eixo axial, isto é, um plano que atravessasse o eixo axial era descrito como tendo um mergulho de 0° .



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 compostas 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.

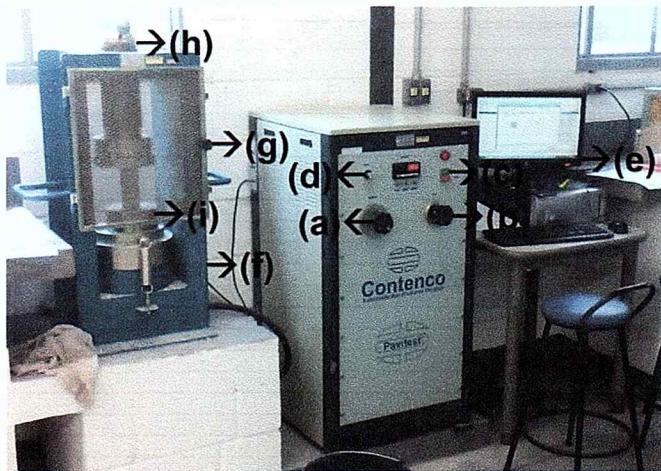


Fig. 24- (a) Registro de incremento de carga. (b) Registro de decremento de carga. (c) Botão de acionamento da bomba hidráulica. (d) Chave geral. (e) Computador ligado à prensa. (f) Estrutura de prensa. (g) Tela de proteção. (h) Fuso para aproximação do disco superior ao corpo de prova. (i) Disco inferior, 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 Ensaios 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 $13\mu\text{m}$ equivalem a 100kgf, ou seja, cada $1\mu\text{m}$ 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 1000Kgf/ 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, $2E+10$ ou $3E+9$. Para que os dados ficassem então mais precisos, foi utilizada a função PROJ. LIN, que da 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)
Gnaisse ultramylonítico	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	
	11	15,6	3:58	
	12	1,2	4:25	
Gnaisse milonítico	13	2,6	4:24	4,6
	14	2,5	4:18	
	15	1,3	4:15	
	1	0,9	3:46	
	2	1,8	4:28	
Gnaisse	3	3,9	3:30	4,1
	4	9,7	3:33	
	1	6,0	9:38	9,4
	2	8,3	10:00	
Granito 1	3	13,8	15:09	
	1	1,1	7:56	3,9
	2	9,4	6:11	
Granito 2	3	*	7:00	
	4	3,7	7:06	
	5	1,2	7:52	
	1	15,4	4:17	6,4
	2	2,0	12:13	
Laminito	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, <i>E</i> (GPa)	Tempo de realização do ensaio para a determinação do módulo de elasticidade (min:s)	Média do módulo de elasticidade, <i>E</i> (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 gnaisse ultramylonítico possui o número da amostra acompanhado de o, por exemplo, 1 o; 2 o e assim por diante. O gnaisse milonítico vem acompanhado do código [], por exemplo, 1 []; 2 [] etc. O gnaisse 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
Gnaisse ultramylonítico	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
	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
Gnaisse	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 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 da 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.

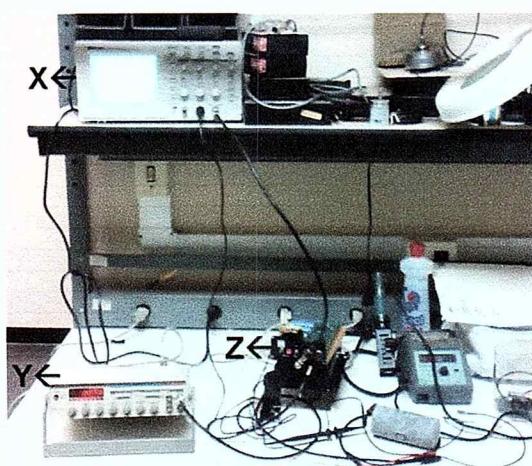


Fig. 25- Equipamento que seria empregado para a medição das ondas s. (X) Osciloscópio (Y) Gerador capaz de gerar ondas de diversas frequências e formas (Z) Transmissor.

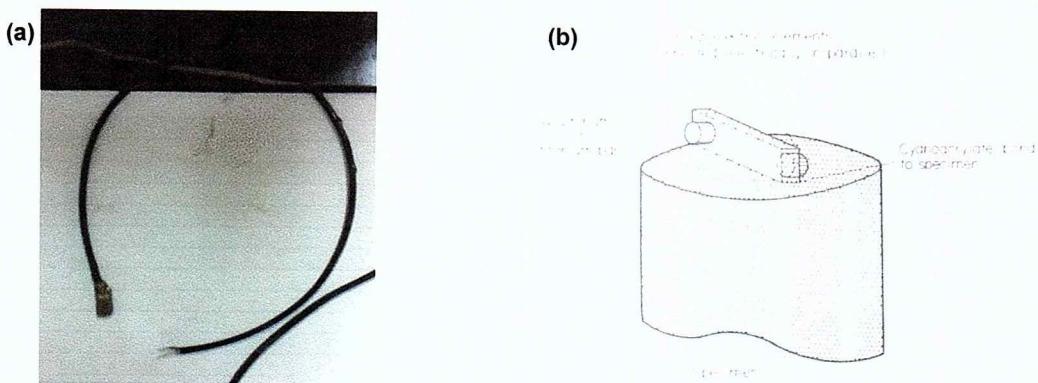


Fig. 26: (a) Transdutor disponível no laboratório. (b) Fonte torcional cuja utilização se tinha em mente (Siggins, 1993).

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 $10\mu\text{m}$. 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 significante 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 Kgf), o que implica em uma carga máxima de $428,34\text{ MPa}$ para um corpo de prova de 54mm 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 1 MPa 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 enquadando 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 $10\mu\text{m}$ não sendo suficiente para detectar deformações causadas no espaço entre 0,94 até 2,2 MPa. Talvez um micrometro com uma resolução de 1 μm , ou até 0,1 μm (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.

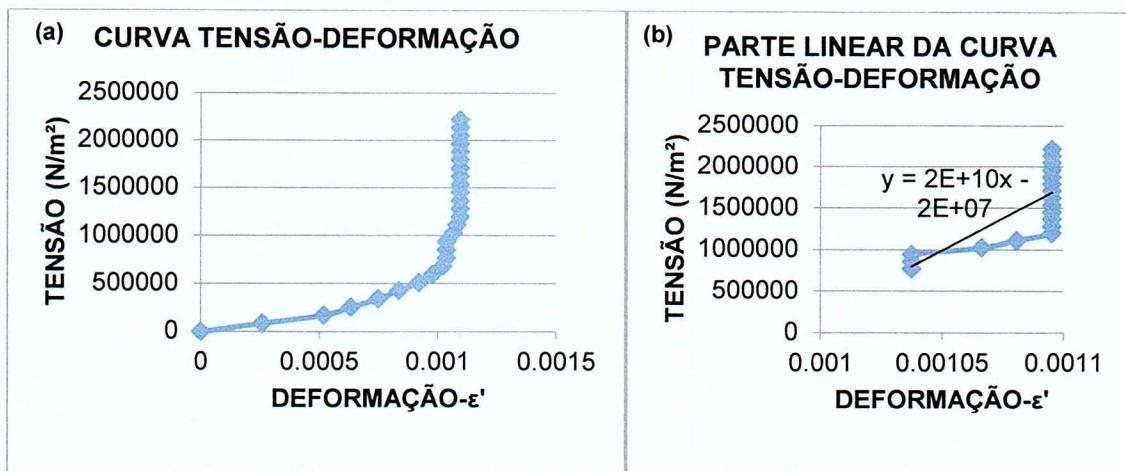


Fig. 28- Amostra 1 do laminito (a) Curva tensão-deformação. (b) Parte linear da curva tensão-deformação, e linha de tendência usada para o cálculo do módulo de Young.

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 gnaisse ultramylonítico que tem uma parte linear relativamente extensa, mas que se quebra nos últimos 3 pontos.



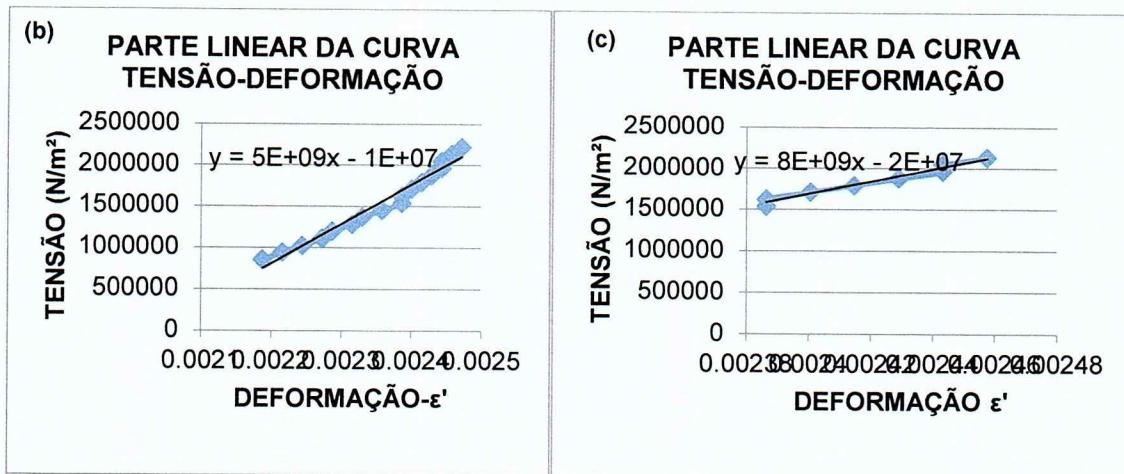


Fig. 30- Amostra 3 do laminito (a) curva tensão-deformação. (b) Cálculo do módulo de Young considerando-se ambas as partes pré e pós-inflexão. (c) Cálculo do módulo considerando-se apenas a parte pós-inflexão.



Fig. 31- Curva tensão-deformação da amostra 5 do gneisse ultramylonítico. 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 Degriff (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 Degriff (1988) com as médias dos experimentos bem distantes (gneisse ultramilonítico- 4,7GPa , gneisse milonítico- 4,6GPa, gneisse- 4,1GPa) do 58,6GPa de Johnson e Degriff (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 Degriff (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 Degriff (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 da 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 gnaisse ultramilonítico e do gnaisse com o laminito oferecem resultados coerentes, pois o laminito tem maiores módulos de ruptura e elasticidade. Um problema é encontrado, entretanto, para o gnaisse 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 vê mais para frente, esses são um dos motivos especulados para explicar o maior valor do módulo de ruptura para o gnaisse milonítico em comparação com o ultramilonítico. De qualquer forma, devido ao significante 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 têm semelhantes módulos de elasticidade. Logo, pode-se especular que talvez o gnaisse 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 gnaisse 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 gnaisse ultramilonítico).

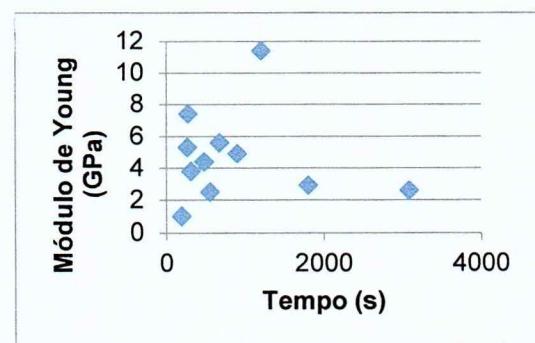


Fig. 32- Gráfico módulo de Young (ordenada), em GPa, por tempo de realização (abscissa), em segundos, do teste para o gnaisse milonítico.

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 5 GPa 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 gnaisse ultramylonítico (46,7MPa) e o gnaisse (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 gnaisse ultramylonítico e o gnaisse passam a serem classificados como rochas de baixa resistência (entre aproximadamente 30 e 50MPa). Os laminito (79,6MPa) e gnaisse 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 mediocre 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 gnaisse milonítico e o gnaisse estão mais próximos do mínimo de 26MPa do que da média de 154MPa. Já o gnaisse 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 gnaisse foi um tanto inesperado, tendo em mente que a rocha parecia um gnaisse 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 gnaisse de bandamento de maior espessura. Além disso, o número maior para o gnaisse 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 gnaisse milonítico, onde, apesar de se esperar uma maior resistência para esta rocha em comparação com o gnaisse ultramilonítico e até o gnaisse, foi escolhido devido a abundância de amostras (ao fim de tudo, após o descarte de amostras, o gnaisse 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

sofreriam 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 gnaisse 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).

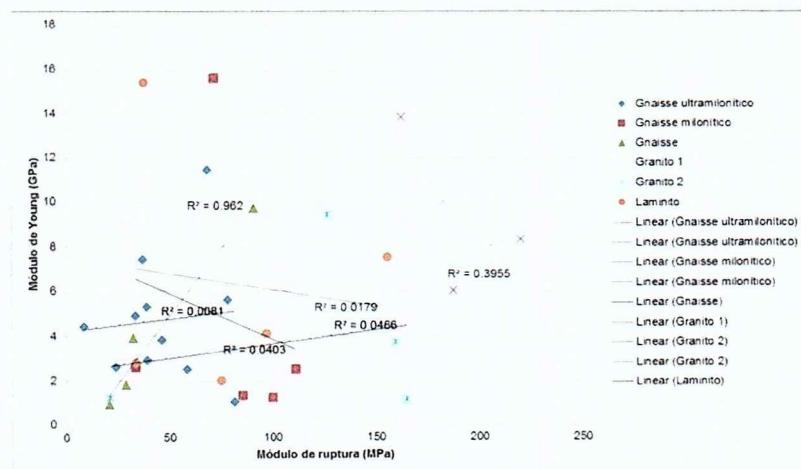


Fig. 33- Gráfico módulo de ruptura por módulo de Young para cada amostra, com tipos de rocha indicados, e linha de tendência e coeficiente de dispersão indicados.

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 gnaisse, 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 gnaisse 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 gnaisse 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 gnaisse 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 gnaisse, 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 (gnaisse 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 detém todas amostras com valores altos, e o gnaisse, com resultados baixos. Logo, a hipótese se mantém.

Rocha	Nº da amostra	Razão E / Módulo de ruptura	Média da razão E / Módulo de ruptura
Gnaisse 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	
	11	217,9	
	12	12,0	
Gnaisse milonítico	13	77,8	69,1
	14	22,5	
	15	15,3	
	1	43,3	
	2	62,3	
Gnaisse	3	120,0	83,1
	4	106,8	
	1	32,0	
	2	37,7	
Granito 1	3	85,0	51,3
	1	6,7	
	2	74,3	
Granito 2	4	23,2	39,6
	5	54,1	
	1	408,5	
	2	26,7	
Laminito	3	48,3	121,9
	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 enquadrasssem 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 gnaisse e o gnaisse 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 gnaisse. 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 transportamento.

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 cimento na amostra, isto é, elas fazem um pequeno ângulo em relação ao plano axial (90°), 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 cimento, aparentemente também se rompeu tensionalmente.

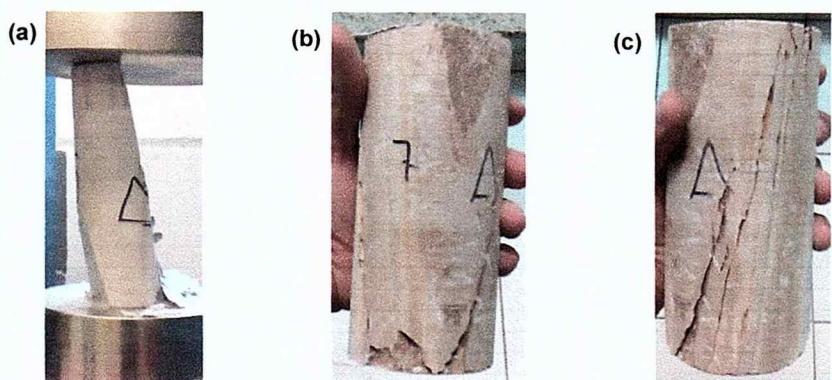


Fig. 34- Exemplos de laminitos que foram rompidos nos planos das laminações. (a) Amostra 1. (b) e (c) Amostra 7.

O gnaisse 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.

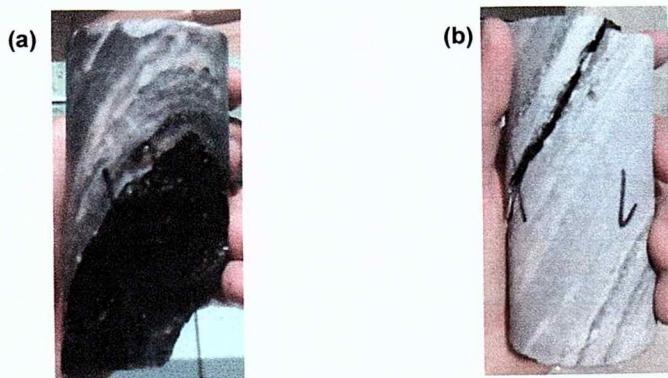


Fig. 35- (a) e (b) Exemplos de gnaisse que sofreram ruptura em camada micácea concordante com o bandamento geral da rocha, de forma cisalhante.

Já o comportamento do gnaisse ultramylonítico foi mais inesperado. As amostras de 1 a 7 se romperam de forma semelhante, em um plano com cimento em torno de 20º em relação ao eixo axial, por exemplo, o da amostra 2 tem 20º e o da 7 possui 24º. 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 caráter 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 um propagação das fraturas para outra direção, tendendo a ir para um plano concordante ao de quebra das amostras 1 a 7.

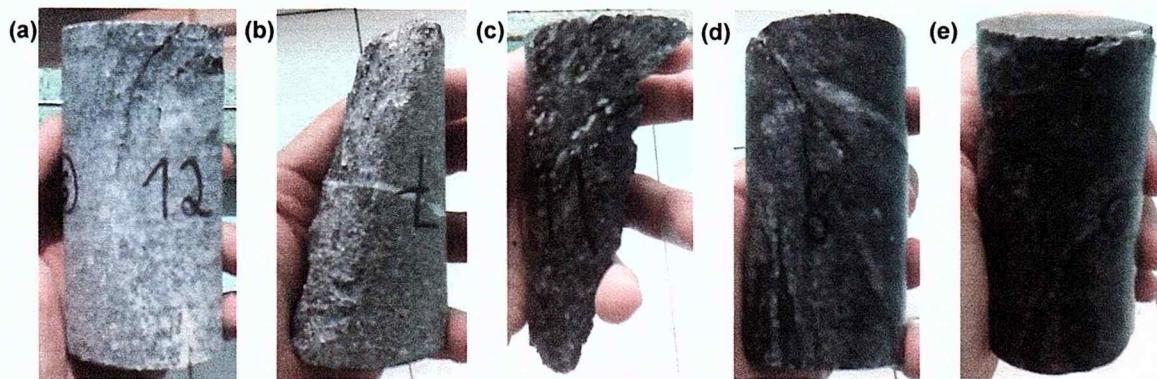


Fig. 36- Gnaisse ultramylonítico (a) Amostra 12 com rompimento no bandamento. (b) Amostra 7 com rompimento em plano contrário ao mergulho do bandamento. (c) Amostra 11, com rompimento concordante ao bandamento evidente. (d) e (e) Amostra 8, com ruptura no bandamento, mas que 'escapa' para outro plano.

O gnaisse milonítico teve modos de ruptura mais variados do que o ultramylonítico. O gnaisse milonítico teve formas de ruptura como explosão, estilhaçamento e lascamento, essas por sua vez não foram observadas no gnaisse ultramylonítico. Como será explorado mais a frente, sabe-se que esses modos de ruptura observados no gnaisse milonítico são naturais, comparando-se esse ao ultramylonítico, 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 gnaisse ultramylonítico, o bandamento, mas que o efeito do mesmo é tornado mais brando, provavelmente, pela presença dos porfiroblastos de feldspato.

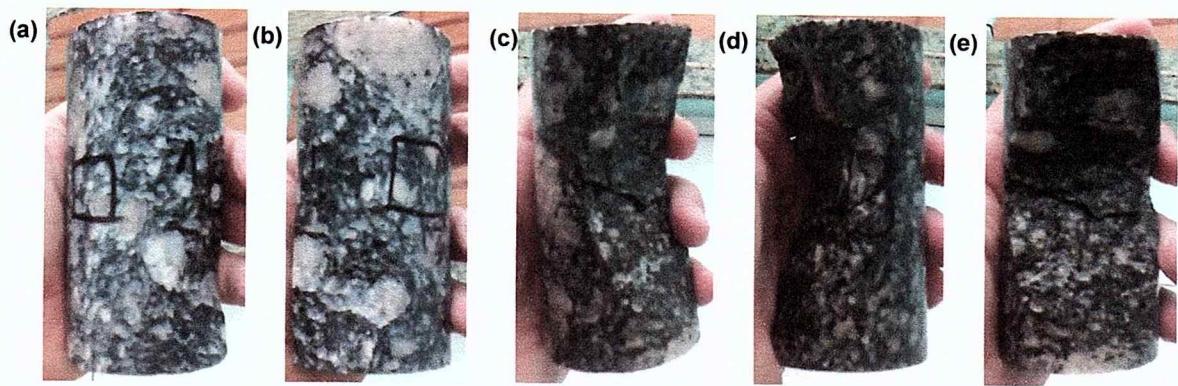


Fig. 37- Gneisse milonítico. (a) e (b) Amostra 15 que sofreu lascamento superficial. (c), (d) e (e) Amostra 3, que se quebrou em dois planos, metade (parte de baixo da figura (d)) no bandamento, e metade contrário ao bandamento.

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.

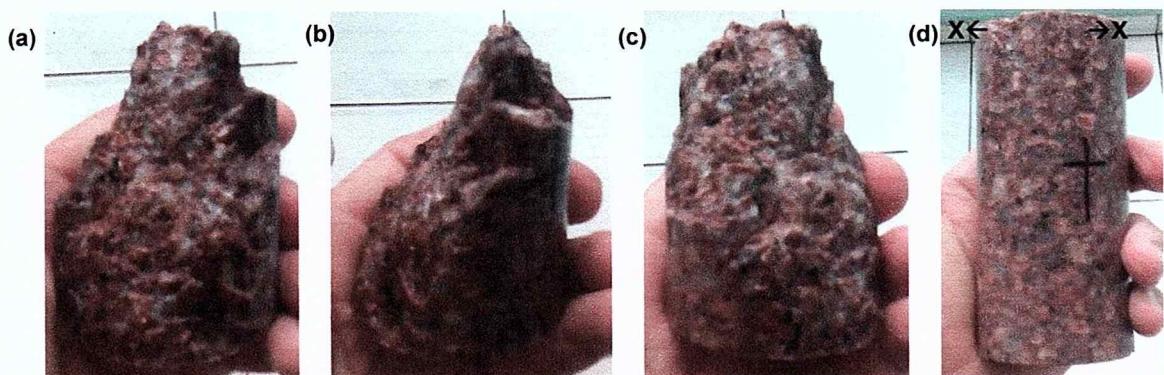


Fig. 38- Granito 1 (a), (b) e (c) Pedaço da amostra 3, que foi estilhaçada. (d) Amostra 1, com locais de lascamento indicados (X).

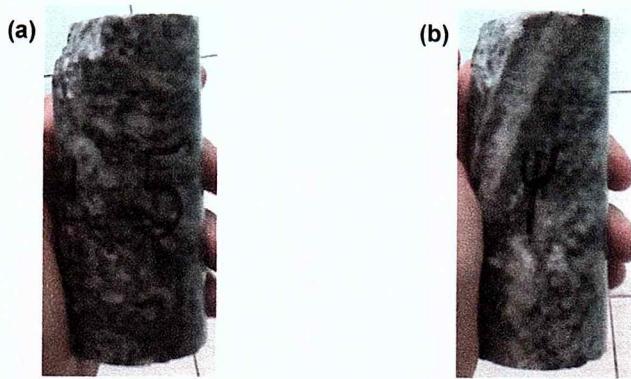


Fig. 39- Granito 2 (a) Amostra 5, que se quebrou em plano bem definido, contrário a foliação. (b) Amostra 2, que se quebrou em plano, com mergulho na mesma direção, mas não coincidente a foliação.

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 cimento 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.

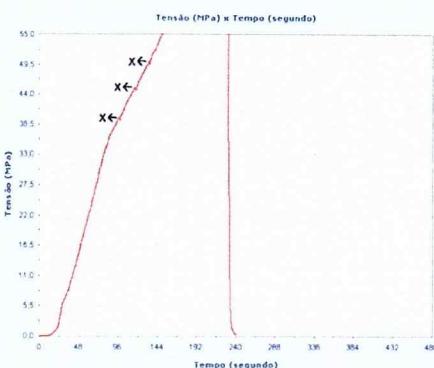


Fig. 40- Gráfico de tensão-tempo para amostra 1 do gnaisse milonítico. Indicados em x estão os picos de fraturamento, evidenciados por sons particulares (cracks) durante o teste e a queda pós-ruptura.

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 gnaisse. 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 46,7 MPa, enquanto o segundo é mais de duas vezes mais resistente, com 98,6 MPa. 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 maficos 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 cimento 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 cimento 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 159,5 MPa 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 pode 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 micaceas 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 cimento 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:3qIQbxv0mosJ: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>

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 mostra	Grau de alteração	Cor	IM	% de porfiro rostastos	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
Gnaisse ultramylonítico	1	Não há	Cinza escuro a médio	22	58	58	11	5,4	665,95	251,924315	2,643452659	2643,452659			
	2	Não há	Cinza escuro a médio	25	60	60	11,1	5,4	675,42	254,214536	2,65688977	2656,88977			
	3	Não há	Cinza escuro a médio	25	43	43	10,9	5,4	686,03	249,634094	2,748142249	2748,142249			
	4	Não há	Cinza escuro a médio	26	25	25	11,4	5,4	707,34	261,085199	2,70923056	2709,23056			
	5	Não há	Cinza escuro a médio	24	56	56	11,5	5,4	737,51	263,37542	2,800223345	2800,223345			
	6	Não há	Cinza escuro a médio	22	40	40	10,9	5,4	694,46	249,634094	2,781911674	2781,911674			
	7	Não há	Cinza escuro a médio	38	65	65	11,2	5,4	739,73	256,504757	2,883884138	2883,884138			
	8	Não há	Cinza escuro a médio	20	40	40	10,8	5,4	676,22	247,343873	2,7339266277	2733,9266277			
	10	Não há	Cinza escuro a médio	30	44	44	10,8	5,4	697,82	247,343873	2,821254443	2821,254443			
	11	Não há	Cinza escuro a médio	23	38	38	10,8	5,4	685,75	247,343873	2,772455983	2772,455983			
	12	Não há	Cinza escuro a médio	30	27,5	27,5	10,8	5,4	685,21	247,343873	2,770272788	2770,272788			
	13	Não há	Cinza escuro a médio	20	36	36	10,9	5,4	675,52	249,634094	2,706040628	2706,040628			
	1	Não há	Cinza escuro a médio	22	18,5	18,5	11,1	5,4	679,98	254,214536	2,674827376	2674,827376			
	2	Não há	Cinza escuro a médio	22	15	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	2,708751754	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	10,95	5,4	689,26	250,779204	2,74847351	2748,47351				

Laminito	3	Não há alteração	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 significante da rocha	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 ultramylonítico- Amostra 1

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORRE ÇÃO (o valor de cada mícron em Kgf)	CARGA EM KGf	CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFOR MAÇÃO MEDIDA (10^-6m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇ ÃO					
											110000	110000	1	1	0	22.08
0	0	0	0	0	0	0	110000	110000	1	1	0	0	0	0	22.08	26/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	0,00229	164713,7555	45	109855	0,99959	0,00041						
10		76,9		754,389		329427,5109	80	109820	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		1978655,066	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		2470708,332	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		3458988,865	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/m²

0 0

0,000409091 164714

0,000727273 329428

0,001 494141

0,001136364 658855

0,001316182 823569

0,001363636 988283

0,001454545 1152996

0,001545455 1317710

0,001613636 1482424

0,001681818 1647138

0,001727273 1811851

0,001795455 1976565

0,001840909 2141279

0,001863636 2470706

0,001886364 2635420

0,001905091 2800134

0,001954545 2964848

0,001954545 3129561

0,001977273 3294275

0,002 3458989

0,002 3623703

0,002 3788416

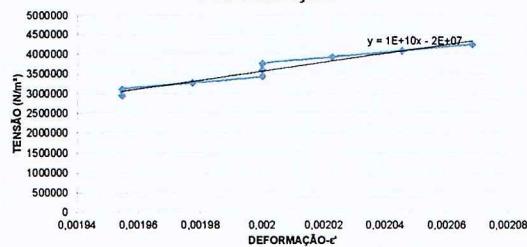
0,002022727 3953130

0,002045455 4117844

0,002068182 4282558



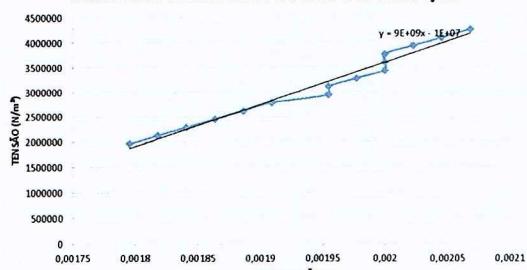
PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



valor de m

11398831543

PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



valor de m

8503361509

Gnaisse ultramylonítico- Amostra 2

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORRÉÇÃO (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	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' TENSÃO EM N/m²

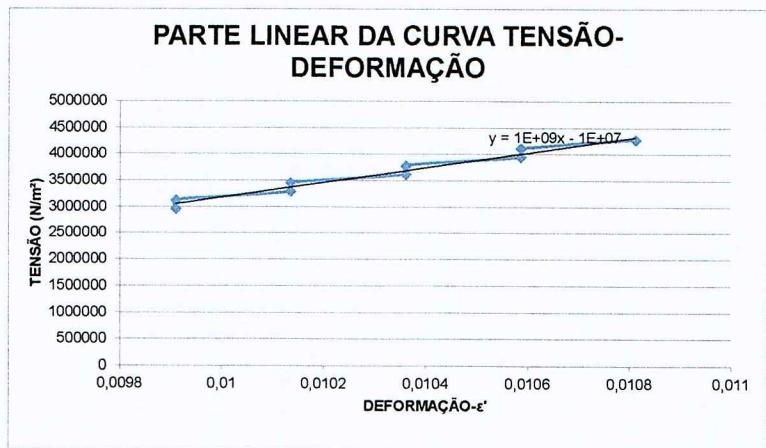
0 0

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
0,009009009 2141279
0,009009009 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 ultramylonítico- 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	0	0	0	0	0	109000	109000	1	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

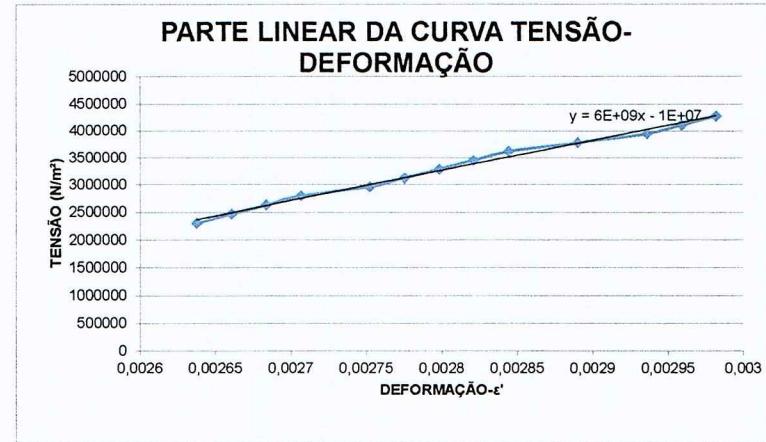
0,002844 3623703

0,00289 3788416

0,002936 3953130

0,002959 4117844

0,002982 4282558



valor de m
5,572E+09

Gnaisse ultramilonítico- Amostra 4

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 (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA
0	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		

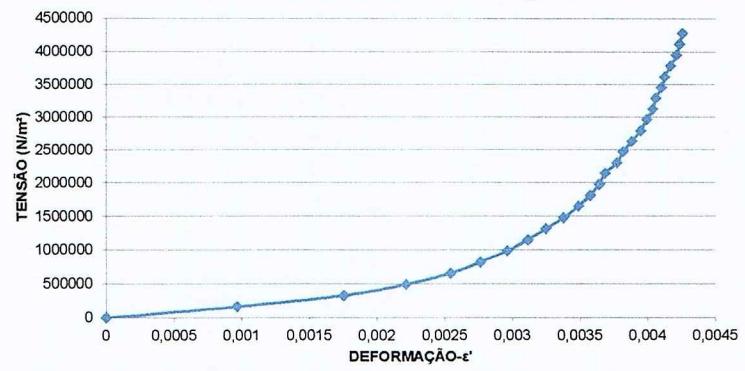
ε' RGA EM N/m²

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

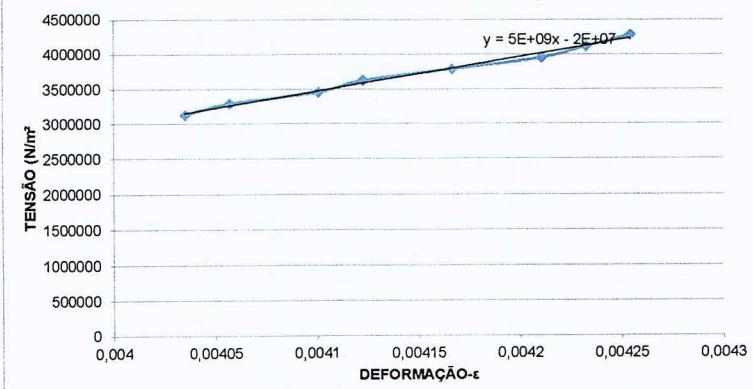
0,004035 3129561
0,004057 3294275
0,004101 3458989
0,004123 3623703
0,004167 3788416
0,004211 3953130
0,004232 4117844
0,004254 4282558

valor de m
4,923E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



Gnaiss ultramylonítico- Amostra 5

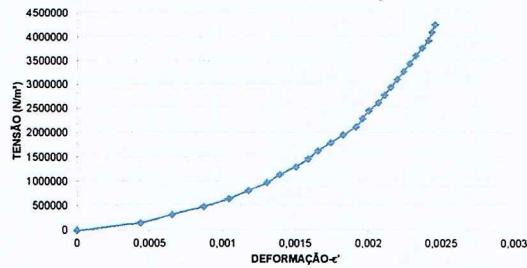
FATOR DE CORRE ÇÃO CARGA DO ANEL DE CARGA	CARGA (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFOR MAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA
0	0	0	0	0	0	0	115000	115000	1	1	0	05:13
5	7,69	38,45	9,81	377,195	0,00229	164713,7555	50	114950	0,99957	0,00043		
10		76,9		754,389		329427,5109	75	114925	0,99935	0,00065		
15		115,35		1131,58		494141,2654	100	114900	0,99813	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		2141276,821	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		7168,7		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' = RGA EM N/m²

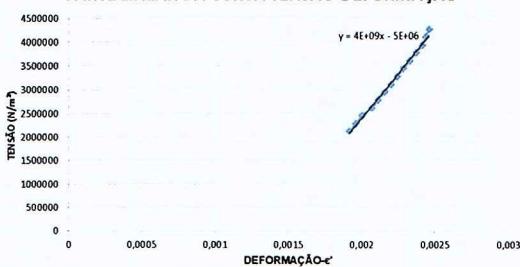
0 0

0,000435 164714
0,000652 329428
0,00087 494141
0,001043 658855
0,001174 823569
0,001304 988283
0,001391 1152996
0,001515 1317710
0,001587 1482424
0,001652 1647138
0,001739 1811851
0,001826 1976565
0,001913 2141279
0,001957 2305993
0,002065 2470706
0,002109 2635420
0,002152 2964848
0,002196 3129561
0,002239 3294275
0,002283 3458989
0,002326 3623703
0,002327 3788416
0,002413 3953130
0,002438 4117844
0,002457 4282558

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

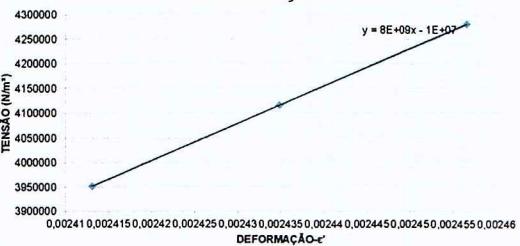


valor de m
3,782E-09

0,002413 3953130
0,002438 4117844
0,0024565 4282558

valor de m
7,577E-09

PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-
DEFORMAÇÃO

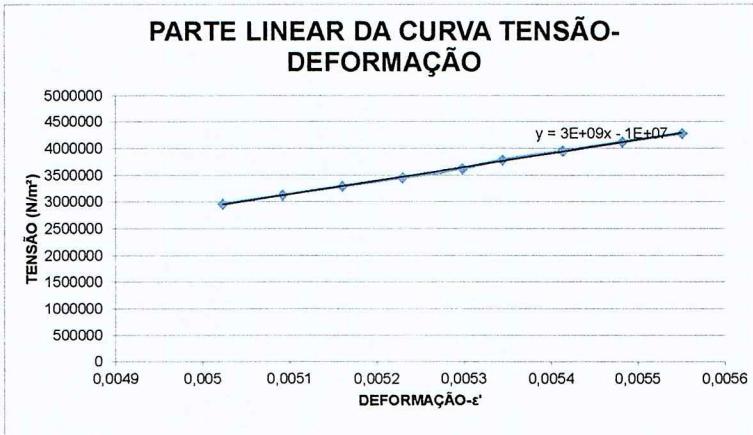


Gnaisse ultramylonítico- Amostra 6

DEFORMA ÇÃO DO ANEL DE CARGA	CORREÇÃO (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)			ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA
							L0-L	ε	ε'				
0	0	0	0	0	0	0	109000	109000	1	1	0	09:16	26/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	0,00229	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		164713,555	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		3459898,865	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



Gnaiss ultramylonítico- Amostra 7

FATOR DE CORRE ÇÃO AÇÃO DO ANEL DE CARGA	CARGA EM NEVTO Kgf	CARGA EM NS	ÁREA DA BASE (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFOR MAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	LO(10 ⁻⁶ m)	LO-L	ε	ε'	TEMP O DE EXECU ÇÃO	DIA
0	0	0	0	0	112000	112000	1	1	0	04:39	26/out
5	7,69	38,45	9,81	3771,195	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	111503	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' = $\frac{\Delta L}{L_0}$ EM N/m²

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

0,004083 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

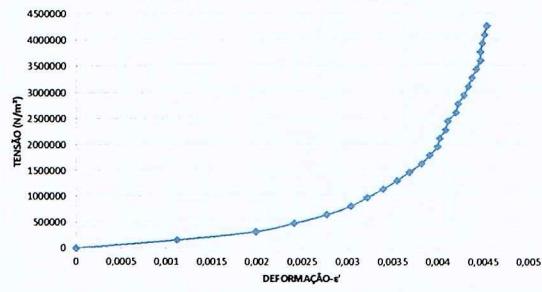
0,004509 4E+06

0,004531 4E+06

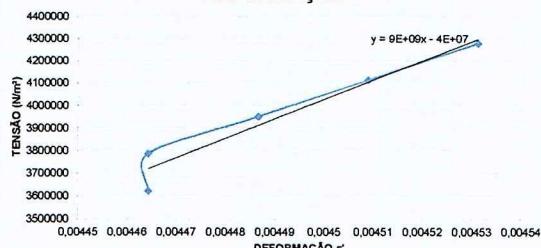
valor de m

8,68E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



0,004463 3788416

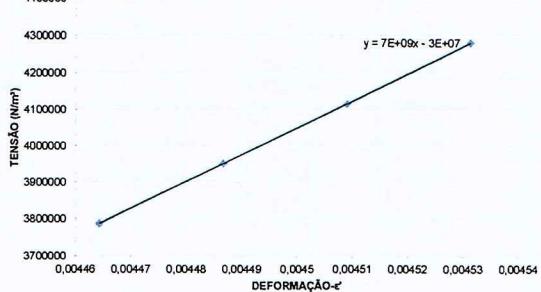
0,004466 3953130

0,0045089 4117844

0,0045312 4282558

valor de m

7,379E+09



Gnaisse ultramylonítico- Amostra 8

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 (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMP O DE EXEC UÇÃO	DIA
0	0	0	0	0	0	108000	108000	1	1	0	30/03	26/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	0,00229	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	0,9933	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		

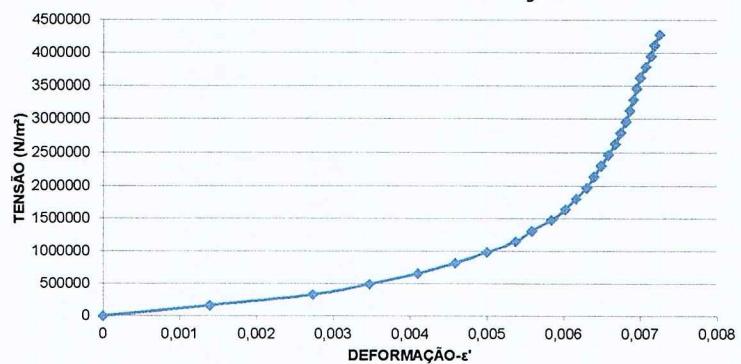
ε' RGA EM N/m²

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
0,00716 4117844
0,007245 4282558

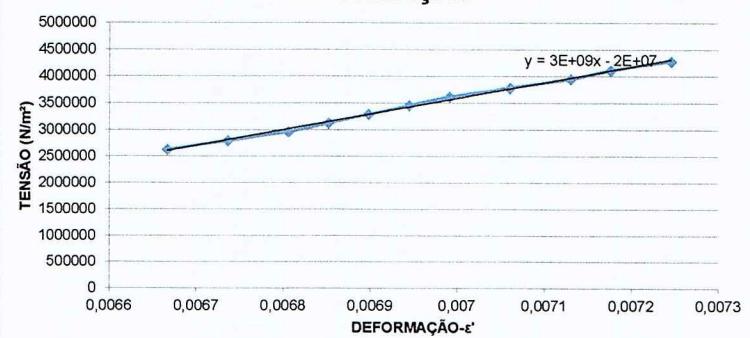
0,006667 2635420
0,006736 2800134
0,006806 2964848
0,006852 3129561
0,006898 3294275
0,006944 3458989
0,006991 3623703
0,00706 3788416
0,00713 3953130
0,00716 4117844
0,007245 4282558

valor de m
2,943E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

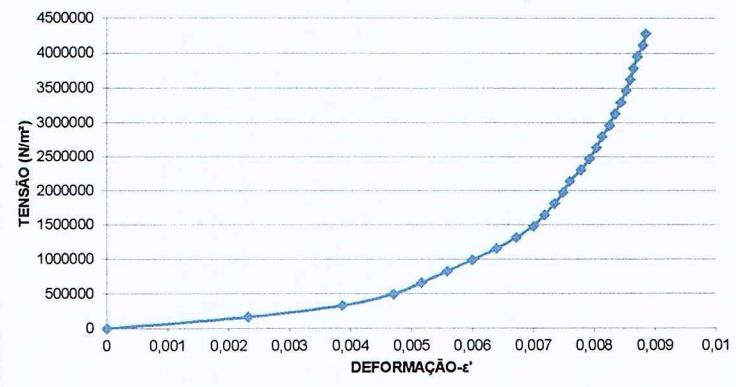


FACTOR DE CORREÇ ÃO DEFORMAÇ ÃO DO ANEL DE CARGA	(o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTO NS			ÁREA DA BASE (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)			L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA
			0	0	0			0	0	108000						
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108000	108000	1	1	0	04:50	26/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	0,00229	164713,755	250	0	0	107750	0,99769	0	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			

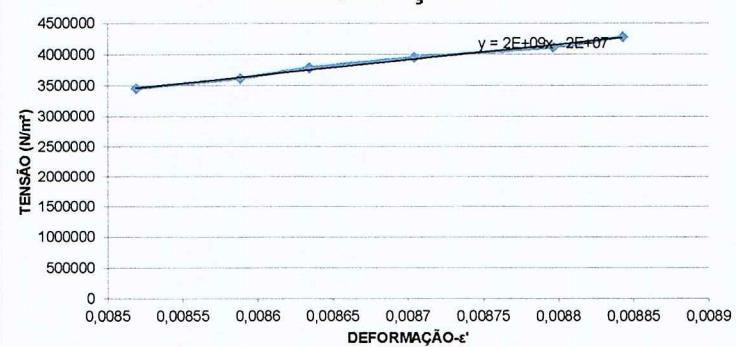
ε' CARGA EM N/m²

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

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



valor de m
2470706332

Gnaisse ultramylonítico- Amostra 11

DEFORMA ÇÃO 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 (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMP O DE EXECU ÇÃO	DIA
0	0	0	0	0	0	108000	108000	1	1	0	51:23	26/out
5	7,69	38,45	9,81	377,195	0,00229	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' RGA EM N/m²

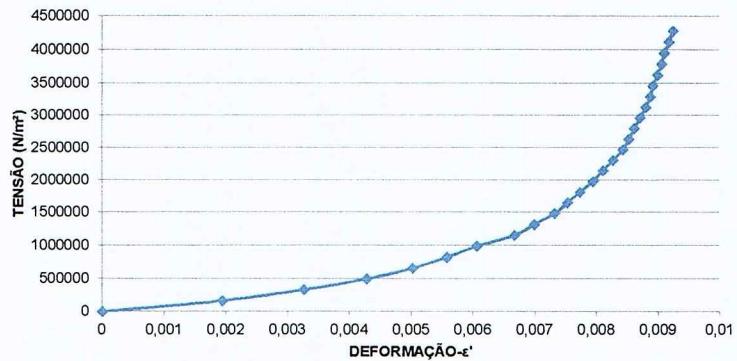
0 0

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

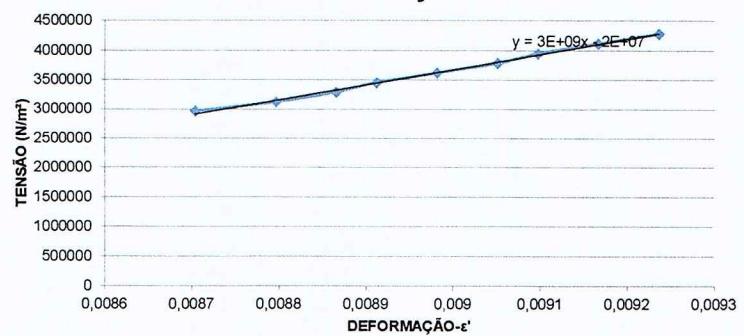
0,0087037 2964848
0,0087963 3129561
0,0088657 3294275
0,008912 3458989
0,0089815 3623703
0,0090509 3788416
0,0090972 3953130
0,0091667 4117844
0,0092361 4282558

valor de m
2,563E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-
DEFORMAÇÃO



Gnaiss ultramylonítico- 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^-6m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
0	0	0	0	0	0	108000	108000	1	1	0	08:01	26/out
5	7,69	38,45	9,81	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' TENSÃO 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

0,00247699 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

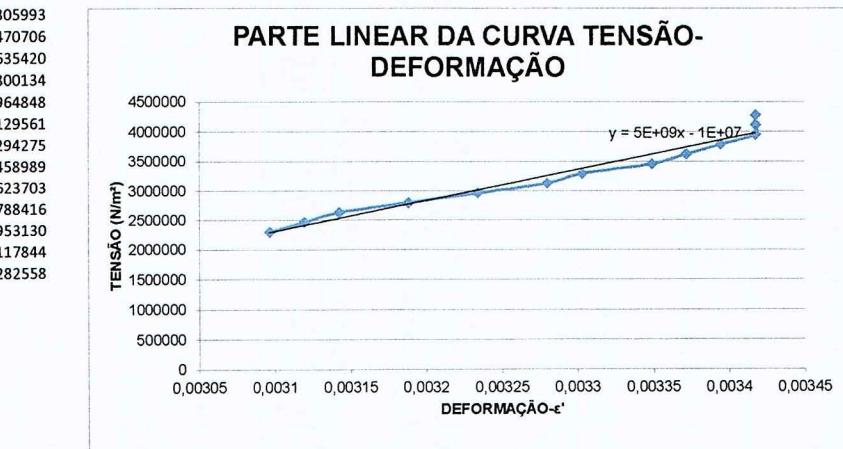
valor de m
4,435E+09



DEFOR	MAÇO	DO ANEL DE CARGA	CARGA EM Kgf	CARGA EM Kgf	ÁREA EM NEWTONS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10^-6m)	TEMPO DE EXECUÇÃO		
									L0(10^-6m)	L0-L	ε
0	0	0	0	0	0	0	0	109000	109000	1	1
5	7,69	38,45	9,81	377,195	0,00229	164713,7555	55	108945	0,9995	0,0005	
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



valor de m
5,253E+09

DEFORMA ÇÃO DO ANEL DE CARGA	(o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFOR MAÇÃO MEDIDA (10^-6m)	TEMPO DE			
							EXECUÇ ÃO			
							L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	122500	122500	1	1
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			

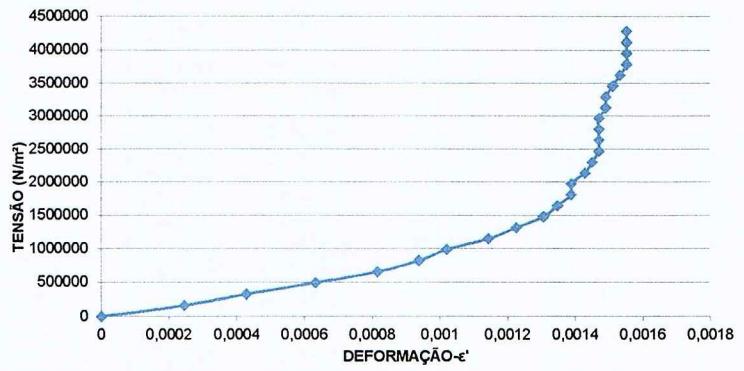
ε' RGA EM N/m²

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

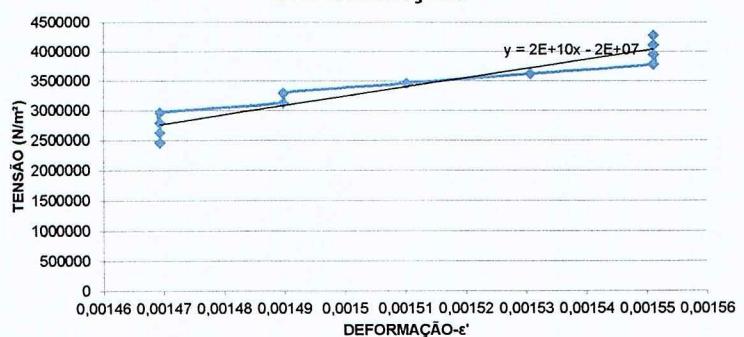
0,0014694 2470706
0,0014694 2635420
0,0014694 2800134
0,0014694 2964848
0,0014898 3129561
0,0014898 3294275
0,0015102 3458989
0,0015306 3623703
0,001551 3788416
0,001551 3953130
0,001551 4117844
0,001551 4282558

valor de m
1,56E+10

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



Gnaisse milonítico- amostra 12

DEFORMA ÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREC ÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA	
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	0	117000	117000	1	1	0	04:25
5		38,45		377,195		164713,7555	92,5	116907,5	0,99921			0,00079	
10		76,9		754,389		329427,5109	170	116830	0,99855			0,00145	
15		115,35		1131,58		494141,2664	230	116770	0,99803			0,00197	
20		153,8		1508,78		658855,0218	275	116725	0,99765			0,00235	
25		192,25		1885,97		823568,7773	347,5	116652,5	0,99703			0,00297	
30		230,7		2263,17		988282,5328	382,5	116617,5	0,99673			0,00327	
35		269,15		2640,36		1152996,288	427,5	116572,5	0,99635			0,00365	
40		307,6		3017,56		1317710,044	460	116540	0,99607			0,00393	
45		346,05		3394,75		1482423,799	485	116515	0,99585			0,00415	
50		384,5		3771,95		1647137,555	502,5	116497,5	0,99571			0,00429	
55		422,95		4149,14		1811851,31	522,5	116477,5	0,99553			0,00447	
60		461,4		4526,33		1976565,066	542,5	116457,5	0,99536			0,00464	
65		499,85		4903,53		2141278,821	560	116440	0,99521			0,00479	
70		538,3		5280,72		2305992,576	580	116420	0,99504			0,00496	
75		576,75		5657,92		2470706,332	597,5	116402,5	0,99489			0,00511	
80		615,2		6035,11		2635420,087	617,5	116382,5	0,99472			0,00528	
85		653,65		6412,31		2800133,843	632,5	116367,5	0,99459			0,00541	
90		692,1		6789,5		2964847,598	650	116350	0,99444			0,00556	
95		730,55		7166,7		3129561,354	667,5	116332,5	0,99429			0,00571	
100		769		7543,89		3294275,109	682,5	116317,5	0,99417			0,00583	
105		807,45		7921,08		3458988,865	700	116300	0,99402			0,00598	
110		845,9		8298,28		3623702,62	710	116290	0,99393			0,00607	
115		884,35		8675,47		3788416,376	725	116275	0,9938			0,0062	
120		922,8		9052,67		3953130,131	737,5	116262,5	0,9937			0,0063	
125		961,25		9429,86		4117843,886	750	116250	0,99359			0,00641	
130		999,7		9807,06		4282557,642	765	116235	0,99346			0,00654	

ε' RGA EM N/m²

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

Gnaisse milonítico- amostra 13

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	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)		ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
							L0-L	ε				
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	0	129000	129000	1	1	0
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		164713,555	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

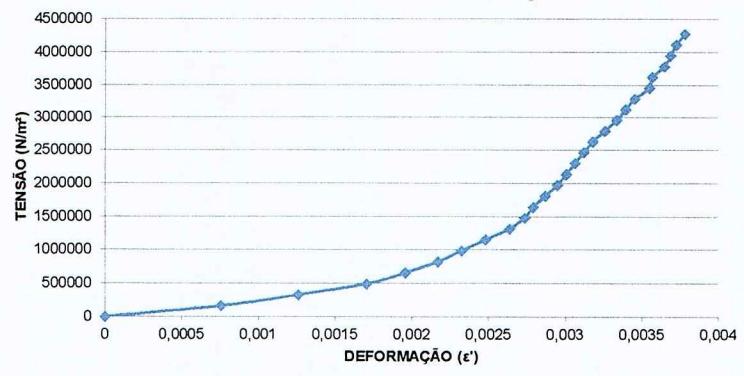
ε' RGA EM N/m²

0,000756 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

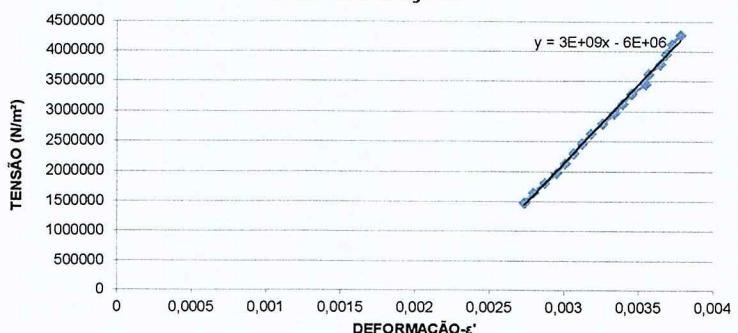
0,002733 1482424
0,002791 1647138
0,002868 1811851
0,002946 1976565
0,003004 2141279
0,003062 2305993
0,00312 2470706
0,003178 2635420
0,003256 2800134
0,003333 2964848
0,003391 3129561
0,00345 3294275
0,003547 3458989
0,003566 3623703
0,003643 3788416
0,003682 3953130
0,003721 4117844
0,003779 4282558

valor de m
2,616E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



Gnaisse milonítico- amostra 14

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORRÉO (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)	LO-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	377,195		164713,7555	115		119885	0,99904	0,00096		
10		76,9	754,389		329427,5109	217,5		119783	0,99819	0,00181		
15		115,35	1131,58		494141,2664	297,5		119703	0,99752	0,00248		
20		153,8	1508,78		658855,0218	360		119640	0,997	0,003		
25		192,25	1885,97		823568,7773	425		119575	0,99646	0,00354		
30		230,7	2263,17		988282,5328	467,5		119533	0,9961	0,0039		
35		269,15	2640,36		1152996,288	500		119500	0,99583	0,00417		
40		307,6	3017,56		1317710,044	530		119470	0,99558	0,00442		
45		346,05	3394,75		1482423,799	550		119450	0,99542	0,00458		
50		384,5	3771,95		1647137,555	565		119435	0,99529	0,00471		
55		422,95	4149,14		1811851,31	580		119420	0,99517	0,00483		
60		461,4	4526,33		1976565,066	592,5		119408	0,99506	0,00494		
65		499,85	4903,53		2141278,821	607,5		119393	0,99494	0,00506		
70		538,3	5280,72		2305992,576	617,5		119383	0,99485	0,00515		
75		576,75	5657,92		2470706,332	627,5		119373	0,99477	0,00523		
80		615,2	6035,11		2635420,087	637,5		119363	0,99469	0,00531		
85		653,65	6412,31		2800133,843	645		119355	0,99463	0,00538		
90		692,1	6789,5		2964847,598	652,5		119348	0,99456	0,00544		
95		730,55	7166,7		3129561,354	660		119340	0,9945	0,0055		
100		769	7543,89		3294275,109	670		119330	0,99442	0,00558		
105		807,45	7921,08		3458988,885	677,5		119323	0,99435	0,00565		
110		845,9	8298,28		3623702,62	687,5		119313	0,99427	0,00573		
115		884,35	8675,47		3788416,376	692,5		119308	0,99423	0,00577		
120		922,8	9052,67		3953130,131	700		119300	0,99417	0,00583		
125		961,25	9429,86		4117843,886	707,5		119293	0,9941	0,0059		
130		999,7	9807,06		4282557,642	712,5		119288	0,99406	0,00594		

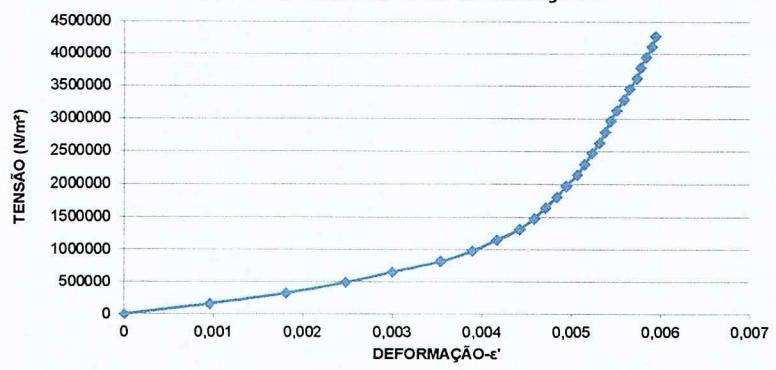
ϵ' RGA EM N/m²

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

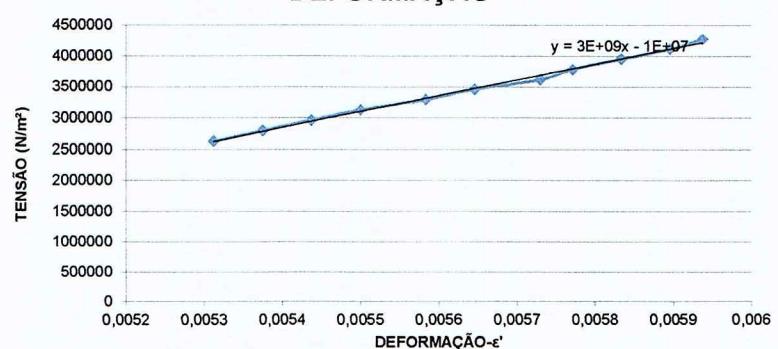
0,0053125 2635420
0,005375 2800134
0,0054375 2964848
0,0055 3129561
0,0055833 3294275
0,0056458 3458989
0,0057292 3623703
0,0057708 3788416
0,0058333 3953130
0,0058958 4117844
0,0059375 4282558

valor de m
2,549E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



Gnaisse milonítico- amostra 15

AÇÃO DO ANEL DE CARGA	DEFORM AO AO (o valor de cada micron em Kgf)	FATOR CORREC ÇÃO	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORM AO MEDIDA (10^-6m)	L0(10-6m)			ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA
								L0-L	ε	ε'				
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				

CARGA
ε'
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

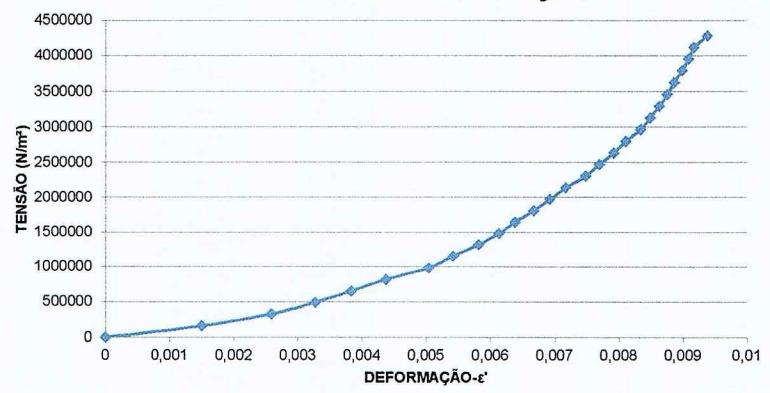
0,008979 3788416

0,009083 3953130

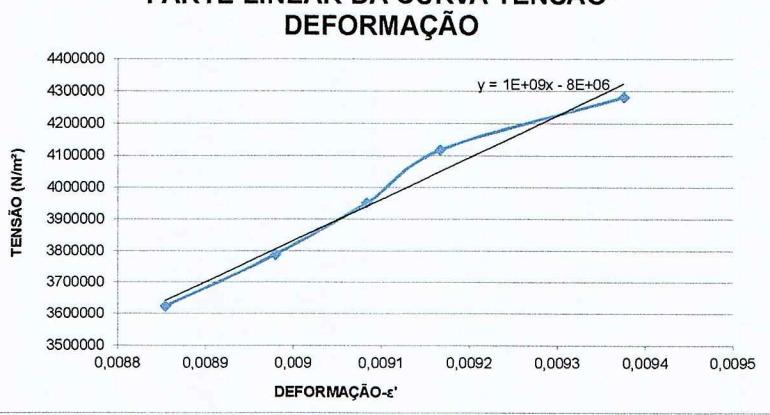
0,009167 4117844

0,009375 4282558

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



Gnaisse- Amostra 1

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 (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMP O DE EXEC UÇÃO	DIA	
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	0	109500	109500	1	1	0	03:46 27/out
5		38,45		377,195	164713,7555	97,5		109403	0,99911			0,00089	
10		76,9		754,389	329427,5109	220		109280	0,99799			0,00201	
15		115,35		1131,58	494141,2664	302,5		109198	0,99724			0,00276	
20		153,8		1508,78	658855,0218	387,5		109113	0,99646			0,00354	
25		192,25		1885,97	823568,7773	460		109040	0,9958			0,0042	
30		230,7		2263,17	988282,5328	530		108970	0,99516			0,00484	
35		269,15		2640,36	1152996,288	597,5		108903	0,99454			0,00546	
40		307,6		3017,56	1317710,044	647,5		108853	0,99409			0,00591	
45		346,05		3394,75	1482423,799	692,5		108808	0,99368			0,00632	
50		384,5		3771,95	1647137,555	735		108765	0,99329			0,00671	
55		422,95		4149,14	1811851,31	780		108720	0,99288			0,00712	
60		461,4		4526,33	1976565,066	820		108680	0,99251			0,00749	
65		499,85		4903,53	2141278,821	857,5		108643	0,99217			0,00783	
70		538,3		5280,72	2305992,576	895		108605	0,99183			0,00817	
75		576,75		5657,92	2470706,332	930		108570	0,99151			0,00849	
80		615,2		6035,11	2635420,087	962,5		108538	0,99121			0,00879	
85		653,65		6412,31	2800133,843	995		108505	0,99091			0,00909	
90		692,1		6789,5	2964847,598	1025		108475	0,99064			0,00936	
95		730,55		7166,7	3129561,354	1057,5		108443	0,99034			0,00966	
100		769		7543,89	3294275,109	1085		108415	0,99009			0,00991	
105		807,45		7921,08	3458988,865	1102,5		108398	0,98993			0,01007	
110		845,9		8298,28	3623702,62	1130		108370	0,98968			0,01032	
115		884,35		8675,47	3788416,376	1150		108350	0,9895			0,0105	
120		922,8		9052,67	3953130,131	1170		108330	0,98932			0,01068	
125		961,25		9429,86	4117843,886	1190		108310	0,98913			0,01087	
130		999,7		9807,06	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

0,007483 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

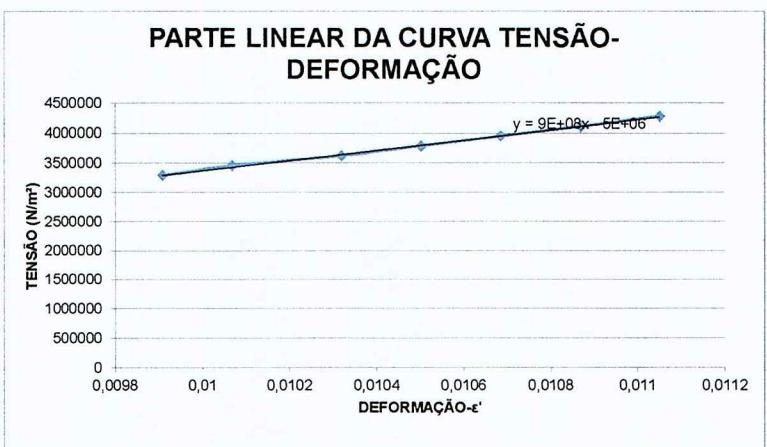
0,010502 3788416

0,010685 3953130

0,010868 4117844

0,01105 4282558

valor de m
8,54E+08



FATOR DE CORREÇ ÃO	DEFORMAÇ ÃO DO ANEL DE CARGA	(o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	LO(10-6m) LO-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA	
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	0	114500	114500	1	1	0	04:28
		5	38,45	377,195	164713,7555	155	114345	0,99865					0,00135
		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

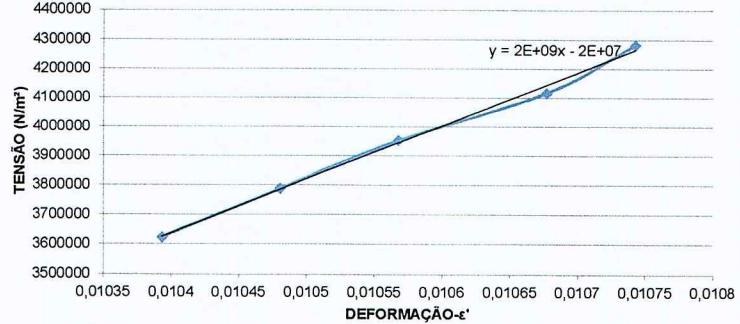
0 0
0,00135371 164714
0,00251092 329428
0,00323144 494141
0,00384279 658855
0,00469432 823569
0,00524017 988283
0,00582969 1152996
0,00628821 1317710
0,00668122 1482424
0,00707424 1647138
0,00744541 1811851
0,00786026 1976565
0,00825328 2141279
0,00864629 2305993
0,00895197 2470706
0,00921397 2635420
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



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



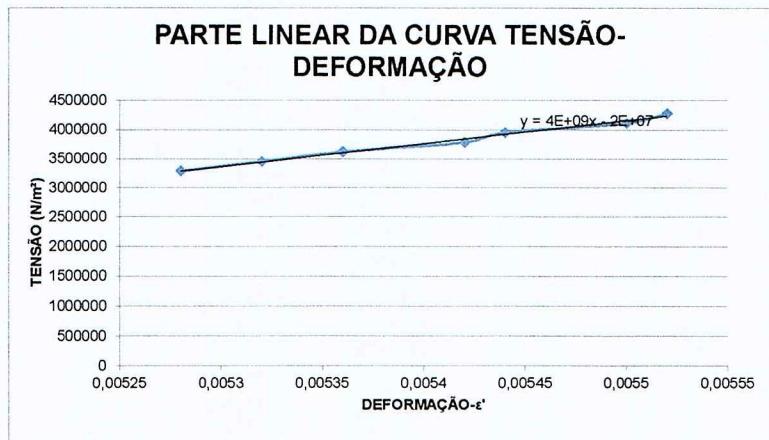
FATOR DE CORREÇ ÃO		Cálculo Finito										TEMPO DE EXECU ÇÃO		
DEFORMAÇ ÃO DO ANEL DE CARGA	(o valor de cada micron em Kgf)	CARGA		ÁREA		DEFORM AÇÃO MEDIDA				ε	ε'	DIA		
		CARGA EM Kgf	EM NS	NEWTO NS	DA (m ²)	CARGA EM N/m ²	EM (10 ⁴ ·m)	LO(10-6m)	LO-L					
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	0	125000	125000	1	1	0	03:30	27/out
5	38,45		377,195		164713,7555	205		124795	0,99836				0,00164	
10	76,9		754,389		329427,5109	277,5		124723	0,99778				0,00222	
15	115,35		1131,58		494141,2664	320		124680	0,99744				0,00256	
20	153,8		1508,78		658855,0218	360		124640	0,99712				0,00288	
25	192,25		1885,97		823568,7773	400		124600	0,9968				0,0032	
30	230,7		2263,17		988282,5328	440		124560	0,99648				0,00352	
35	269,15		2640,36		1152996,288	477,5		124523	0,99618				0,00382	
40	307,6		3017,56		1317710,044	510		124490	0,99592				0,00408	
45	346,05		3394,75		1482423,799	527,5		124473	0,99578				0,00422	
50	384,5		3771,95		1647137,555	540		124460	0,99568				0,00432	
55	422,95		4149,14		1811851,31	550		124450	0,9956				0,0044	
60	461,4		4526,33		1976565,066	562,5		124438	0,9955				0,0045	
65	499,85		4903,53		2141278,821	577,5		124423	0,99538				0,00462	
70	538,3		5280,72		2305992,576	590		124410	0,99528				0,00472	
75	576,75		5657,92		2470706,332	600		124400	0,9952				0,0048	
80	615,2		6035,11		2635420,087	622,5		124378	0,99502				0,00498	
85	653,65		6412,31		2800133,843	627,5		124373	0,99498				0,00502	
90	692,1		6789,5		2964847,598	640		124360	0,99488				0,00512	
95	730,55		7166,7		3129561,354	650		124350	0,9948				0,0052	
100	769		7543,89		3294275,109	660		124340	0,99472				0,00528	
105	807,45		7921,08		3458988,865	665		124335	0,99468				0,00532	
110	845,9		8298,28		3623702,62	670		124330	0,99464				0,00536	
115	884,35		8675,47		3788416,376	677,5		124323	0,99458				0,00542	
120	922,8		9052,67		3953130,131	680		124320	0,99456				0,00544	
125	961,25		9429,86		4117843,886	687,5		124313	0,9945				0,0055	
130	999,7		9807,06		4282557,642	690		124310	0,99448				0,00552	

ϵ'	CARGA EM N/m ²
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



FATOR DE CORREC ÃO	DEFORM AÇÃO DO ANEL DE CARGA	(o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	TEMPO DE EXECU ÇÃO		
								L0(10-6m)	L0-L	ε
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	0	121000	121000	1
5		38,45		377,1945		164713,7555	40		120960	0,999669
10		76,9		754,389		329427,5109	90		120910	0,999256
15		115,35		1131,584		494141,2664	127,5		120872,5	0,998946
20		153,8		1508,778		658855,0218	160		120840	0,998678
25		192,25		1885,973		823568,7773	190		120810	0,99843
30		230,7		2263,167		988282,5328	210		120790	0,998264
35		269,15		2640,362		1152996,288	235		120765	0,998058
40		307,6		3017,556		1317710,044	260		120740	0,997851
45		346,05		3394,751		1482423,799	280		120720	0,997686
50		384,5		3771,945		1647137,555	300		120700	0,997521
55		422,95		4149,14		1811851,31	312,5		120687,5	0,997417
60		461,4		4526,334		1976565,066	322,5		120677,5	0,997335
65		499,85		4903,529		2141278,821	330		120670	0,997273
70		538,3		5280,723		2305992,576	337,5		120662,5	0,997211
75		576,75		5657,918		2470706,332	345		120655	0,997149
80		615,2		6035,112		2635420,087	350		120650	0,997107
85		653,65		6412,307		2800133,843	357,5		120642,5	0,997045
90		692,1		6789,501		2964847,598	360		120640	0,997025
95		730,55		7166,696		3129561,354	362,5		120637,5	0,997004
100		769		7543,89		3294275,109	365		120635	0,996983
105		807,45		7921,085		3458988,865	367,5		120632,5	0,996963
110		845,9		8298,279		3623702,62	370		120630	0,996942
115		884,35		8675,474		3788416,376	370		120630	0,996942
120		922,8		9052,668		3953130,131	372,5		120627,5	0,996921
125		961,25		9429,863		4117843,886	375		120625	0,996901
130		999,7		9807,057		4282557,642	375		120625	0,996901

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

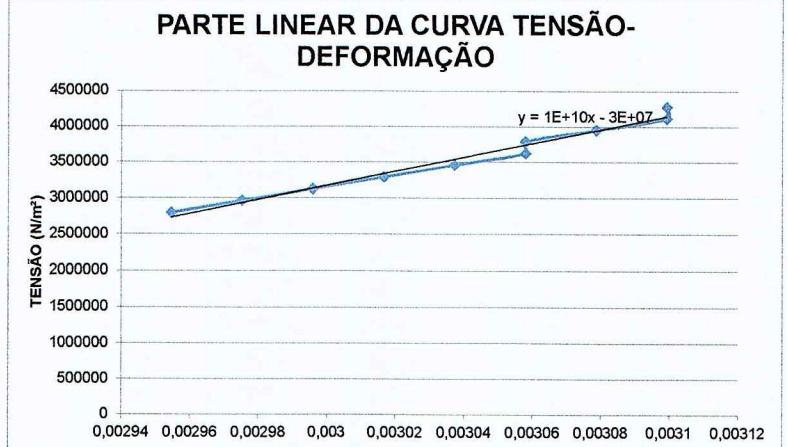
0,003058 3623703

0,003058 3788416

0,003079 3953130

0,003099 4117844

0,003099 4282558



valor de m

9,744E+09

Granito 1- Amostra 1

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	CORRÉO CARGA (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	0	0	0	0	0	0	111000	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		986282,5328	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' TENSÃO 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

0,002025 4117844

0,002072 4282558

0,001802 2635420

0,001824 2800134

0,001869 2964848

0,001892 3129561

0,001914 3294275

0,001959 3458989

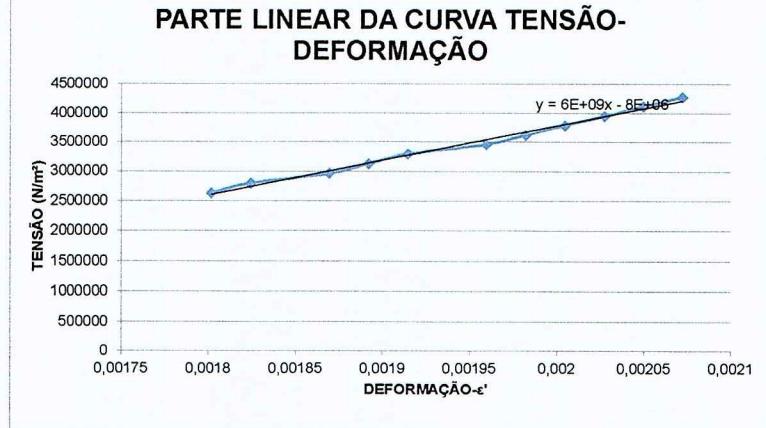
0,001982 3623703

0,002005 3788416

0,002027 3953130

0,002025 4117844

0,002072 4282558



valor de m
5,956E+09

Granito 1- Amostra 2

FATOR DE DEFORMA ÇÃO DO ANEL DE CARGA	CORREÇÃO 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^-6m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	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		

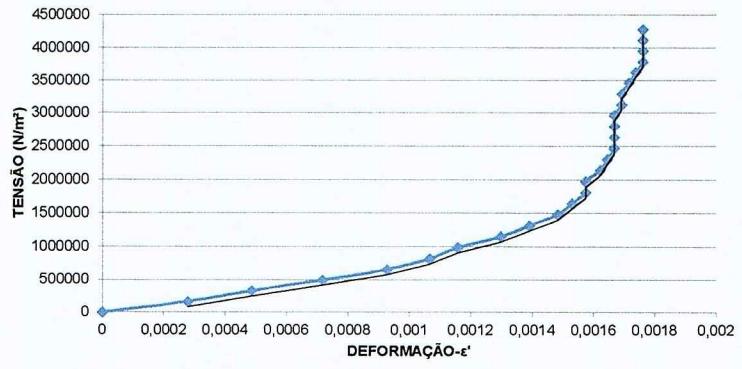
ε' RGA EM N/m²

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
0,00176565 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

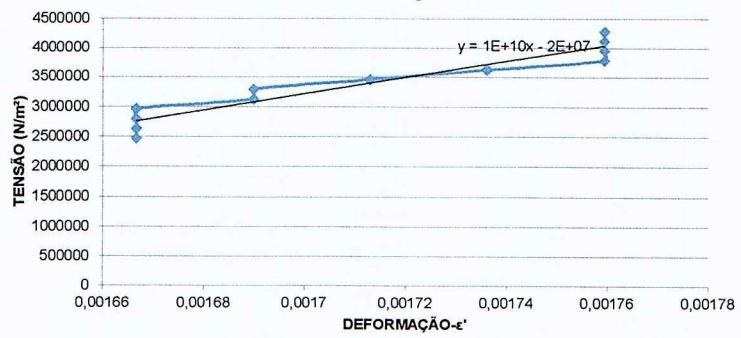
0,0016667 2470706
0,0016667 2635420
0,0016667 2800134
0,0016667 2964848
0,0016898 3129561
0,0016898 3294275
0,001713 3458989
0,0017361 3623703
0,0017593 3788416
0,0017593 3953130
0,0017593 4117844
0,0017593 4282558

valor de m
1,3756E+10

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



Granito 1- Segundo teste com amostra 1

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 (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)		ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA
							L0-L	ε				
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

0,001688 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

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

DEFORM	FATOR DE CORREC	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFORM	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA			
AÇÃO DO ANEL DE CARGA	ÃO (o valor de cada micron em Kgf)				AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'		
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	0	110500	110500	1	1
5	38,45	377,195		164713,7555	120	110380	0,99891			0,00109	
10	76,9	754,389		329427,5109	210	110290	0,9981			0,0019	
15	115,35	1131,58		494141,2664	330	110170	0,99701			0,00299	
20	153,8	1508,78		658855,0218	430	110070	0,99611			0,00389	
25	192,25	1885,97		823568,7773	502,5	109998	0,99545			0,00455	
30	230,7	2263,17		988282,5328	590	109910	0,99466			0,00534	
35	269,15	2640,36		1152996,288	630	109870	0,9943			0,0057	
40	307,6	3017,56		1317710,044	677,5	109823	0,99387			0,00613	
45	346,05	3394,75		1482423,799	715	109785	0,99353			0,00647	
50	384,5	3771,95		1647137,555	747,5	109753	0,99324			0,00676	
55	422,95	4149,14		1811851,31	797,5	109703	0,99278			0,00722	
60	461,4	4526,33		1976565,066	832,5	109668	0,99247			0,00753	
65	499,85	4903,53		2141278,821	867,5	109633	0,99215			0,00785	
70	538,3	5280,72		2305992,576	900	109600	0,99186			0,00814	
75	576,75	5657,92		2470706,332	927,5	109573	0,99161			0,00839	
80	615,2	6035,11		2635420,087	950	109550	0,9914			0,0086	
85	653,65	6412,31		2800133,843	980	109520	0,99113			0,00887	
90	692,1	6789,5		2964847,598	1002,5	109498	0,99093			0,00907	
95	730,55	7166,7		3129561,354	1002,5	109498	0,99093			0,00907	
100	769	7543,89		3294275,109	1047,5	109453	0,99052			0,00948	
105	807,45	7921,08		3458988,865	1067,5	109433	0,99034			0,00966	
110	845,9	8298,28		3623702,62	1080	109420	0,99023			0,00977	
115	884,35	8675,47		3788416,376	1090	109410	0,99014			0,00986	
120	922,8	9052,67		3953130,131	1102,5	109398	0,99002			0,00998	
125	961,25	9429,86		4117843,886	1112,5	109388	0,98993			0,01007	
130	999,7	9807,06		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

0,0088668 2800134

0,0090724 2964848

0,0090724 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

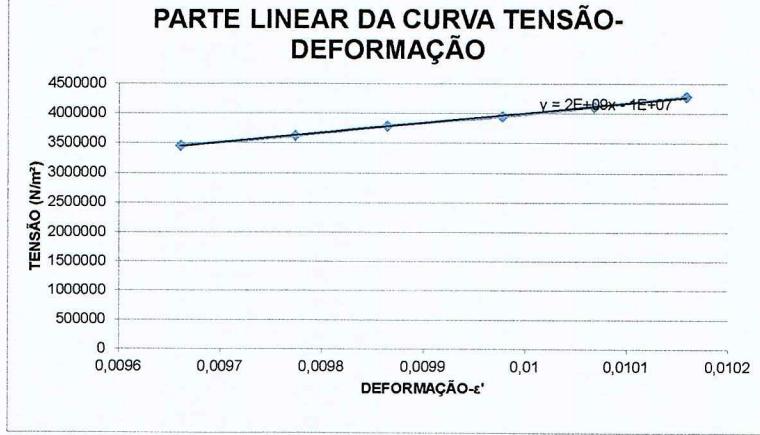
0,0099774 3953130

0,0100679 4117844

0,0101584 4282558

valor de m

1,652E+09



Granito 1- Segundo teste com amostra 3

FATOR DE CORREÇ ÃO	DEFORM AÇÃO DO ANEL DE CARGA	(o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTO	ÁREA DA BASE NS	CARGA EM (m ²)	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	TEMPO DE EXECU ÇÃO			
								L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'
	0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	108000	108000	1	1
	5	38,45	377,195	164713,7555	47,5		107953	0,99956		0,00044	
	10	76,9	754,389	329427,5109	87,5		107913	0,99919		0,00081	
	15	115,35	1131,58	494141,2664	120		107880	0,99889		0,00111	
	20	153,8	1508,78	658855,0218	140		107860	0,9987		0,0013	
	25	192,25	1885,97	823568,7773	162,5		107838	0,9985		0,0015	
	30	230,7	2263,17	988282,5328	180		107820	0,99833		0,00167	
	35	269,15	2640,36	1152996,288	190		107810	0,99824		0,00176	
	40	307,6	3017,56	1317710,044	200		107800	0,99815		0,00185	
	45	346,05	3394,75	1482423,799	210		107790	0,99806		0,00194	
	50	384,5	3771,95	164713,7555	217,5		107783	0,99799		0,00201	
	55	422,95	4149,14	1811851,31	222,5		107778	0,99794		0,00206	
	60	461,4	4526,33	1976565,066	227,5		107773	0,99789		0,00211	
	65	499,85	4903,53	2141278,821	232,5		107768	0,99785		0,00215	
	70	538,3	5280,72	2305992,576	237,5		107763	0,9978		0,0022	
	75	576,75	5657,92	2470706,332	240		107760	0,99778		0,00222	
	80	615,2	6035,11	2635420,087	242,5		107758	0,99775		0,00225	
	85	653,65	6412,31	2800133,843	247,5		107753	0,99771		0,00229	
	90	692,1	6789,5	2964847,598	250		107750	0,99769		0,00231	
	95	730,55	7166,7	3129561,354	255		107745	0,99764		0,00236	
	100	769	7543,89	3294275,109	257,5		107743	0,99762		0,00238	
	105	807,45	7921,08	3458988,865	260		107740	0,99759		0,00241	
	110	845,9	8298,28	3623702,62	262,5		107738	0,99757		0,00243	
	115	884,35	8675,47	3788416,376	267,5		107733	0,99752		0,00248	
	120	922,8	9052,67	3953130,131	270		107730	0,9975		0,0025	
	125	961,25	9429,86	4117843,886	270		107730	0,9975		0,0025	
	130	999,7	9807,06	4282557,642	272,5		107728	0,99748		0,00252	

ϵ' RGA EM N/m²

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

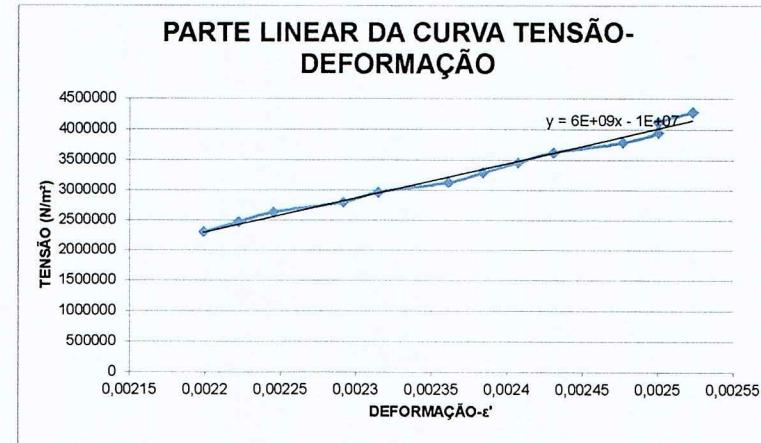
0,0024306 3623703

0,0024769 3788416

0,0025 3953130

0,0025 4117844

0,0025231 4282558



Granito 2- Amostra 1

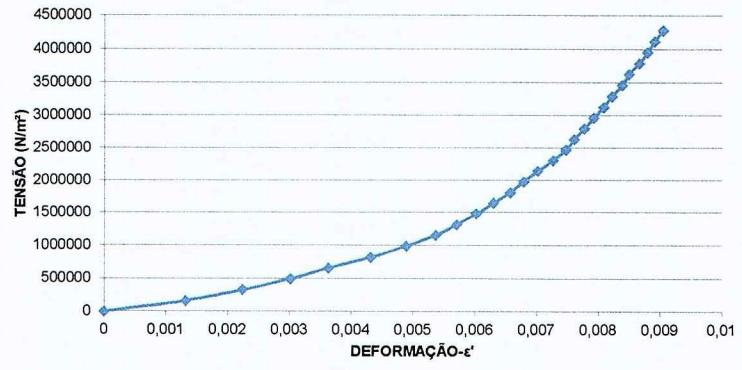
DEFORM AÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORRE ÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMP O DE	DIA	EXEC UÇÃO
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	0	109500	109500	1	1	0	07:56 26/out
5	38,45	377,195		164713,7555	145	109355	0,99868					0,00132	
10	76,9	754,389		329427,5109	245	109255	0,99776					0,00224	
15	115,35	1131,58		494141,2664	330	109170	0,99699					0,00301	
20	153,8	1508,78		658855,0218	397,5	109103	0,99637					0,00363	
25	192,25	1885,97		823568,7773	472,5	109028	0,99568					0,00432	
30	230,7	2263,17		988282,5328	535	108965	0,99511					0,00489	
35	269,15	2640,36		1152996,288	587,5	108913	0,99463					0,00537	
40	307,6	3017,56		1317710,044	625	108875	0,99429					0,00571	
45	346,05	3394,75		1482423,799	660	108840	0,99397					0,00603	
50	384,5	3771,95		1647137,555	690	108810	0,9937					0,0063	
55	422,95	4149,14		1811851,31	720	108780	0,99342					0,00658	
60	461,4	4526,33		1976565,066	742,5	108758	0,99322					0,00678	
65	499,85	4903,53		2141278,821	767,5	108733	0,99299					0,00701	
70	538,3	5280,72		2305992,576	795	108705	0,99274					0,00726	
75	576,75	5657,92		2470706,332	817,5	108683	0,99253					0,00747	
80	615,2	6035,11		2635420,087	832,5	108668	0,9924					0,0076	
85	653,65	6412,31		2800133,843	850	108650	0,99224					0,00776	
90	692,1	6789,5		2964847,598	867,5	108633	0,99208					0,00792	
95	730,55	7166,7		3129561,354	885	108615	0,99192					0,00808	
100	769	7543,89		3294275,109	900	108600	0,99178					0,00822	
105	807,45	7921,08		3458988,865	917,5	108583	0,99162					0,00838	
110	845,9	8298,28		3623702,62	930	108570	0,99151					0,00849	
115	884,35	8675,47		3788416,376	947,5	108553	0,99135					0,00865	
120	922,8	9052,67		3953130,131	962,5	108538	0,99121					0,00879	
125	961,25	9429,86		4117843,886	975	108525	0,9911					0,0089	
130	999,7	9807,06		4282557,642	990	108510	0,99096					0,00904	

ε' TGA EM N/m²

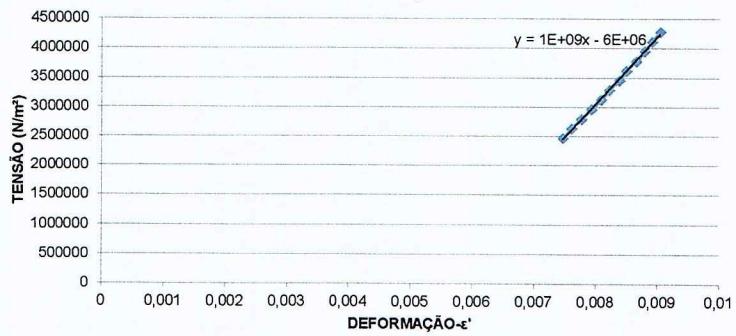
0

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

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



valor de m
1,14E+09

Granito 2- Amostra 2

DEFORM AÇÃO DO ANEL DE CARGA	CORRE ÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)			ε	ε'	TEMP O DE EXECU ÇÃO	DIA
							L0-L	ε	ε'				
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	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				

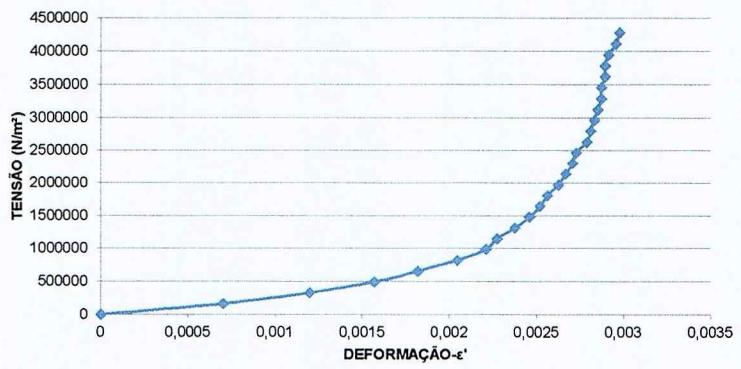
ε' RGA EM N/m²

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
0,002821 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

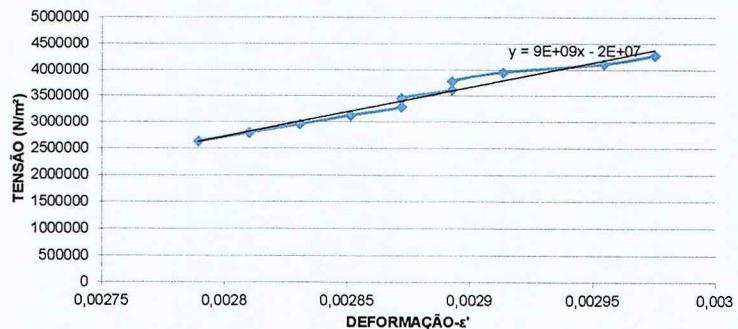
0,0027893 2635420
0,002821 2800134
0,002831 2964848
0,002851 3129561
0,002872 3294275
0,002872 3458989
0,002893 3623703
0,002893 3788416
0,002913 3953130
0,002955 4117844
0,002975 4282558

valor de m
9,418E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



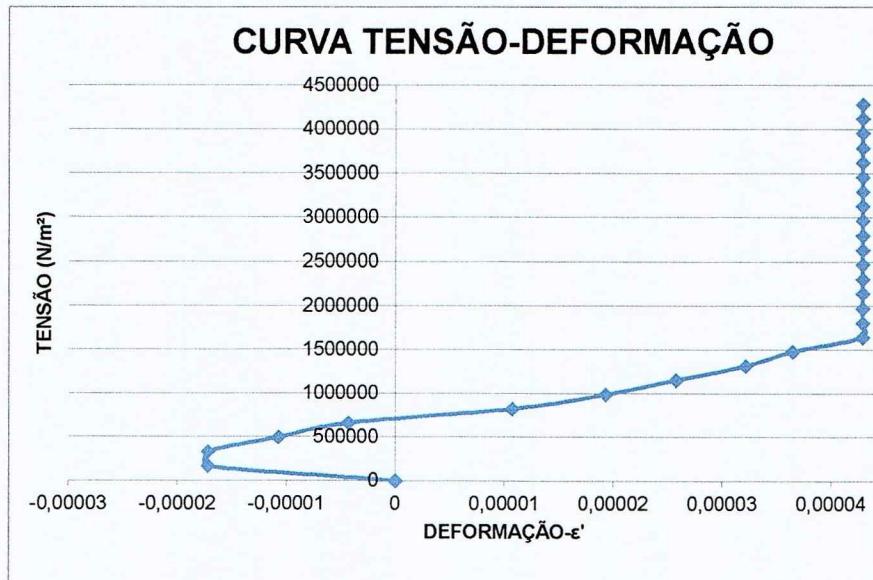
Granito 2- Amostra 3

DEFOR MAÇÃO 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 (m ²)	CARGA EM N/m ²	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 1
5		38,45	377,1945		164713,7555	-2	116502	1,000017	
10		76,9	754,389		329427,5109	-2	116502	1,000017	
15		115,35	1131,584		494141,2664	-1,25	116501,3	1,000011	
20		153,8	1508,778		658855,0218	-0,5	116500,5	1,000004	
25		192,25	1885,973		823568,7773	1,25	116498,8	0,999989	
30		230,7	2263,167		988282,5328	2,25	116497,8	0,999981	
35		269,15	2640,362		1152996,288	3	116497	0,999974	
40		307,6	3017,556		1317710,044	3,75	116496,3	0,999968	
45		346,05	3394,751		1482423,799	4,25	116495,8	0,999964	
50		384,5	3771,945		1647137,555	5	116495	0,999957	
55		422,95	4149,14		1811851,31	5	116495	0,999957	
60		461,4	4526,334		1976565,066	5	116495	0,999957	
65		499,85	4903,529		2141278,821	5	116495	0,999957	
70		538,3	5280,723		2305992,576	5	116495	0,999957	
75		576,75	5657,918		2470706,332	5	116495	0,999957	
80		615,2	6035,112		2635420,087	5	116495	0,999957	
85		653,65	6412,307		2800133,843	5	116495	0,999957	
90		692,1	6789,501		2964847,598	5	116495	0,999957	
95		730,55	7166,696		3129561,354	5	116495	0,999957	
100		769	7543,89		3294275,109	5	116495	0,999957	
105		807,45	7921,085		3458988,865	5	116495	0,999957	
110		845,9	8298,279		3623702,62	5	116495	0,999957	
115		884,35	8675,474		3788416,376	5	116495	0,999957	
120		922,8	9052,668		3953130,131	5	116495	0,999957	
125		961,25	9429,863		4117843,886	5	116495	0,999957	
130		999,7	9807,057		4282557,642	5	116495	0,999957	

ε' TENSÃO 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

TEMPO
DE
EXECU
ÇÃO



Granito 2- Amostra 4

DEFORM	FATOR DE CORRE	AÇÃO DO de cada	CARGA ANEL DE CARGA	CARGA EM Kgf	CARGA EM Kgf	ÁREA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORM	AÇÃO MEDIDA	(10^-6m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	EXEC	TEMP O DE	UÇÃO	DIA								
0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	
0	7,69	0	9,81	0	0,00229	0	0,00229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	38,45	377,195	164713,7555	95	129405	0,99927	0,00073																				
10	76,9	754,389	329427,5109	170	129330	0,99869	0,00131																				
15	115,35	1131,58	494141,2664	232,5	129268	0,9982	0,0018																				
20	153,8	1508,78	658855,0218	270	129230	0,99792	0,00208																				
25	192,25	1885,97	823568,7773	300	129200	0,99768	0,00232																				
30	230,7	2263,17	988282,5328	322,5	129178	0,99751	0,00249																				
35	269,15	2640,36	1152996,288	340	129160	0,99737	0,00263																				
40	307,6	3017,56	1317710,044	360	129140	0,99722	0,00278																				
45	346,05	3394,75	1482423,799	372,5	129128	0,99712	0,00288																				
50	384,5	3771,95	164713,7555	385	129115	0,99703	0,00297																				
55	422,95	4149,14	1811851,31	392,5	129108	0,99697	0,00303																				
60	461,4	4526,33	1976565,066	402,5	129098	0,99689	0,00311																				
65	499,85	4903,53	2141278,821	412,5	129088	0,99681	0,00319																				
70	538,3	5280,72	2305992,576	422,5	129078	0,99674	0,00326																				
75	576,75	5657,92	2470706,332	430	129070	0,99668	0,00332																				
80	615,2	6035,11	2635420,087	437,5	129063	0,99662	0,00338																				
85	653,65	6412,31	2800133,843	450	129050	0,99653	0,00347																				
90	692,1	6789,5	2964847,598	452,5	129048	0,99651	0,00349																				
95	730,55	7166,7	3129561,354	460	129040	0,99645	0,00355																				
100	769	7543,89	3294275,109	467,5	129033	0,99639	0,00361																				
105	807,45	7921,08	3458988,865	470	129030	0,99637	0,00363																				
110	845,9	8298,28	3623702,62	477,5	129023	0,99631	0,00369																				
115	884,35	8675,47	3788416,376	482,5	129018	0,99627	0,00373																				
120	922,8	9052,67	3953130,131	490	129010	0,99622	0,00378																				
125	961,25	9429,86	4117843,886	495	129005	0,99618	0,00382																				
130	999,7	9807,06	4282557,642	500	129000	0,99614	0,00386																				

ε' RGA 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

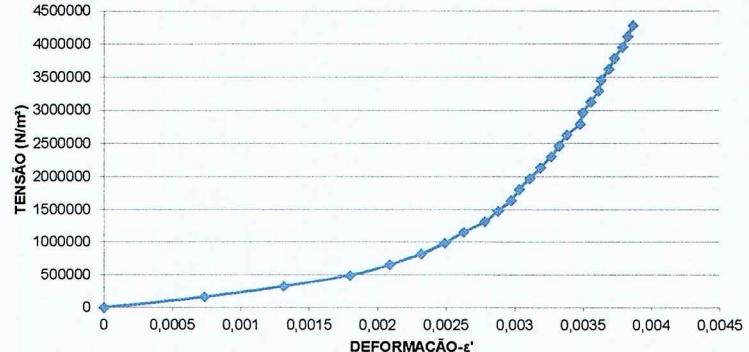
0,003784 3953130

0,003822 4117844

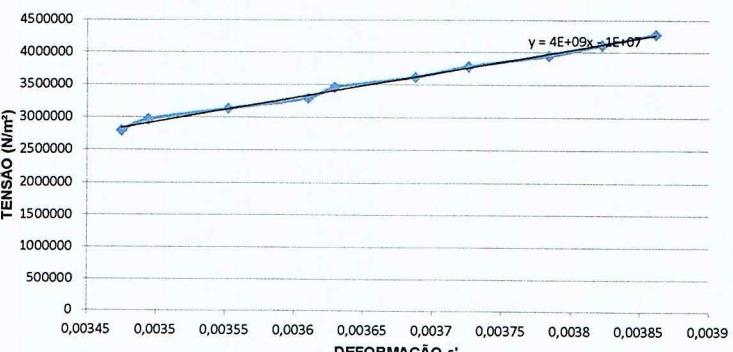
0,003861 4282558

valor m
3,688E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



Granito 2- Amostra 5

DEFORMA ÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORREC ÇÃO ÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFOR MAÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	LO(10-6m)			ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA
							LO-L	ε	ε'				
0	7,69	0	9,81	0	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	

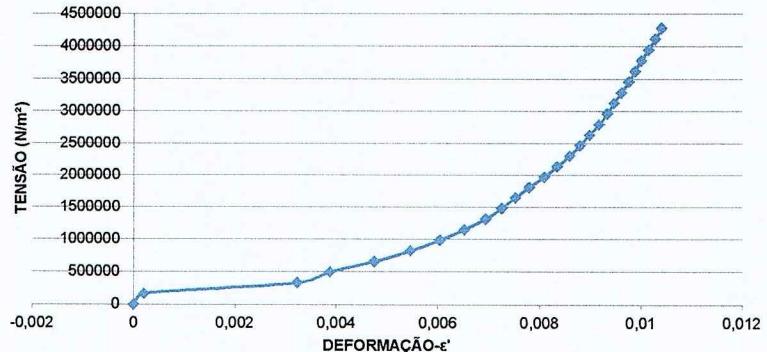
ε' RGA EM N/m²

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

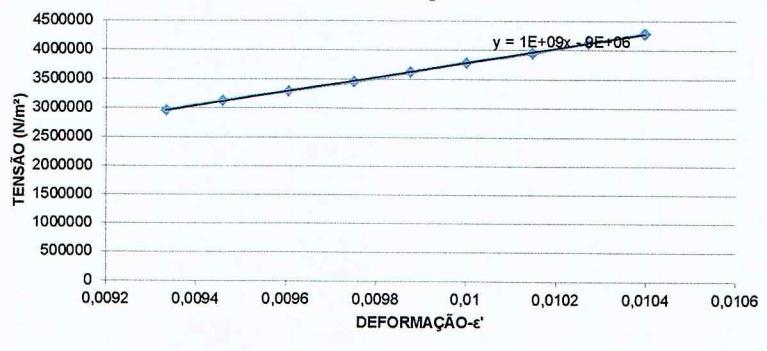
0,009333 2964848
0,009458 3129561
0,009604 3294275
0,00975 3458989
0,009875 3623703
0,01 3788416
0,010146 3953130
0,010271 4117844
0,010396 4282558

valor de m
1,23E+09

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



Laminito- Amostra 1

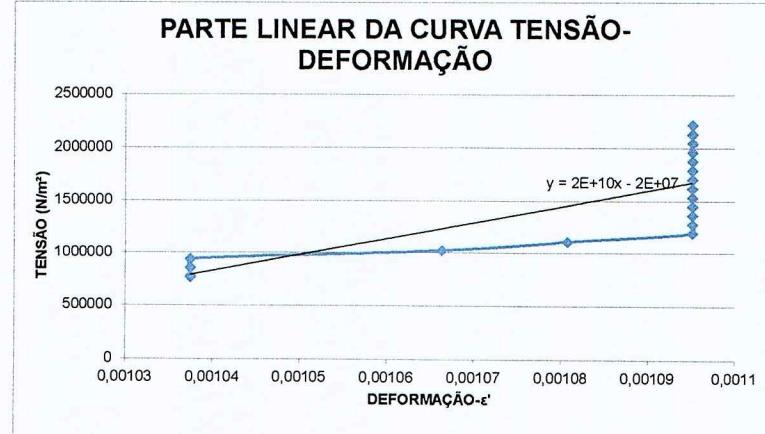
FATOR DE CORREÇ ÃO	DEFORMA ÇÃO DO ANEL DE CARGA	(o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10^-6m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	1	1	0	04:14	25/out
		0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	0	173500	173500	1	1	0	04:14	25/out
		5		38,45		377,195		85338,12217	45		173455	0,99974			0,00026	
		10		76,9		754,389		170676,2443	90		173410	0,99948			0,00052	
		15		115,35		1131,58		256014,3665	110		173390	0,99937			0,00063	
		20		153,8		1508,78		341352,4887	130		173370	0,99925			0,00075	
		25		192,25		1885,97		426690,6109	145		173355	0,99916			0,00084	
		30		230,7		2263,17		512028,733	160		173340	0,99908			0,00092	
		35		269,15		2640,36		597366,8552	170		173330	0,99902			0,00098	
		40		307,6		3017,56		682704,9774	177,5		173323	0,99898			0,00102	
		45		346,05		3394,75		768043,0995	180		173320	0,99896			0,00104	
		50		384,5		3771,95		853381,2217	180		173320	0,99896			0,00104	
		55		422,95		4149,14		938719,3439	180		173320	0,99896			0,00104	
		60		461,4		4526,33		1024057,466	185		173315	0,99893			0,00107	
		65		499,85		4903,53		1109395,588	187,5		173313	0,99892			0,00108	
		70		538,3		5280,72		1194733,71	190		173310	0,9989			0,0011	
		75		576,75		5657,92		1280071,833	190		173310	0,9989			0,0011	
		80		615,2		6035,11		1365409,955	190		173310	0,9989			0,0011	
		85		653,65		6412,31		1450748,077	190		173310	0,9989			0,0011	
		90		692,1		6789,5		1536086,199	190		173310	0,9989			0,0011	
		95		730,55		7166,7		1621424,321	190		173310	0,9989			0,0011	
		100		769		7543,89		1706762,443	190		173310	0,9989			0,0011	
		105		807,45		7921,08		1792100,566	190		173310	0,9989			0,0011	
		110		845,9		8298,28		1877438,688	190		173310	0,9989			0,0011	
		115		884,35		8675,47		1962776,81	190		173310	0,9989			0,0011	
		120		922,8		9052,67		2048114,932	190		173310	0,9989			0,0011	
		125		961,25		9429,86		2133453,054	190		173310	0,9989			0,0011	
		130		999,7		9807,06		2218791,176	190		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

FATOR DE CORREÇ ÃO	DEFORMA ÇÃO DO ANEL DE CARGA	CARGA de cada micron	CARGA em Kgf	CARGA EM Kgf	ÁREA EM NS (m ²)	DEFORM AÇÃO MEDIDA	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO DIA		
											0	12:13	25/out
		0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	0	1	0		
5					0	0		47,5	170953	0,99972	0,00028		
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
0,0021637 2048115
0,002193 2133453
0,0022222 2218791

valor de m
2020934611



FATOR DE CORRE- ÇÃO	DEFORMA ÇÃO DO ANEL DE CARGA	(o valor de cada em Kgf)	CARGA		ÁREA		DEFOR- MAÇÃO		TEMPO		
			CARGA EM Kgf	CARGA EM NS	EM NEVTO (m²)	DA BASE N/m²	CARGA EM N/m²	MEDIDA (10^-6m)	LO(10-6m); L0-L	ε	ε'
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	0	176000	176000	1	1
5		38,45		377,195		65338,12217	120		175880	0,99932	0,00068
10		76,9		754,389		170676,2443	185		175815	0,99895	0,00105
15		113,35		1131,58		256014,3665	240		175780	0,99864	0,00136
20		153,8		1508,78		341352,4887	270		175730	0,99847	0,00153
25		192,25		1865,97		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		567,75		5657,92		1280071,833	407,5		175593	0,99768	0,00232
80		605,2		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

0,0013630 256014

0,0015341 341352

2500000

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO

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

0,0023289 1365410

0,002358 1450748

0,0023864 1536086

0,0023864 1621424

0,0024008 1706762

0,0024148 1792101

0,0024289 1877439

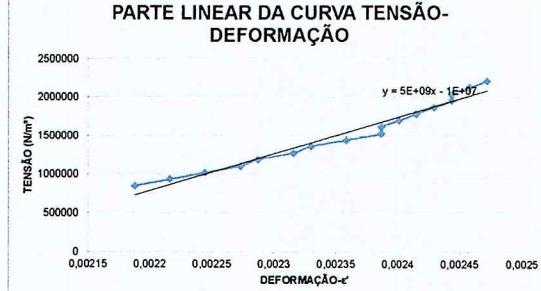
0,00244318 1962777

0,00244318 2048115

0,00245739 2133453

0,00247159 2218791

valor de m



0,00238636 1536086

0,00238636 1621424

0,00240057 1706762

0,00241477 1792101

0,00242898 1877439

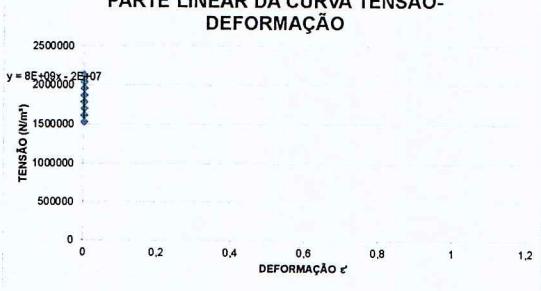
0,00244318 1962777

0,00244318 2048115

0,00245739 2133453

0,00247159 2218791

valor de m

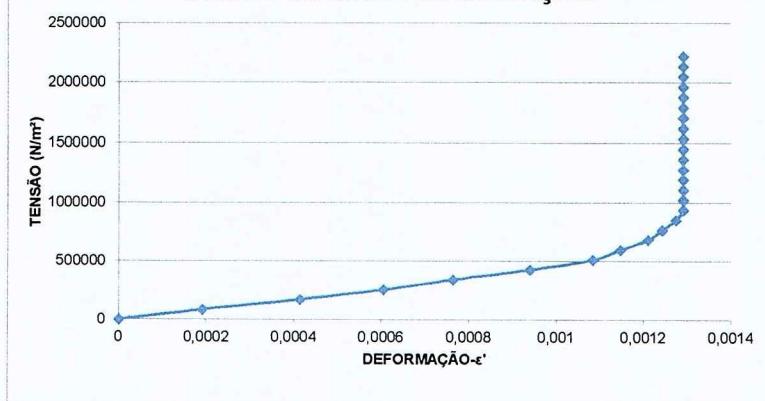


FATOR DE CORREÇ ÃO	DEFORMA ÇÃO DO ANEL DE CARGA	(o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM	ÁREA DA BASE	CARGA EM N/m ²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	LO(10-6m; LO-L	ε	ε'	1	1	0	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA
														04:16	
NS	(m ²)	N/m ²	LO(10-6m)	ε	ε'	04:16	25/out								
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	0	157000	157000	1	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

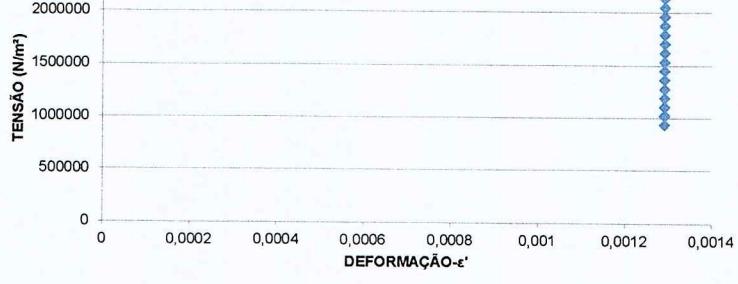
0 0
0,00019108 85338,1
0,00041401 170676
0,0006051 256014
0,00076433 341352
0,00093949 426691
0,0010828 512029
0,0011465 597367
0,00121019 682705
0,00124204 768043
0,00127389 853381
0,00128981 938719
0,00128981 1024057
0,00128981 1109396
0,00128981 1194734
0,00128981 1280072
0,00128981 1365410
0,00128981 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

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORRÉÇÃO (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	0,00442	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

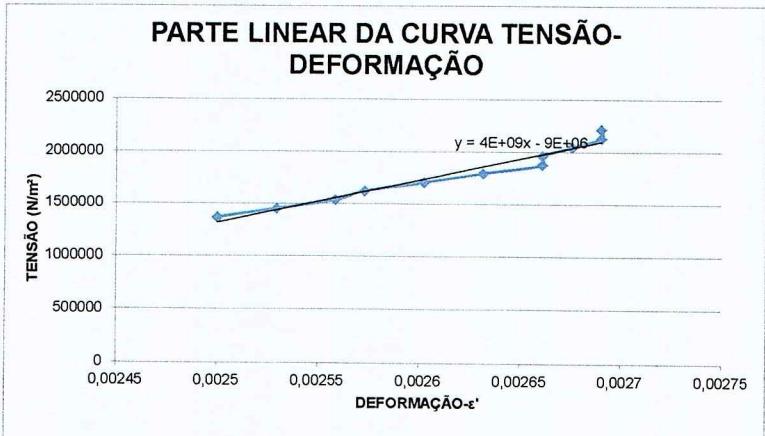
0,002661 1962777

0,002675 2048115

0,00269 2133453

0,00269 2218791

valor de m
4,124E+09



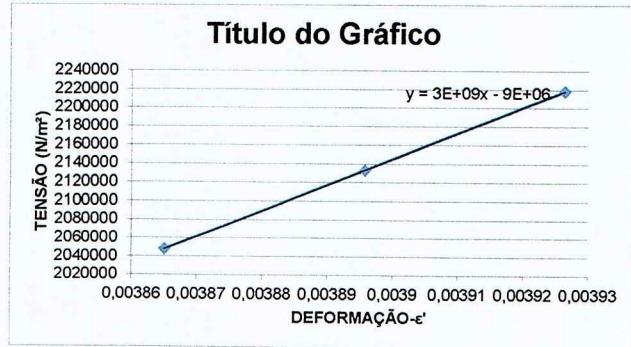
Laminito- Amostra 7

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^-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	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' TENSÃO EM N/m²

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
0,00257669 682704,98
0,00276074 768043,1
0,00288344 853381,22
0,00300613 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

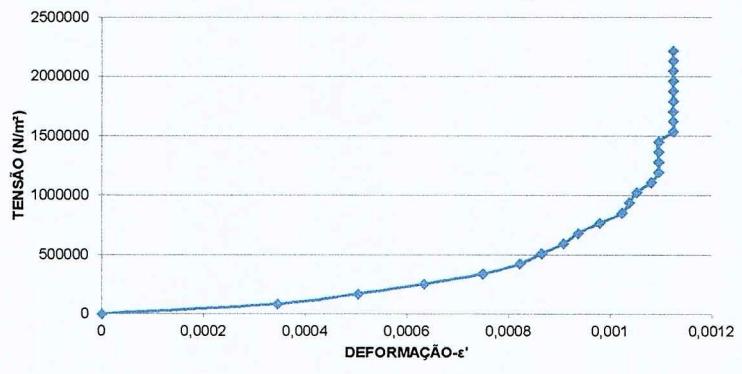
Laminito- Segundo teste com Amostra 1

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORRECÇÃO (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	7,89	0	9,81	0	0,00442	0	0	173500	173500	1	1	0	03:20 27/out
5		38,45	377,195		85338,12217	60		173440	0,99965			0,00035	
10		76,9	754,389		170676,2443	87,5		173413	0,9995			0,0005	
15		115,35	1131,58		256014,3665	110		173390	0,99937			0,00063	
20		153,8	1508,78		341352,4887	130		173370	0,99925			0,00075	
25		192,25	1885,97		426690,6109	142,5		173358	0,99918			0,00082	
30		230,7	2263,17		512028,733	150		173350	0,99914			0,00086	
35		269,15	2640,36		597366,8552	157,5		173343	0,99909			0,00091	
40		307,6	3017,56		682704,9774	162,5		173338	0,99906			0,00094	
45		346,05	3394,75		768043,0995	170		173330	0,99902			0,00098	
50		384,5	3771,95		853381,2217	177,5		173323	0,99898			0,00102	
55		422,95	4149,14		938719,3439	180		173320	0,99896			0,00104	
60		461,4	4526,33		1024057,466	182,5		173318	0,99895			0,00105	
65		499,85	4903,53		1109395,588	187,5		173313	0,99892			0,00108	
70		538,3	5280,72		1194733,71	190		173310	0,9989			0,0011	
75		576,75	5657,92		1280071,833	190		173310	0,9989			0,0011	
80		615,2	6035,11		1365409,955	190		173310	0,9989			0,0011	
85		653,65	6412,31		1450748,077	190		173310	0,9989			0,0011	
90		692,1	6789,5		1536086,199	195		173305	0,99888			0,00112	
95		730,55	7166,7		1621424,321	195		173305	0,99888			0,00112	
100		769	7543,89		1706762,443	195		173305	0,99888			0,00112	
105		807,45	7921,08		1792100,566	195		173305	0,99888			0,00112	
110		845,9	8298,28		1877438,688	195		173305	0,99888			0,00112	
115		884,35	8675,47		1962776,81	195		173305	0,99888			0,00112	
120		922,8	9052,67		2048114,932	195		173305	0,99888			0,00112	
125		961,25	9429,86		2133453,054	195		173305	0,99888			0,00112	
130		999,7	9807,06		2218791,176	195		173305	0,99888			0,00112	

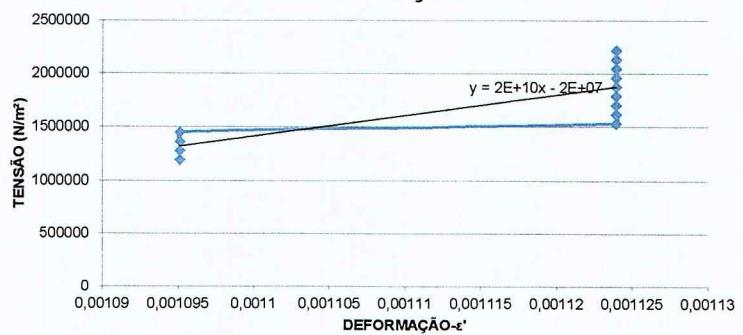
ε' RGA EM N/m²

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 1877439
0,0011239 1962777
0,0011239 2048115
0,0011239 2133453
0,0011239 2218791

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



valor de m
1,9248E+10

Laminito- Segundo teste com Amostra 2

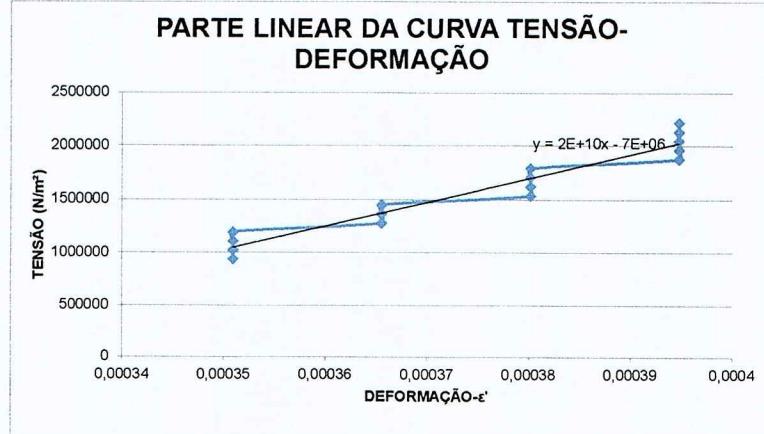
FATOR DE DEFORMA ÇÃO DO ANEL DE CARGA	CORREÇÃO ÀO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMA ÇÃO MEDIDA (10^-6m)	L0(10-6m)			ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA
							L0-L	ε	ε'				
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	171000	171000	1	1	0	02:50	27/out
5		38,45		377,195		85338,12217	10	170990	0,99994	5,8E-05			
10		76,9		754,369		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

ANEL DE CARGA	DEFORMAÇÃO DO CARGA (o valor de cada micron em Kgf)	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	0,00442	0	176000	176000	1	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		

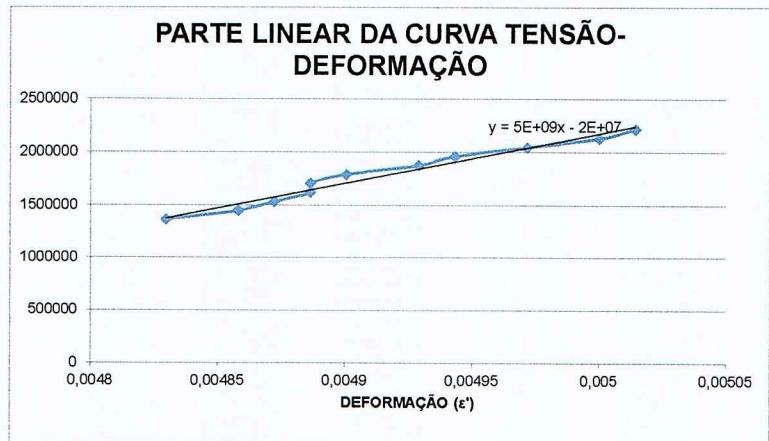
ε' RGA EM N/m²

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
0,004743 1194734
0,004773 1280072
0,004883 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

MAÇAO DO ANEL DE CARGA	CORREÇ (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEWTO NS	ÁREA DA BASE (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)			ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA
							L0-L	L0-L	ε				
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	157000	157000	1	1	0	03:12	27/out
5		38,45		377,1945		85338,12217	0	157000	1	0			
10		76,9		754,389		170676,2443	10	156990	0,999936		6,37E-05		
15		115,35		1131,584		256014,3665	30	156970	0,999809		0,000191		
20		153,8		1508,778		341352,4887	47,6	156952,4	0,999697		0,000303		
25		192,25		1885,973		426690,6109	70	156930	0,999554		0,000446		
30		230,7		2263,167		512028,733	87,5	156912,5	0,999443		0,000557		
35		269,15		2640,362		597366,8552	110	156890	0,999299		0,000701		
40		307,6		3017,556		682704,9774	120	156880	0,999236		0,000764		
45		346,05		3394,751		768043,0995	127,5	156872,5	0,999188		0,000812		
50		384,5		3771,945		853381,2217	135	156865	0,99914		0,00086		
55		422,95		4149,14		938719,3439	142,5	156857,5	0,999092		0,000908		
60		461,4		4526,334		1024057,466	150	156850	0,999045		0,000955		
65		499,85		4903,529		1109395,588	150	156850	0,999045		0,000955		
70		538,3		5280,723		1194733,71	150	156850	0,999045		0,000955		
75		576,75		5657,918		1280071,833	150	156850	0,999045		0,000955		
80		615,2		6035,112		1365409,955	150	156850	0,999045		0,000955		
85		653,65		6412,307		1450748,077	150	156850	0,999045		0,000955		
90		692,1		6789,501		1536086,199	150	156850	0,999045		0,000955		
95		730,55		7166,696		1621424,321	150	156850	0,999045		0,000955		
100		769		7543,89		1706762,443	150	156850	0,999045		0,000955		
105		807,45		7921,085		1792100,566	150	156850	0,999045		0,000955		
110		845,9		8298,279		1877438,688	150	156850	0,999045		0,000955		
115		884,35		8675,474		1962776,81	150	156850	0,999045		0,000955		
120		922,8		9052,668		2048114,932	150	156850	0,999045		0,000955		
125		961,25		9429,863		2133453,054	150	156850	0,999045		0,000955		
130		999,7		9807,057		2218791,176	150	156850	0,999045		0,000955		

ε' RGA 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

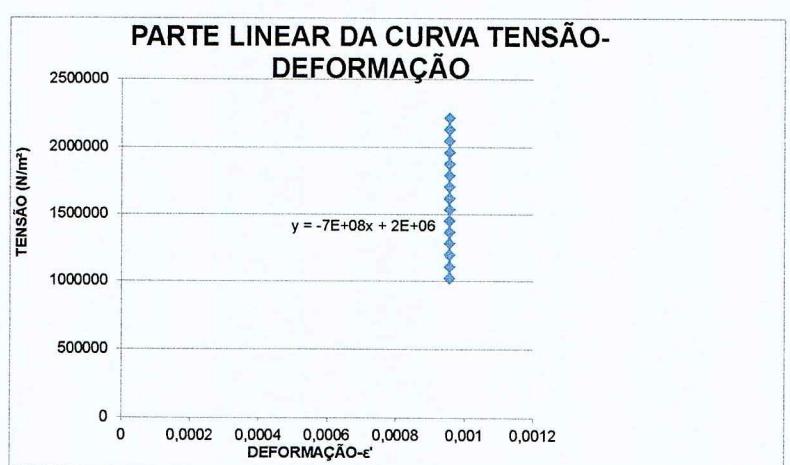
0,00096 1877439

0,00096 1962777

0,00096 2048115

0,00096 2133453

0,00096 2218791



Laminito- Segundo teste com Amostra 5

DEFOR MAÇÃO 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 (m ²)	CARGA EM N/m ²	DEFORM AÇÃO MEDIDA (10 ⁻⁶ m)	L0(10-6m)	L0-L	ε	ε'	TEMPO DE EXECU ÇÃO	DIA
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	171000	171000	1	1	0	02:30
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

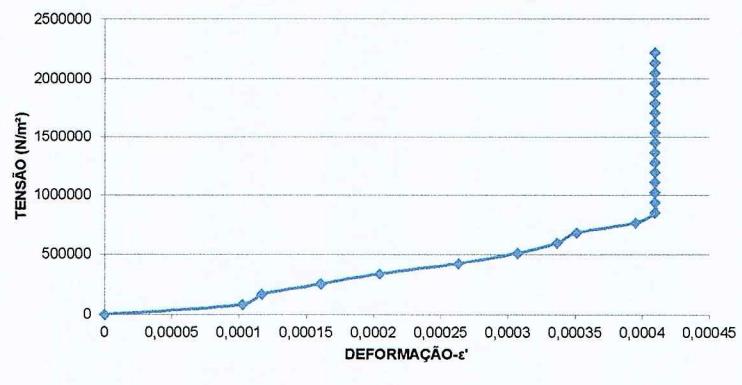
0,00041 1962777

0,00041 2048115

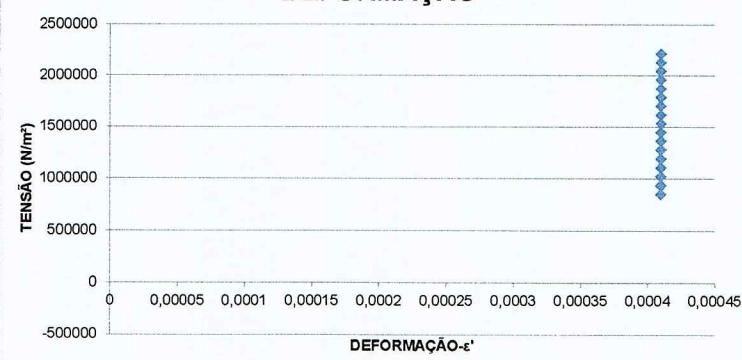
0,00041 2133453

0,00041 2218791

CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



PARTE LINEAR DA CURVA TENSÃO-DEFORMAÇÃO



valor de m

Laminito- Segundo teste com Amostra 6

DEFORMAÇÃO DO ANEL DE CARGA	FATOR DE CORRÉÇÃO (o valor de cada micron em Kgf)	CARGA EM Kgf	CARGA EM NEVTO NS	ÁREA DA BASE (m²)	CARGA EM N/m²	DEFORMAÇÃO MEDIDA (10^-6m)	L0(10-6m)			ε	ε'	TEMPO DE EXECUÇÃO	DIA
							L0-L	ε	ε'				
0	7,69	0	9,81	0	0,00442	0	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

0,00046012 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

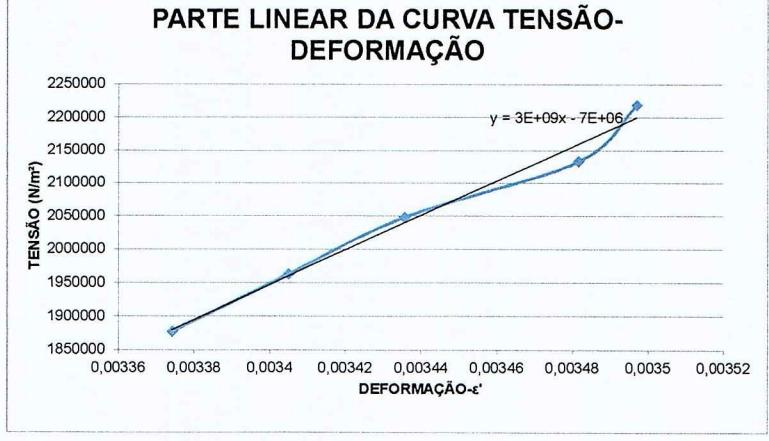
0,00340491 1962777

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: 10
Tipo de Ensaio: NBR 5739 - Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos
Cliente:
Responsável:
Data Moldagem: 27 outubro, 2016

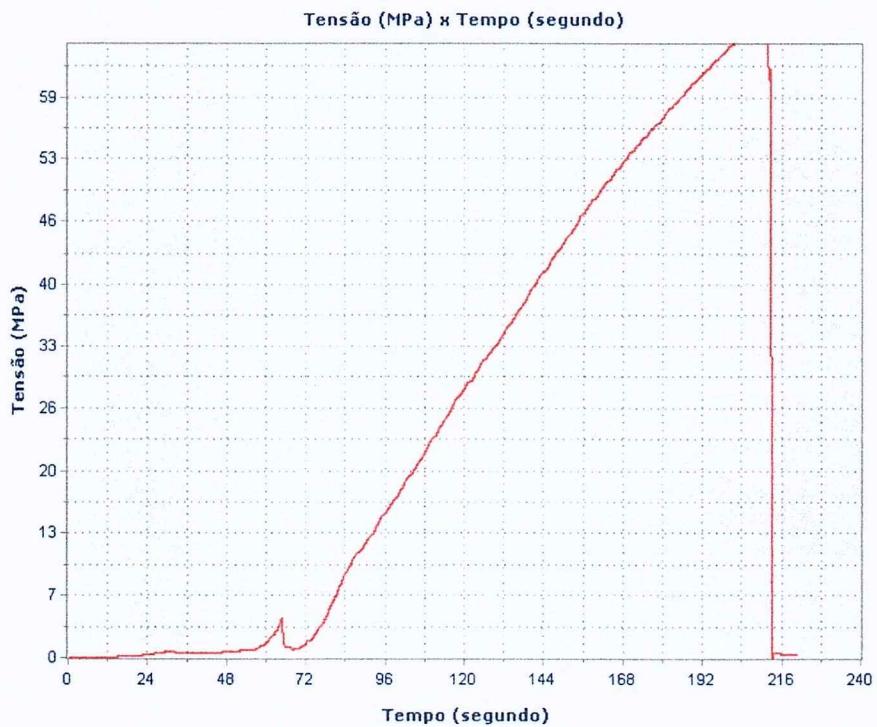
Dados cadastrais do corpo de prova

Ident. do C.P.: 10
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

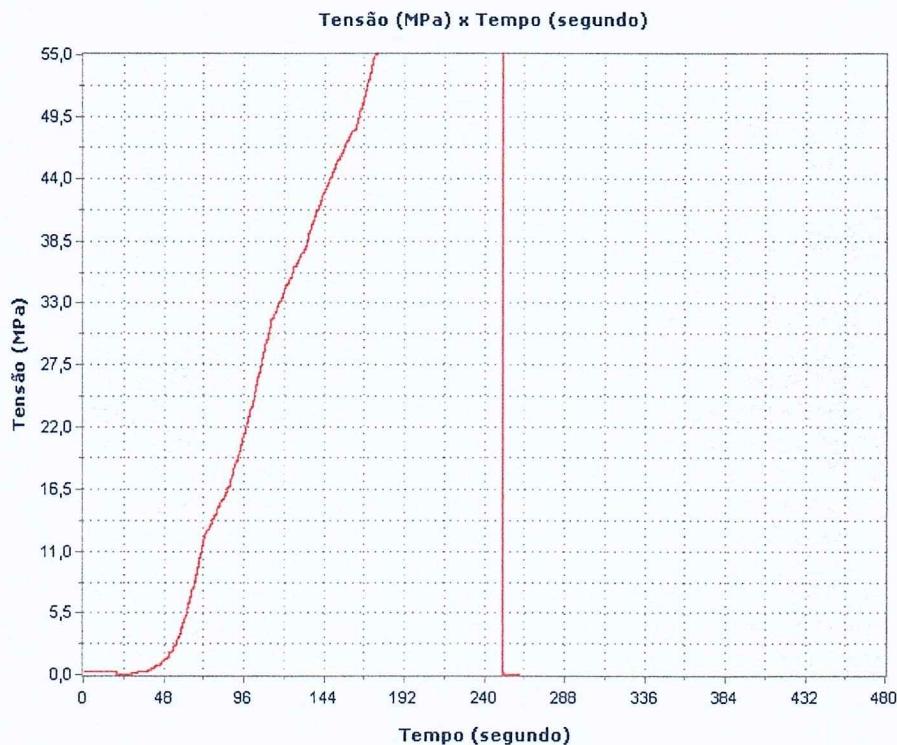
Dados cadastrais do corpo de prova

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

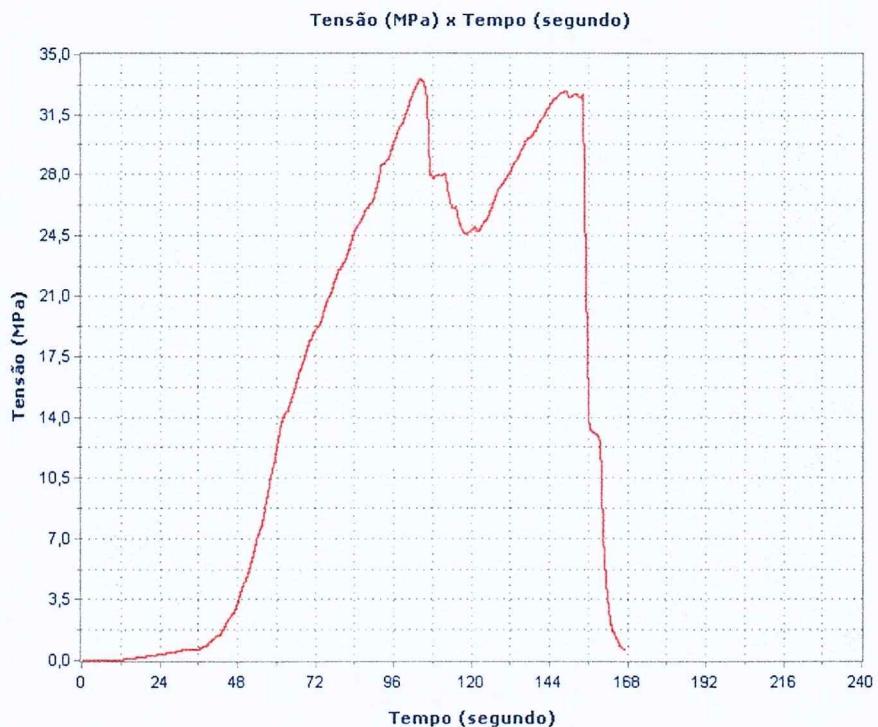
Dados cadastrais do corpo de prova

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

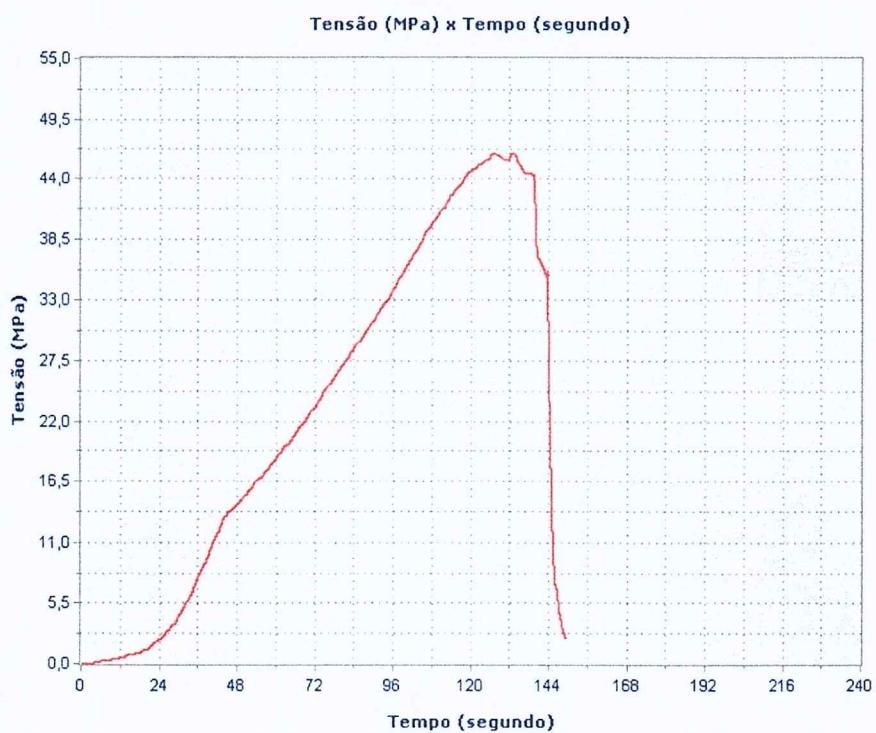
Dados cadastrais do corpo de prova

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

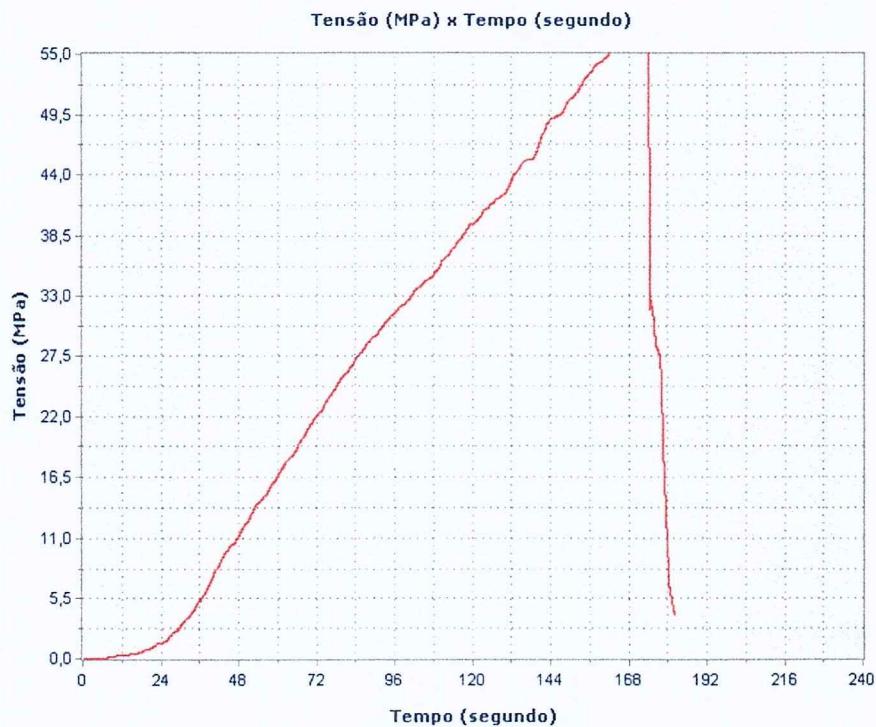
Dados cadastrais do corpo de prova

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

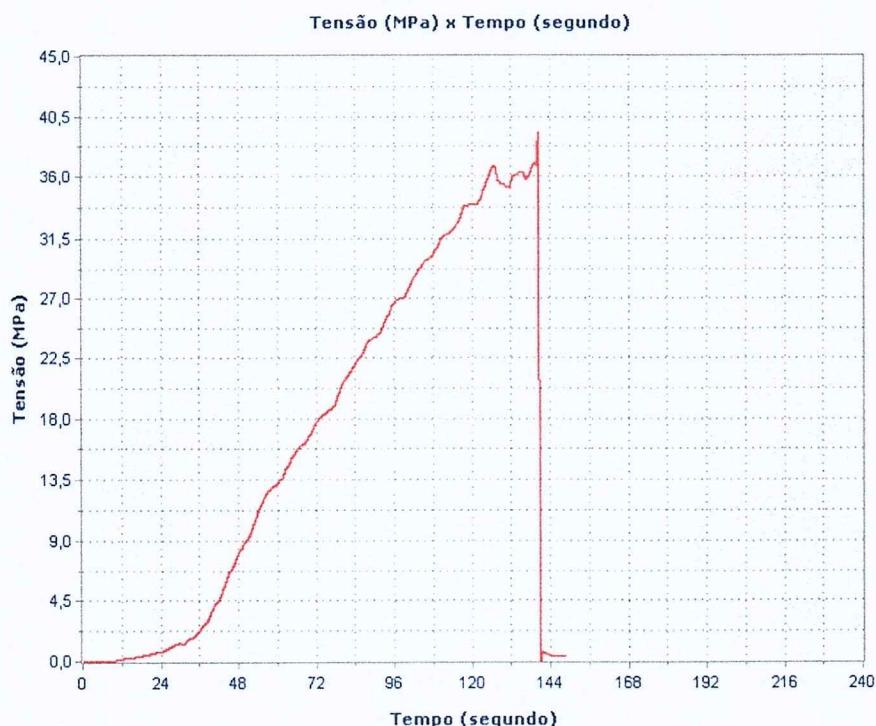
Dados cadastrais do corpo de prova

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

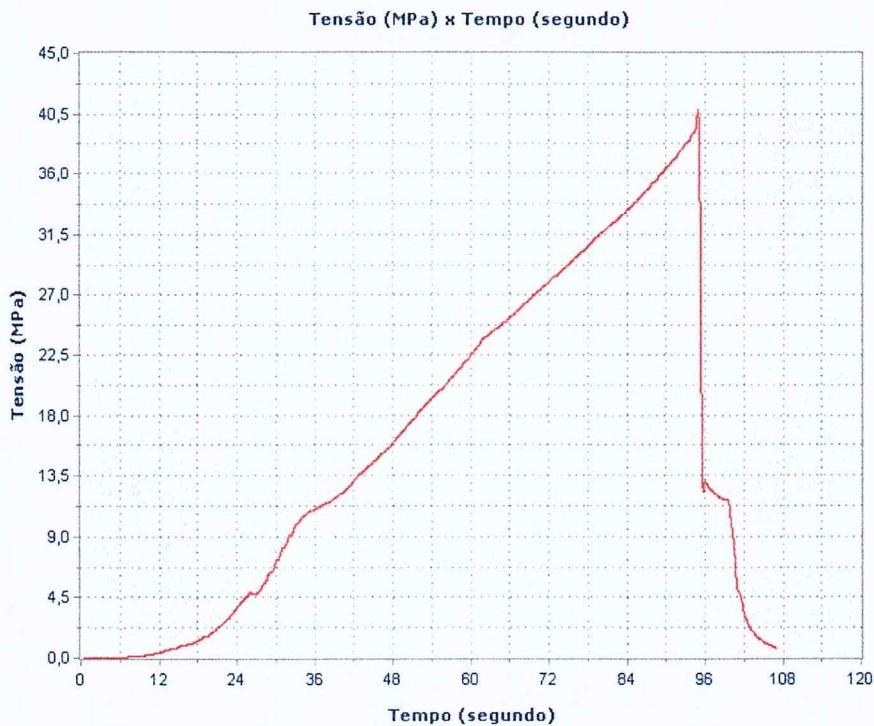
Dados cadastrais do corpo de prova

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: 110
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.: 110
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

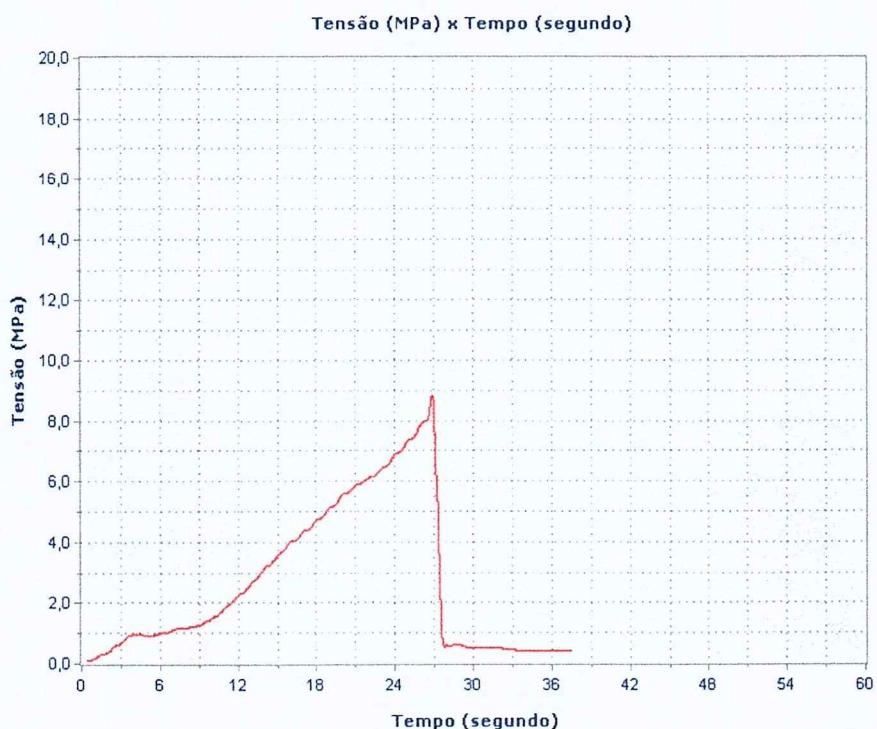
Dados cadastrais do corpo de prova

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

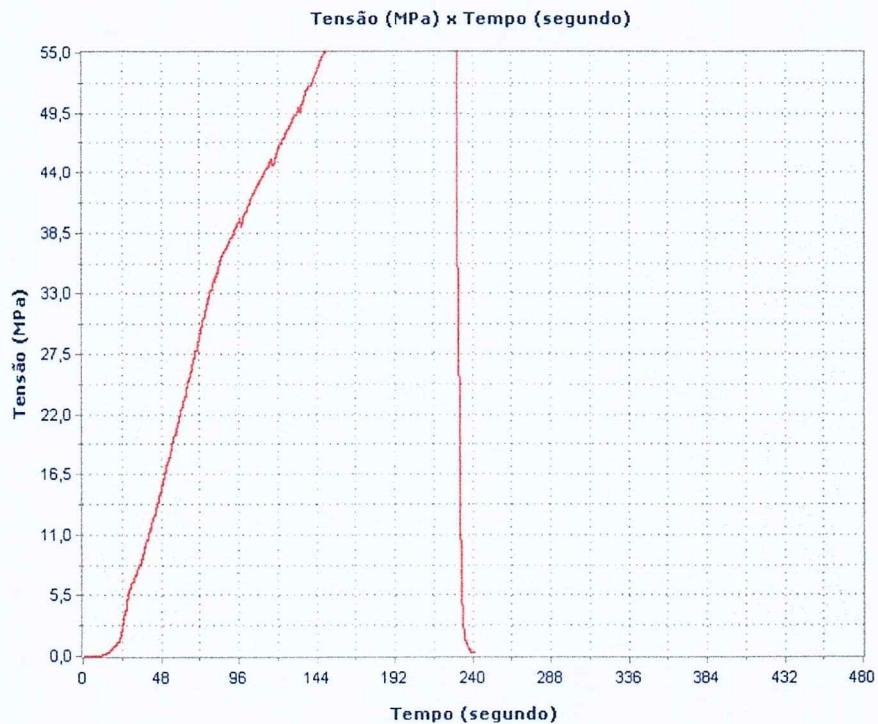
Dados cadastrais do corpo de prova

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

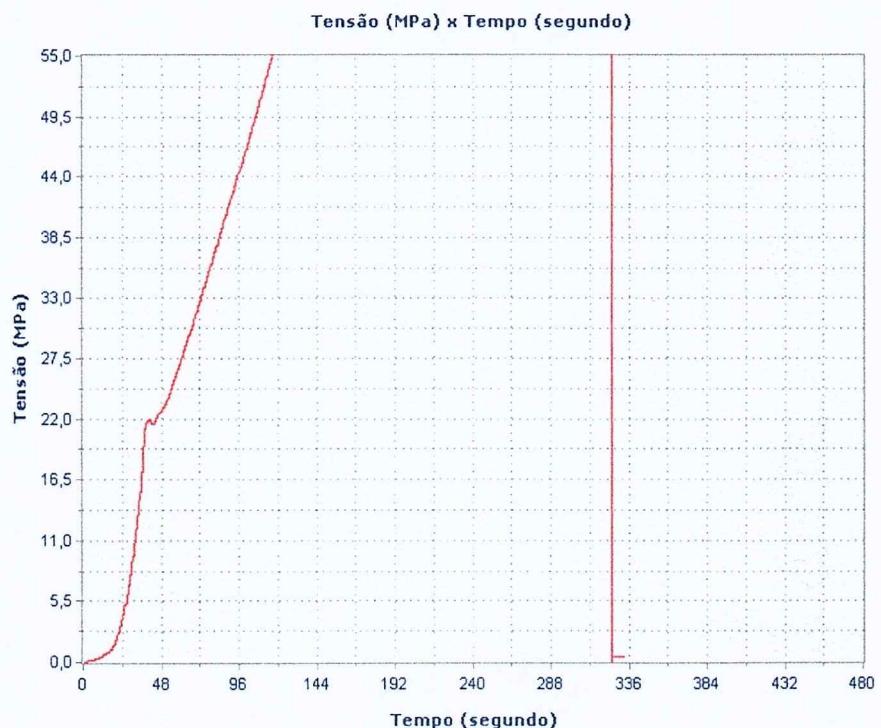
Dados cadastrais do corpo de prova

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

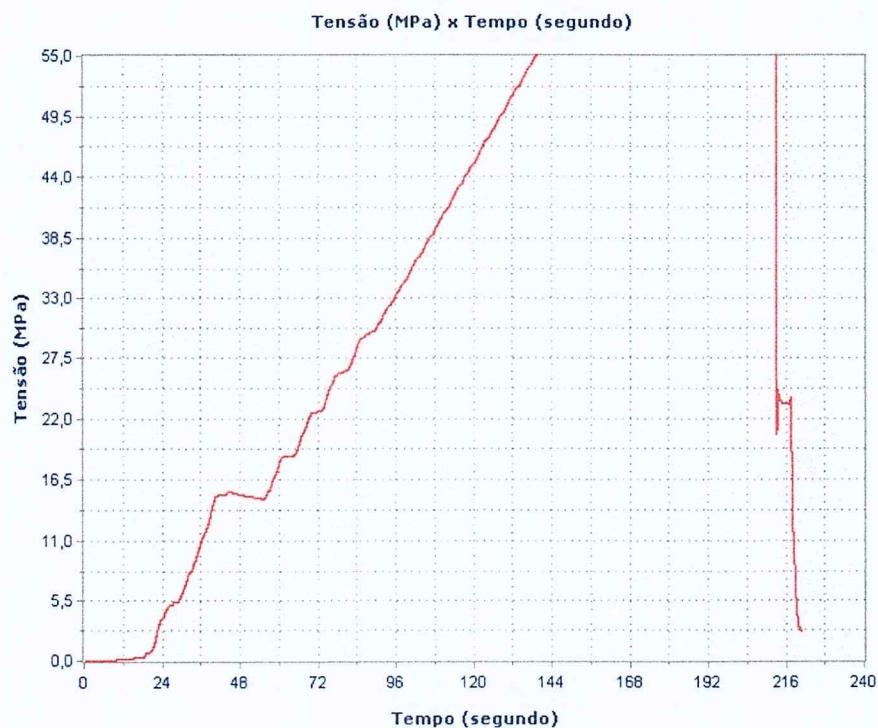
Dados cadastrais do corpo de prova

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

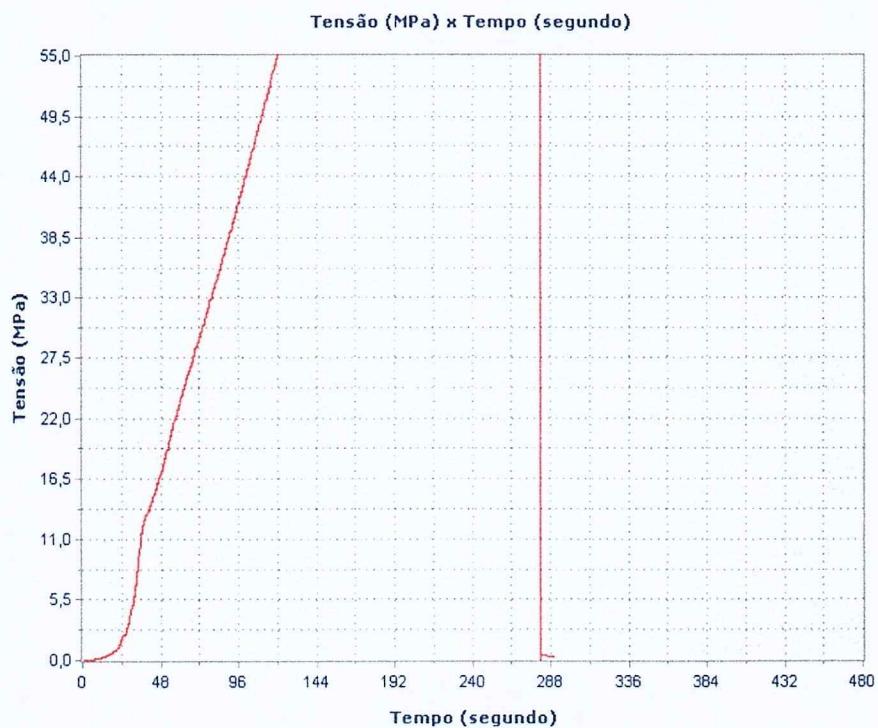
Dados cadastrais do corpo de prova

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

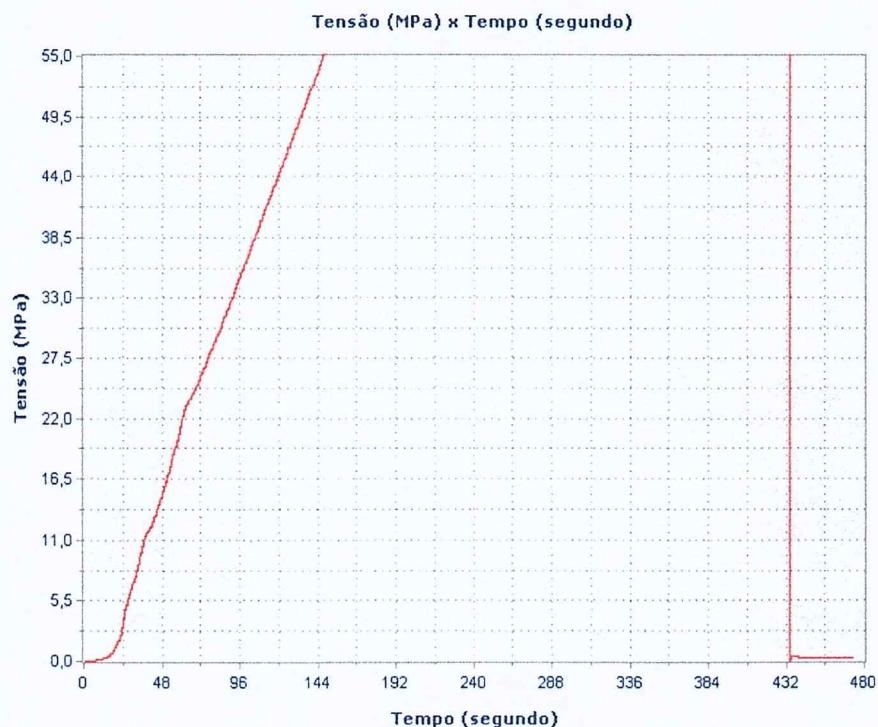
Dados cadastrais do corpo de prova

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

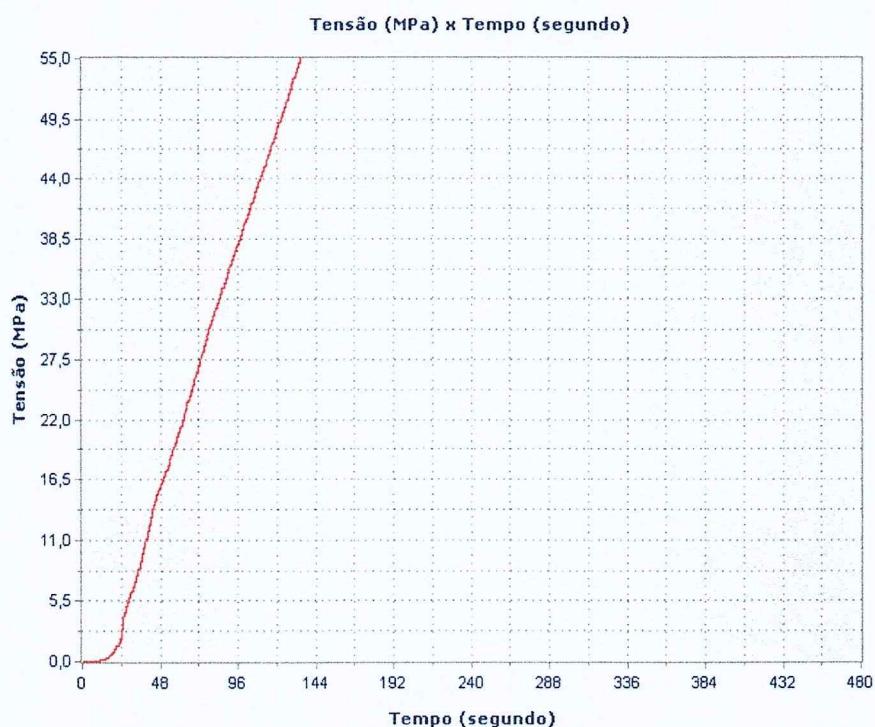
Dados cadastrais do corpo de prova

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

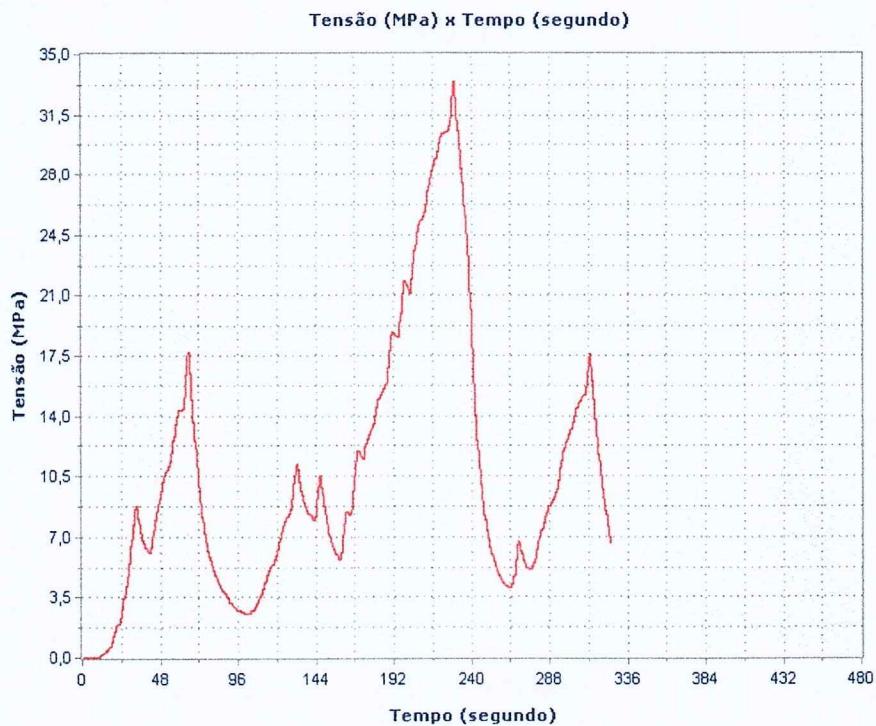
Dados cadastrais do corpo de prova

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

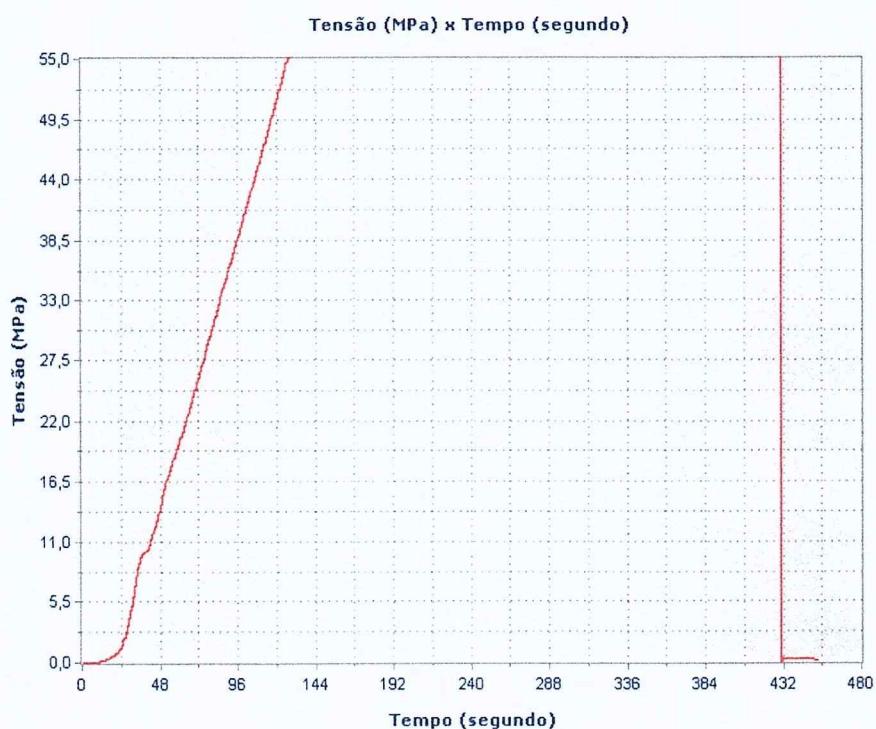
Dados cadastrais do corpo de prova

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

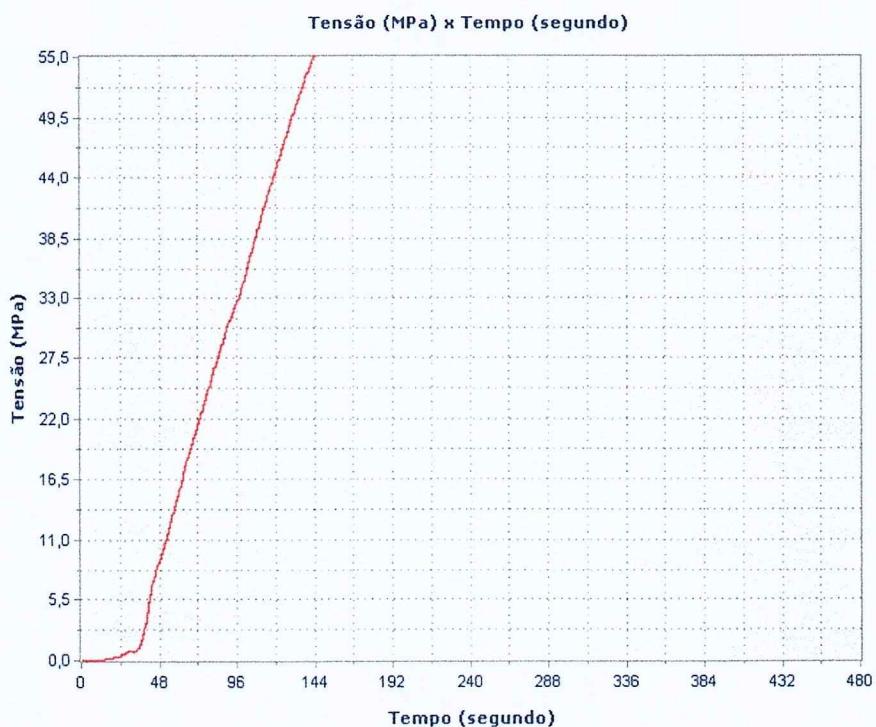
Dados cadastrais do corpo de prova

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

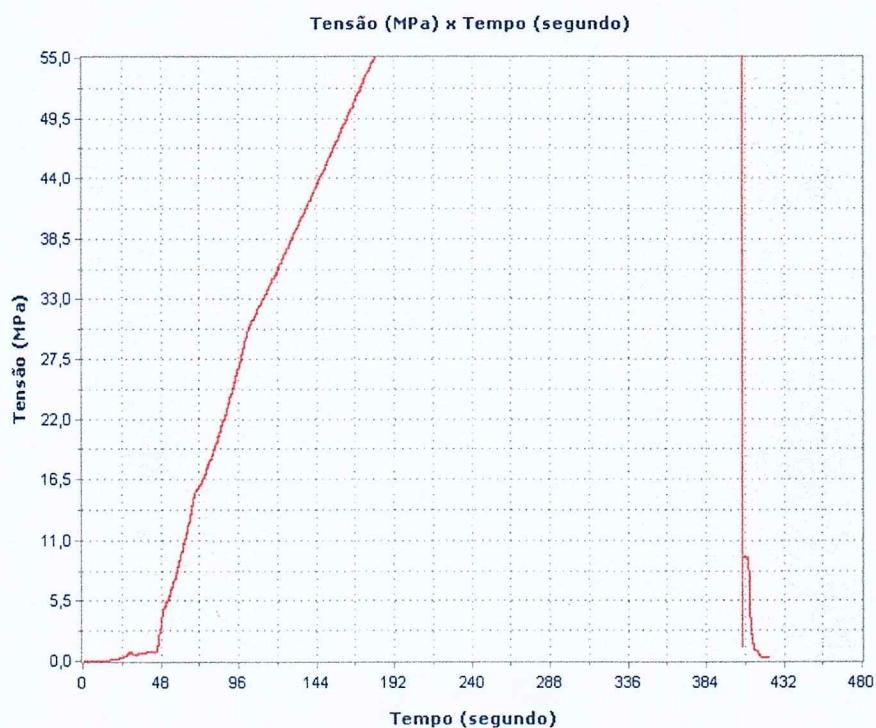
Dados cadastrais do corpo de prova

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

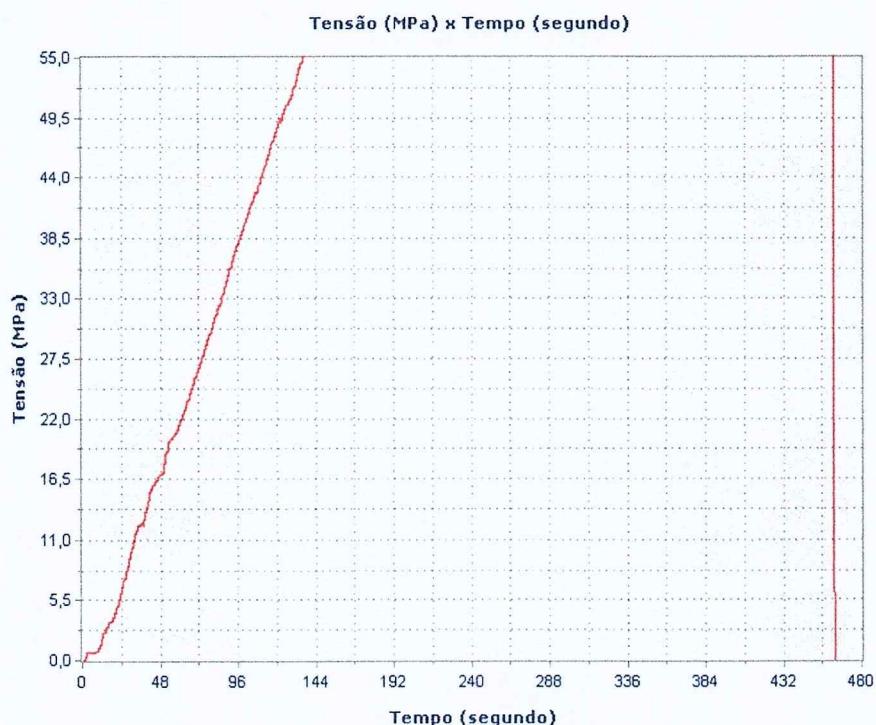
Dados cadastrais do corpo de prova

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

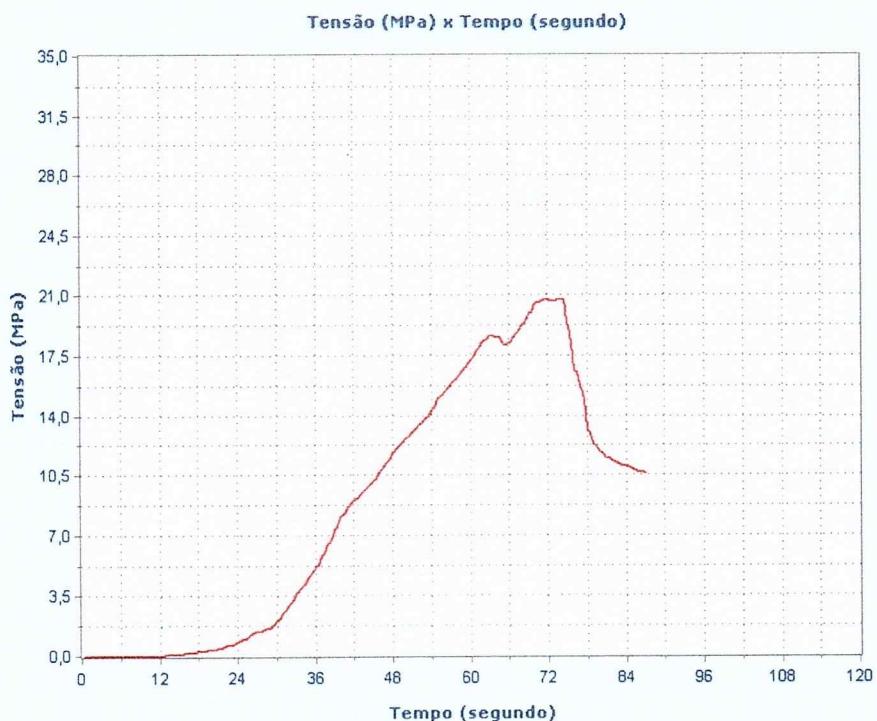
Dados cadastrais do corpo de prova

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

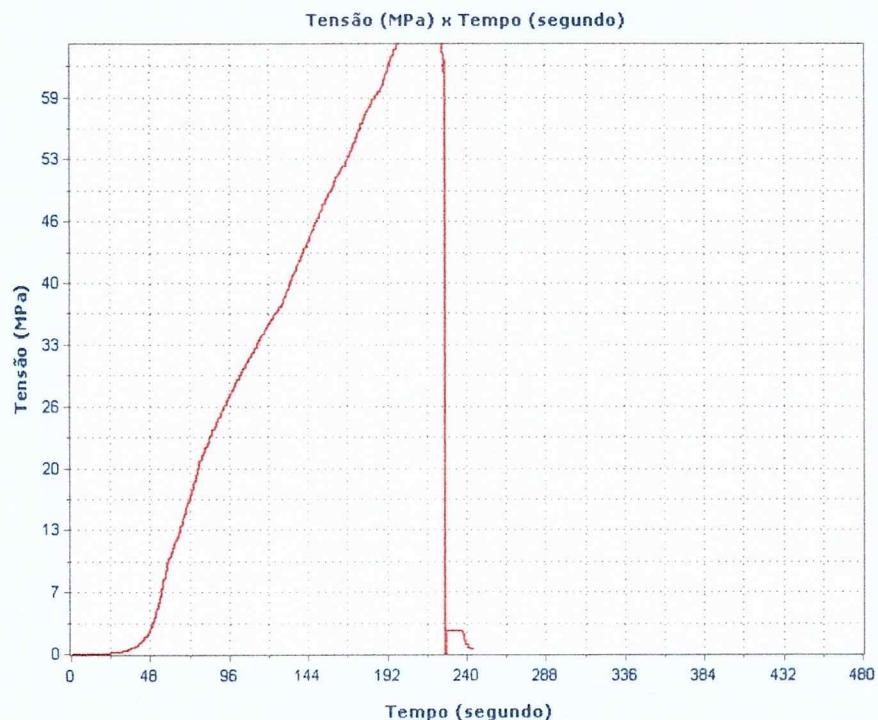
Dados cadastrais do corpo de prova

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

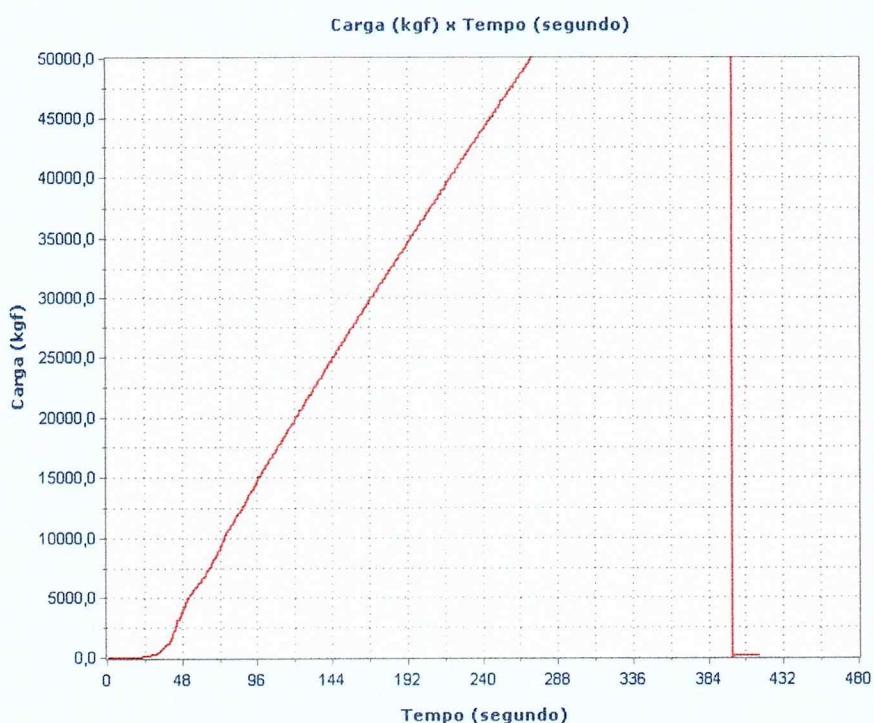
Dados cadastrais do corpo de prova

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

