

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CAMPUS II - CAMPINA GRANDE - PB
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

R E L A T Ó R I O
ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Aluno: FLAVIO ROBERTO FERNANDES DE SOUSA
Orientador: NEWTON MOREIRA DE SOUZA

- CAMPINA GRANDE - PB -

Dezembro, 1983



Biblioteca Setorial do CDSA. Abril de 2021.

Sumé - PB

ÍNDICE

- 1 - Introdução
- 2 - Construção de Biodigestores
- 3 - Matérias
 - 3.1 - Solo
 - 3.2 - Cimento
 - 3.3 - Tela
 - 3.4 - Argamassa do solo
 - 3.5 - Argamassa do solo armada
- 4 - Métodos de ensaios
 - 4.1 - Ensaio com solo
 - 4.1.1 - Preparação da amostra
 - 4.1.2 - Características físicas
 - . Densidade real
 - . Granulometria
 - . Limites de consistência
 - 4.1.3 - Características químicas
 - . PH
 - 4.1.4 - Características mecânicas
 - . PH
 - 4.2 - Ensaio com cimento
 - 4.2.1 - Resistência à compactação simples
 - 4.2.2 - Grau de finura
 - 4.2.3 - Pega e expansividade
 - 4.3 - Ensaio com argamassa
 - 4.3.1 - Consistência
 - 4.3.2 - Resistência à compactação simples
 - 4.3.3 - PH

- 5 - Discussões dos resultados
 - 5.1 - Solo
 - 5.2 - Cimento
 - 5.3 - Argamassa de solo cimento
- 6 - Conclusão
- 7 - Bibliografia
- 8 - Anexos.

INTRODUÇÃO

É cada vez mais imperiosa a necessidade de se buscar novas alternativas energéticas, principalmente aquelas que demandem baixo custo de produção. Assim nas últimas décadas, pesquisas têm se intensificado com o objetivo de descobrir, apromorar e lançar no mercado consumidor essas alternativas.

Um campo que tem se desenvolvido bastante, é o da produção energética a partir da Bioconversão, nesse sentido, várias instituições de pesquisa têm investido afim de obter um domínio tecnológico nesse campo.

Muitos trabalhos têm surgido sobre os processos bioquímicos de produção de biogás, bem como, os aspectos construtivos do reservatório, onde se processa a produção e o armazenamento do gás.

O presente trabalho, ainda em fase de conclusão, tem como objetivo testar um desses materiais envolvidos na construção, sob o aspecto de resistência, ou seja, verificar se a biomassa ou o biogás afetam as características de resistência da argamassa armada.

Essa pesquisa foi dividida em 3 etapas, sendo este relatório o inicial, que cobre a 1ª etapa da pesquisa, que é a caracterização de todo o material envolvido na pesquisa. Vale salientar que essa pesquisa foi aprovada pelo CNPq, como de Iniciação Científica, tendo a orientação do Professor Newton Moreira de Souza e desenvolvendo-se no laboratório de Engenharia de Irrigação do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba Campus II - Campina Grande - Paraíba, teve seu início em março de 1983 e tendo seu término previsto para março de 1984.

2 - Construção de Biodigestores

O interesse do homem em produzir gás a partir de materiais em decomposição, remonta a épocas antigas mas, só teve uma maior divulgação quando a demanda de energia exigiu a utilização de outras formas de energia. As formas de energia até então utilizadas em alta escala, começaram a ter os primeiros indícios de rareamento na 2ª Guerra Mundial, aí o biogás se apresentou como alternativa viável e as pesquisas nesse campo começaram a florescer.

Quanto ao abastecimento da matéria prima, os biodigestores dividem-se em: batelada e contínuo, quanto a forma, em: vertical com uma câmara (modelo da China), vertical com câmara dupla (modelo da Índia e horizontal=.

Os aspectos construtivos dos biodigestores evoluíram a medida que as pesquisas com a biomassa também evoluíam, assim diversos materiais foram empregados na sua construção, tais como: chapa metálica, alvenaria, plástica, fibra de vidro, argamassa, etc. Comumente se encontra biodigestores construídos de: alvenaria, alvenaria e chapa metálica e concreto, sendo em muitos casos os seus elementos móveis construídos de metal e os fixos de alvenaria.

Biodigestores construídos com argamassa armada é bastante comum, em países como a China e a Índia, esses países fizeram grandes progressos nesse campo. O emprego de argamassa armada justifica-se por ser de fácil manejo construtivo e, os materiais empregados são de baixo custo se comparados com os outros e fáceis de serem conseguidos.

Para o produtor rural a construção de um biodigestor na sua propriedade, significa um grande avanço em termos econômicos posto que, a economia que o mesmo lhe proporcionaria justifica o seu investimento.

Pesquisas no campo dos biodigestores continuou, sendo feitas visando, um aprimoramento ainda maior, quanto aos aspectos construtivos e características de fermentação, matéria prima e utilização do efluente.

3 - Materiais

3.1 - Solo

O solo que estamos utilizando neste trabalho é obtido no Campus III da UFPb, na cidade de Areia, que se situa na Região do Brejo Paraibano, onde predomina solos tipo podzólico vermelho amarelo eutrófico Tb proveniente de saprolito gnaissico migmatítico .

Na coleta do material foi feita uma sondagem, utilizando o trado manual cavadeira até uma profundidade de 1,5 m, foram encontradas duas camadas distintas visualmente, apresentando coloração marrom a primeira e coloração amarela a segunda. Escolhemos a camada superficial, ou seja aquela até 0,75m, por ser ela a primeira vista a que apresentou melhores condições nas observações táteis e visuais durante a sondagem, consideração tomada principalmente no fato de que, o material profundo era mais micáceo e siltooso que o superior, o qual se apresentou mais resistente no contato com a água.

No Anexo I, estão as características físicas, químicas e mecânicas do solo.

3.2 - Cimento

O cimento utilizado é do tipo pozolânico, classe 320, caracterizando-se por apresentar um aumento lento da resistência com o tempo. A princípio estávamos pensando em usar o cimento Portland normal mas, devido ao mesmo estar em falta no comércio local, o pozolânico foi a alternativa.

No Anexo II estão as características físicas, químicas e mecânicas do cimento pozolânico.

3.3 - Tela

A armadura utilizada foi a tela de aço com malhas hexagonal vulgarmente conhecida como "Tela de Viveiro".

No Anexo III, encontra-se as características da tela utilizada e outras encontradas no comércio.

3.4 - Argamassa de Solo

Para obtenção das características da argamassa de solo foram feitos vários ensaios de consistência. Foram testados 3 teores de cimento e 4 umidades para cada teor de cimento, dando um total de 12 traços.

Para cada teor com base no ensaio de consistência escolheu-se uma umidade, para a qual foram moldados 6 corpos de prova para teste de resistência a compressão simples aos 7 dias.

No Anexo IV encontram-se as características deste material

3.5 - Argamassa de Solo Armada

As características da armadura para os diversos tipos de tela foram calculadas segundo João Bento Hanai e se encontram no Anexo V.

4 - Métodos de Ensaio

4.1 - Ensaio com Solo

4.1.1 - Preparação da Amostra

Feita a coleta do solo no campo, levou-se para o laboratório, espalhando-o em uma lona de polietileno, deixando-se secar ao ar, em seguida promoveu-se o destorroamento e ensaque da mesma. Conforme a necessidade de cada ensaio retiramos a quantidade necessária para preparação da amostra.

4.1.2 - Características Físicas

. Densidade Real

- . Aparelhagem utilizada
- . Picnômetro de 50 ml
- . Balança digital
- . Piceta com água destilada
- . Vacuômetro
- . Estufa 105-110°C
- . Peneira Nº 10

RESUMO DO ENSAIO

- . Pesou-se 4 picnômetros secos e limpos.
- . Pesou-se 10g de solo passados na peneira nº 10.
- . Colocou-se as 10g de solo no picnômetro, e com uma piceta adicionou-se água destilada, o suficiente para cobrir toda a amostra de solo.
- . Levou-se o picnômetro com solo e água ao vacuômetro, e deixou-o por 30 minutos, até a total expulsão do ar.
- . Retirado o picnômetro do vacuômetro, adicionou-se água destilada até completá-lo.

- . Pesou-se o conjunto, picnômetro mais solo e água.
- . O picnômetro foi lavado e enchido com água destilada e pesado.
- . Tirou-se a temperatura da água com um termômetro e fez-se a correção da temperatura.

. A densidade foi calculada pela equação:

$$D_r = \frac{P_2 - P_1}{(P_4 - P_1) - (P_3 - P_2)}$$

Onde:

- P_1 = Peso do picnômetro vazio
- P_2 = Peso do picnômetro mais amostra
- P_3 = Peso do picnômetro mais amostra e água
- P_4 = Peso do picnômetro mais água.

. Granulometria

- . Série normal de peneiras da ABNT
- . Estufa calibrada a 105 - 110 °C
- . Proveta
- . Cápsula
- . Cronômetro e relógio
- . Densímetro
- . Balança digital
- . Dispensor
- . Termômetro

RESUMO DO ENSAIO

- . Pesou-se 1000 g de solo seco preparado
- . Peneirou-o na série grossa de peneiras (peneiras da amostra total).
- . Tirou-se duas cápsulas para determinar a umidade higroscópica.
- . Do material passado na peneira de 2 mm (nº 10) pesou-se 100 g.

. Colocou-se as 100 g de solo em uma cápsula de porcelana, juntando-se 125 ml de hidróxido de sódio a 1,0 normal, deixou-se a solução em repouso por 24 horas.

. Levou-se a solução ao dispersor e durante 10 minutos foi feita a dispersão.

. Verteu-se o material disperso em uma proveta, e completou-se com água destilada até 1000 ml.

. Fez-se a agitação do material na proveta manualmente.

. Iniciou-se as leituras de densidade com os tempos de : 0,5, 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60, 240, 1500 minutos, contados a partir do início da sedimentação.

. A cada leitura efetuada anotou-se a temperatura.

. Com o material da sedimentação, fez-se o peneiramento nas peneiras nºs 16, 30, 40, 50, 100 e 200 ABNT, via úmida.

. O material retido em cada peneira foi levado a estufa, onde permaneceu por 24 horas.

. Tirado da estufa foi pesado e anotado seu peso em fichas.

. Com os dados calculou-se a percentagem retida para os respectivos diâmetros.

. Limite de Liquidez (L.L)

. Aparelhagem utilizada

. Espátula

. Aparelho de casa-grande

. Cápsulas

. Cinzel

. Balança

. Estufa calibrada a 105 - 110 °C

. Peneira nº 40 ABNT.

RESUMO DO ENSAIO

. Pesou-se 70 g de material passados na peneira nº 40.

. Colocou-se a amostra em uma cápsula de porcelana, adicionando-se água destilada até a formação de uma massa.

. Transferiu-se para a concha do aparelho a massa de solo, e com o cinzel fez-se uma ranhura no centro da mesma.

. Golpeou-se até que os bordos se juntassem.

. Tirou-se do centro da massa amostra para determinar a umidade.

. **Limite de Plasticidade (L.P)**

. Aparelhagem utilizada

. Placa de vidro

. Balança

. Estufa calibrada a 105 - 110 °C

. Espátula

. Cápsula p/ umidade

. Cápsula de porcelana

. Peneira nº 40 ABNT.

RESUMO DO ENSAIO

. Pesou-se 50 g de material passado na peneira nº 40.

. Colocou-se a amostra em uma cápsula de porcelana, adicionando-se água até a formação de uma massa.

. Com as mãos fez-se uma bola de solo e tentou-se rolá-la sobre a placa de vidro para obtenção de um cilindro de 3 mm de diâmetro e 10 cm de comprimento.

. Devido a arenosidade do solo não foi possível a obtenção do cilindro.

4.1.3 - Características Químicas

. **pH**

. Aparelhagem utilizada

. Balança digital

. Peneira nº 10 ABNT

. Piceta com água destilada

. Phgmetro

. Beker de 250 ml.

RESUMO DO ENSAIO

- . Pesou-se 30 g de solo passados na peneira de 2 mm de diâmetro.
- . Colocou-se o solo no Becker, adicionando-se água na proporção de 2,5 vezes a quantidade de solo.
- . Com um bastão mexeu-se a solução e deixou-a em repouso por 40 minutos.
- . Calibrou-se o phgmetro com soluções tampões de pH 4 e 7.
- . Passado o período de repouso, mexeu-se novamente a solução e levou-a ao aparelho.
- . A célula do aparelho foi colocada em contato com a solução e a leitura foi feita, esperando-se mais ou menos 1 minuto. Para estabilização do ponteiro.

4.1.4 - Característica Mecânica

- . Compactação
 - . Aparelhagem utilizada
 - . Cilindro
 - . Soquete
 - . Espátula
 - . Cápsulas para umidade
 - . Estufa calibrada a 105 - 110 °C
 - . Balança
 - . Proveta
 - . Colher de pedreiro

RESUMO DO ENSAIO

- . Pesou 5 Kg de solo passado na peneira de 4,8 mm de diâmetro.
- . Tirou-se 2 amostras para determinação da umidade higroscópica.
- . Adicionou-se certa quantidade de água e homogeneizou-se com uma colher de pedreiro.

. Transferiu-se o material para o cilindro colocando-o em 3 camadas, dando-lhes 25 golpes por camada.

. Fez-se o rasamento com a espátula.

. Pesou-se o cilindro mais solo.

. Retirou-se o solo do cilindro e tirou-se duas amostras , para determinação da umidade.

. Acrescentou-se mais água e repetiu-se a operação até a obtenção do 5º ponto, sempre acrescentando-se quantidades crescentes de água.

4.2 - Ensaio com cimento

4.2.1 - Resistência a Compressão Simples

- . Aparelhagem utilizada
- . Balança
- . Espátula
- . Cilindros de 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura
- . Soquete
- . Base metálica
- . Placas de vidro
- . Proveta
- . Colher de pedreiro
- . Peneiras com diâmetros de: 9.5, 4.8, 2.0, 1.2, 0.6, 0.3 , 0.15, fundo e tampa.

RESUMO DO ENSAIO

Preparação da Areia Normal

. Coletou-se areia do Rio Paraíba e penerou-a na série de peneira, pesou-se as seguintes quantidades.

- . 130 g retido na peneira de 4.8 mm
- . 950 g retido na peneira de 2.0 mm
- . 750 g retido na peneira de 1.2 mm
- . 420 g retido na peneira de 0.6 mm
- . 390 g retido na peneira de 0.3 mm
- . 210 g retido na peneira de 0.15 mm
- . 150 g passados na peneira de 0.15 mm

- . Fez-se a mistura manualmente, obtendo-se a areia normal .

Moldagem dos Corpos de Prova

. Pesou-se 936 g de areia normal, 150 ml de água e 312 g de cimento, de acordo com a MB-1, fez-se a mistura manualmente, em uma bandeja de aço com auxílio de uma colher de pedreiro.

. Colocou-se no cilindro o solo em 4 camadas mais ou menos iguais, aplicando-lhes 30 golpes por camada.

. Feita a moldagem as séries de corpos de prova foram levadas a câmara úmida onde permaneceu por 24 horas.

. Os corpos de prova foram retirados dos cilindros e colocados em imersão em água.

. Tendo completado a idade de rompimento (3, 7, 28 dias), foram retirados da imersão e levados para o capeamento com enxofre.

- . Depois de capeados os corpos de prova foram rompidos.

4.2.2 - Grau de Finura

- . Aparelhagem utilizada
- . Peneira nº 200 com tampa e fundo
- . Relógio
- . Balança

RESUMO DO ENSAIO

- . Pesou-se 50 g de cimento, colocando-o na peneira nº 200 .
- . Fez-se movimentos de vai e vem durante 10 min.
- . Pesou-se o material retido.
- . O grau de finura foi calculado pela equação:

$$F = \frac{R}{P} \times 100$$

Onde:

- F = Grau de finura em porcentagem
- R = Quantidade retida na peneira nº 200
- P = Peso inicial do cimento

4.2.3 - Pega e Expansividade

Estes ensaios serão realizados posteriormente pois, os aparelhos necessários para realização dos mesmos encontram-se com defeito.

4.3 - Ensaio com Argamassa

4.3.1 - Consistência

- . Aparelhagem utilizada
- . Mesa para ensaio normal de consistência
- . Espátula
- . Cápsulas
- . Colher de pedreiro
- . Bandeja
- . Proveta
- . Relógio
- . Balança
- . Estufa calibrada a 105 - 110 °C
- . Peneira de 5 mm de diâmetro
- . Cilindro
- . Soquete
- . Régua.

RESUMO DO ENSAIO

OBS: Para esse ensaio foi escolhido 3 teores de cimento: 10%, 20% e 30% de cimento em relação ao peso de solo.

- . Pesou-se 3 Kg de solo seco passado na peneira de 5 mm.
- . Juntou-se ao solo a quantidade de cimento correspondente, ao teor (10%, 20% e 30% de cimento).
- . Adicionou-se água suficiente para dar trabalhabilidade inicial a argamassa.
- . Levou-se a argamassa ao prato onde, o cilindro já se encontrava centrado na mesa.

- . Colocou-se a argamassa no cilindro em 3 camadas, aplicando-lhes 15, 10, 5 golpes por camada respectivamente.

- . Retirado o cilindro fez-se o abatimento do corpo de prova, acionando-se a manivela da mesa de modo a dar-lhe 30 golpes em 30 segundos.

- . Mediu-se com uma régua o diâmetro da argamassa espalhada no prato.

- . Tirou-se duas amostras para calcular o teor de umidade.

- . Adicionou-se 50 ml de água ao material restante e repetiu-se o ensaio, operação repetida por 3 vezes, obtendo-se para os teores de cimento 4 valores de umidade versus consistência.

4.3.2 - Resistência a Compressão Simples

- . Aparelhagem utilizada

- . A mesma do ensaio de resistência a compressão simples do item 4.2.1.

RESUMO DO ENSAIO

- . Pesou-se 3 Kg de solo seco passados na peneira de 5 mm .

- . Conforme o traço escolhido colocou-se 10%, 20% ou 30% de cimento, sendo as umidades de 16%, 17% e 17,5% respectivamente.

- . Fez-se a homogeneização manualmente com auxílio de uma colher de pedreiro e uma bandeja.

- . Transferiu-se para o cilindro a argamassa colocando-a em 4 camadas, aplicando-lhes 30 golpes por camada.

- . Pesou-se os cilindros com argamassa.

- . Deixou-os em cura durante 7 dias em câmara úmida.

- . Após os 7 dias de cura colocou-os em imersão em água por 4 horas.

- . Pesou-se os corpos de prova.

- . Fez-se o capeamento com enxofre.

- . Levou-os para prensa para serem rompidos.

4.3.3 - pH da Argamassa

. Material e procedimento igual ao do item 4.1.3.

5 - Discussão dos Resultados

5.1 - Solo

. Granulometria

Conforme observamos trata-se de um solo arenoso, com mais de 70% de areia, é um solo com boa distribuição granulométrica como mostra a curva. Em relação a curva de areia normal é um solo ligeiramente fino, se comparado com os padrões granulométricos estabelecidos pela ABNT para areia normal. Por se tratar de um solo relativamente fino apresenta o inconveniente de aumentar o consumo de cimento, devido a um aumento da superfície específica. No mais é um solo que adapta-se bem para construções.

. Densidade Real

Geralmente a densidade de um solo se situa em torno de 2,65 essa densidade poderá ser maior ou menor devido a presença ou ausência de certos minerais que determinam esse valor.

Uma densidade alta indica a presença de minerais como o ferro, alumínio, etc. Uma baixa densidade indica a presença de matéria orgânica e minerais leves na composição do solo.

No presente caso a densidade foi de 2,59 o que indica ser o material quartzoso com alguma presença de materiais mais leves, supostamente matéria orgânica, constatada visualmente, pela presença de pequenos pedaços de carvão.

. Limite de Liquidez

O solo não apresenta condições para determinação do limite de liquidez, foi possível apenas se determinar dois pontos com 3 e 5 golpes e umidades de 22,2% e 21,7% respectivamente, o que segundo a norma não é suficiente para determinação do limite de liquidez.

. Limite da Plasticidade

Trata-se de um solo não plástico, fato verificado quando da excursão do ensaio, quando se tentou rolar o solo sobre a placa de vidro tendo o mesmo se desintegrado.

. Compactação

Foram feitos dois ensaios de compactação utilizando dois métodos diferentes, um recomendado pelo MB-33 da ABNT e outro a compactação por amassamento. Definimos uma umidade ótima em forno de 9% e a densidade máxima em torno de 1,955 g/cm³ acontece que estamos trabalhando com umidades na faixa de 16% a 17% ou seja, já no ramo úmido da curva de compactação, com isso sabemos que a densidade será menor mas, as condições de trabalhabilidade serão melhores.

. pH

O pH encontrado nesse solo está dentro da faixa aceitável para construção pois, trata-se de um solo ligeiramente básico, cujo pH é 7,3, e sabemos que o cimento se identifica muito bem com reações básicas.

5.2 - Cimento

. Grau de Finura

Sempre que abrimos um saco de cimento e durante a sua utilização verificamos o seu grau de finura, isto para nos certificarmos de sua qualidade. Os resultados aqui encontrados estão dentro da faixa recomendada pela norma.

. Resistência a Compressão Simples

O cimento que estamos utilizando apresentou valores de resistência a compressão simples baixos segundo a EB-1, principalmente a resistência testada aos 7 e 28 dias, sendo assim esse ensaio será repetido com outro lote de cimento, para tirarmos conclusões.

5.3 - Argamassa de Solo

. pH

Segundo *Sherwood* o pH da argamassa de solo deve situar-se em valores acima de 11, valores abaixo indicam a presença excessiva de matéria orgânica no solo o que o torna desaconselhável para construção. No presente caso o pH situou-se em torno de 12,5, portanto dentro do limite recomendado.

. Consistência

Segundo pesquisas do IPT a consistência ideal será aquela obtida quando medissemos o diâmetro da argamassa de solo e esse fosse de 24 cm.

Nesse trabalho esse ensaio foi realizado com 3 teores de cimento, variando-se as umidades, as umidades obtidas situaram-se na faixa de 16% a 18%, notamos que nessa faixa a argamassa apresenta uma boa trabalhabilidade, assim trabalharemos nessa faixa.

6 - Conclusão

Ao terminar a primeira etapa da pesquisa, ficou caracterizado todo material empregado na mesma, bem como chegamos a uma conclusão a respeito do traço que vamos utilizar, podemos dizer que trata-se de uma conclusão inicial pois, o ensaio que definirá em definitivo qual o traço a ser utilizado está sendo realizado, que é o ensaio de resistência a flexão simples mas, os ensaios até então realizados indicam o teor de 30% de cimento e a umidade de 17% como aquele traço mais viável.

Durante o desenrolar da pesquisa em sua primeira fase contamos com dificuldades próprias de quem se inicia em pesquisa mas, prontamente superadas com ajuda do orientador.

7 - BIBLIOGRAFIA - consultada

Normas da ABNT

- ABNT. EB - 1/1977 - Cimento Portland comum
- ABNT. MB - 1/1979 - Ensaio de Cimento Portland
- ABNT. MB - 28/69 - Determinação da massa específica dos grãos.
- ABNT. MB - 27/69 - Preparação de amostras de solo para ensaio normal de compactação e ensaios de caracterização.
- ABNT - MB - 32/2968 - Análise Granulométrica de solos.
- ABNT - MB - 31/69 - Determinação do Limite de Plasticidade dos solos
- ABNT - MB - 30/69 - Determinação do Limite de Liquidez dos solos.
- HANAI, JOÃO BENTO. Construções de Argamassas armada: Situação, perspectivas e pesquisas. Tese de Doutorado EESC - USP - São Carlos - Dez, 1981
- LENEC - Outubro, 1967 - Determinação do PH
- MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DA PARAIBA - CDRM, 1982.
- PRAKASAN, K. ETTI ALLI Tecnologia de biogás, Areia - PB 1981 - mimeografado.
- ZONEAMENTO AGROPECUÁRIO DO ESTADO DA PARAIBA UFPB - Universidade Federal da Paraíba, FUNAPE, ELETROCONSULT DO BRASIL LTDA. PEC, 1981 - RELATÓRIO.
- SHERWOOD, P.T., The properties of Cement Stabilized Materials. Crowthorne. Road Research Laboratory, Report LR 205 - 1968 - 54 p.

ANEXO I

ENSAIO COM SOLO: Características Físicas

ENSAIO	GRANULOMETRIA									
	AREIA FINA	AREIA MÉDIA	AREIA GROSSA	SILTE	ARGILA	PEDREGULHO	LL	LP	IP	DENSIDADE REAL
	14%	40%	19%	8%	12%	7%	NL	NP	-	2,59

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

PH
7,3

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

C O M P A C T A Ç Ã O
hot: 9% Dmax: 1,955g/cm ³

CLASSIFICAÇÃO UNIFICADA

SM - areia marrom com 22% de finos siltosos

Características:

- . Permeabilidade: semi-permeável a impermeável
- . Resistência ao cisalhamento: alta
- . Resistência ao piping: média a baixa
- . Trabalhabilidade: regular a boa.

ANEXO II
ENSAIO COM CIMENTO

GRAU DE FINURA
7,2%
4,8%

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES

3 DIAS T_3 (Kg \bar{f} /cm 2)	7 DIAS T_7 (Kg \bar{f} /cm 2)	28 DIAS T_{28} (Kg \bar{f} /cm 2)
118,2	124,8	240,50
133,5	215,0	
179,3	134,5	172,2
		208,9
\bar{T}_3 (Kg \bar{f} /cm 2)	\bar{T}_7	\bar{T}_{28}
143,6	158,1	207,2

p/T_3 - Desvio máx. = 16,9%

p/T_7 - Desvio máx. = 36,0%

p/T_{28} - Desvio máx. = 24,8%

OBS.: Esse ensaio será repetido pois os desvios máximos foram acima do recomendado pela norma.

ANEXO III
CARACTERÍSTICA DA TELA HEXAGONAL

PESO/m ²	DIÂMETRO DA MALHA	DIÂMETRO DO FIO
267g/m ²	1/2"	Fio 24 * D = 0,599 (mm)
	1"	Fio 22 D = 0,711 (mm)
	1/2"	Fio 20 D = 0,899 (mm)
	1"	Fio 20 D = 0,899 (mm)

* Tela utilizada no experimento.

ANEXO IV
ENSAIO COM ARGAMASSA DE SOLO

PH	12,5
----	------

CARACTERIZAÇÃO DA ARGAMASSA FRESCA

DIÂMETRO (cm)	UMIDADE %
22,0	11,6
15,0	13,0
21,5	14,7
25,5	16,5

1º - Traço 3Kg de solo
seco, 10% de ci-
mento.

DIÂMETRO (cm)	UMIDADE %
15,1	20
16,0	23,0
16,9	25,0

2º - Traço 3Kg de solo
seco, 20% de ci-
mento.

DIÂMETRO (cm)	UMIDADE %
18,5	15,2
16,3	21,5
17,1	14,0
18	25,0

3º - Traço 3Kg de so-
seco, 30% de
mento.

ANEXO IV (continuação)

RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO SIMPLES (7 dias de cura)

10% CIMENTO h = 16%	20% CIMENTO h = 17%	30% CIMENTO h = 17,5%
T (Kg _f /cm ²)	T (Kg _f /cm ²)	T (Kg _f /cm ²)
0,12	21,34	82,46
4,60	27,89	67,91
4,12	30,31	53,36
10,91	20,37	38,32
11,39	29,10	55,78
-	32,98	53,84

T - Tensão máxima em cada corpo de prova

$\bar{T}_1 = 6,22 \text{ Kg}_f/\text{cm}^2$ (tensão média aos 7 dias p/ 10% cimento)

$\bar{T}_2 = 27,0 \text{ Kg}_f/\text{cm}^2$ (tensão média aos 7 dias p/ 20% cimento)

$\bar{T}_3 = 58,61 \text{ Kg}_f/\text{cm}^2$ (tensão média aos 7 dias p/ 30% cimento)

\bar{E} = Módulo de elasticidade médio

$\bar{E}_1 = 1,3 \times 10^3 \text{ Kg}_f/\text{cm}^2$

$\bar{E}_2 = 2,6 \times 10^3 \text{ Kg}_f/\text{cm}^2$

$\bar{E}_3 = 5,6 \times 10^3 \text{ Kg}_f/\text{cm}^2$

Para os corpos de prova com teor de cimento de 10% desvio máximo = 38%

Para os corpos de prova com teor de cimento de 20% desvio máximo = 21%

Para os corpos de prova com teor de cimento de 30% desvio máximo = 40,5%

OBS.: Esse ensaio será repetido pois os desvios máximos foram acima do recomendado pela norma.

ANEXO V

Dados de armadura para cálculo de 1cm de argamassa armada com 1 camada de tela hexagonal.

TELA		ASL (cm ²)	CS (Kg _f /cm ³)	VF
MALHA	FIO			
1/2"	24	0,368	37,87	0,00514
1"	22	0,234	29,05	0,00415
1/2"	20	0,586	91,0	0,0130
1"	20	0,293	45,57	0,00651

ASL - Área superficial específica

VF - Volume específico

CS - Consumo de aço em peso por unidade de comprimento

Equações:

$$ASL = \frac{2}{3} \frac{N \pi \phi}{a h}$$

$$VF = \frac{\phi}{4} \times ASL$$

$$CS = VF \times m_{fs}$$

Onde: N - Número de camadas de tela
a - diâmetro na circunferência inscrita na malha.

h - altura do elemento de argamassa

m_{fs} - massa específica do aço

$$m_{fs} = 7.000 \text{ Kg}_f/\text{m}^3.$$

TENSÃO DEFORMAÇÃO SOLO-CIMENTO

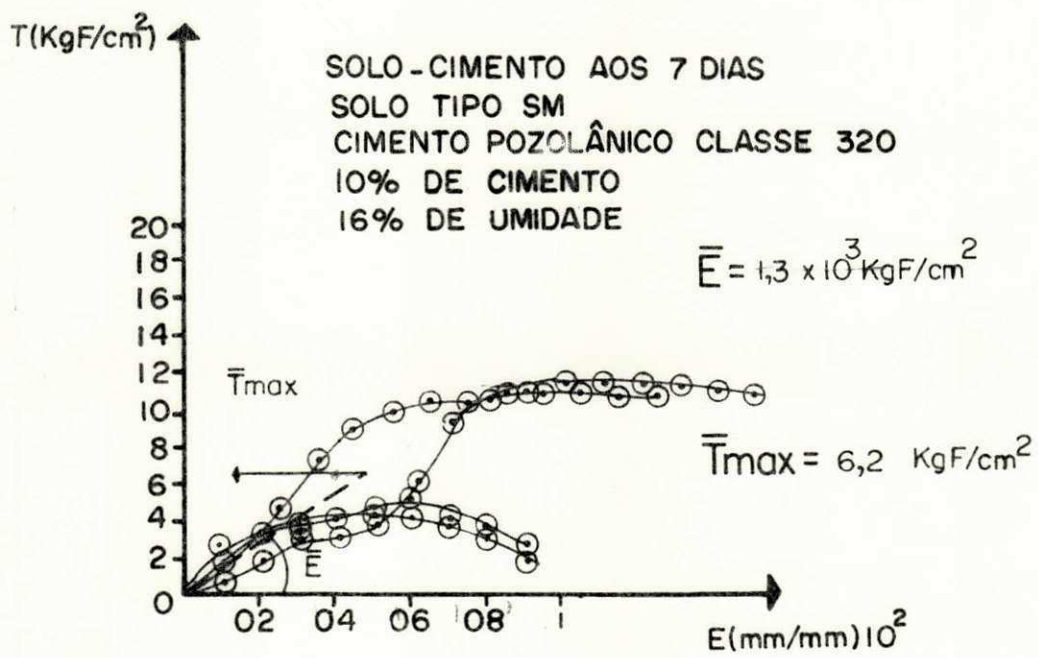


GRÁFICO - TENSÃO T x DEFORMAÇÃO E_p

TENSÃO DEFORMAÇÃO SOLO-CIMENTO

SOLO-CIMENTO AOS 7 DIAS
SOLO TIPO SM
CIMENTO POZOLÂNICO CLASSE 320
20% DE CIMENTO
17% DE UMIDADE

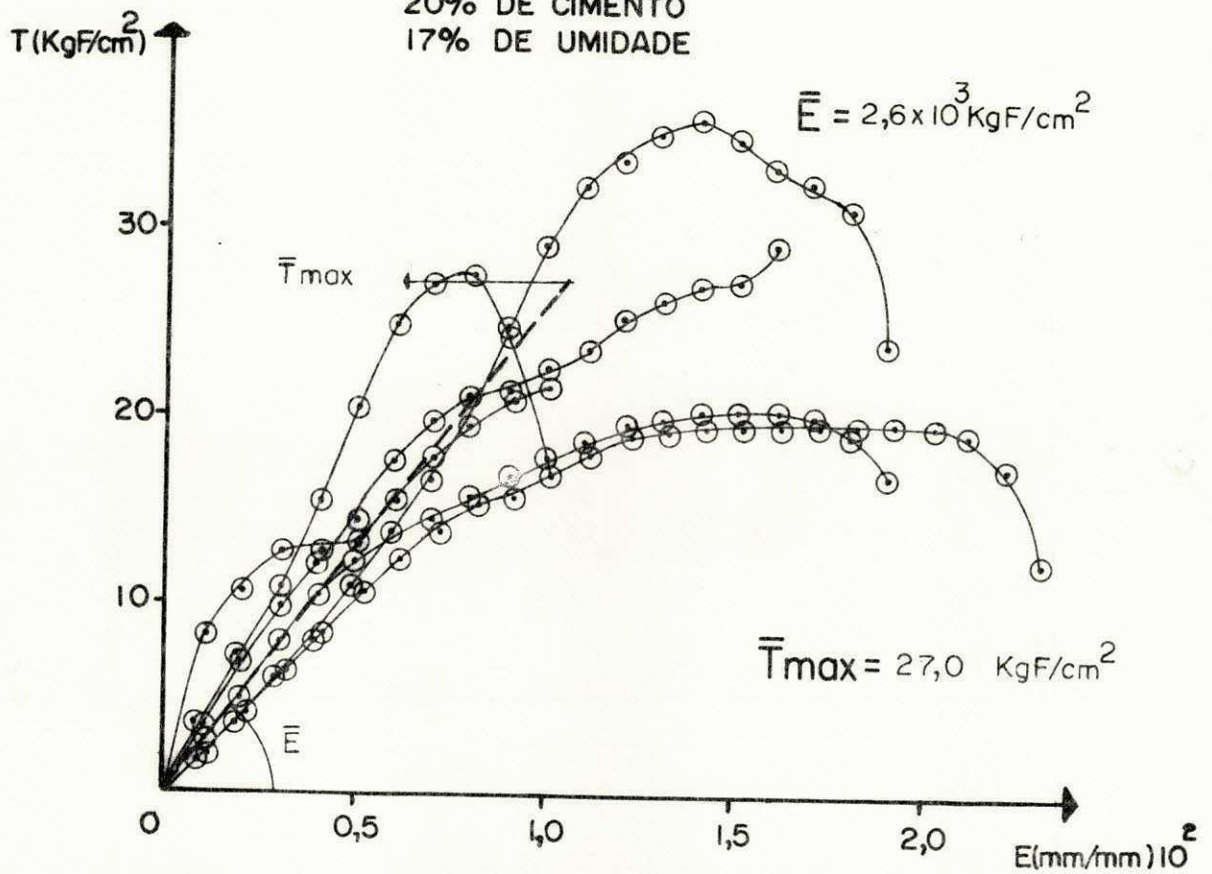


GRÁFICO - TENSÃO T_x DEFORMAÇÃO E_x

SOLO - CIMENTO AOS 7 DIAS
 SOLO TIPO SM
 CIMENTO POZOLÂNICO CLASSE 320
 30% DE CIMENTO
 17,5% DE UMIDADE

TENSÃO DEFORMAÇÃO SOLO-CIMENTO

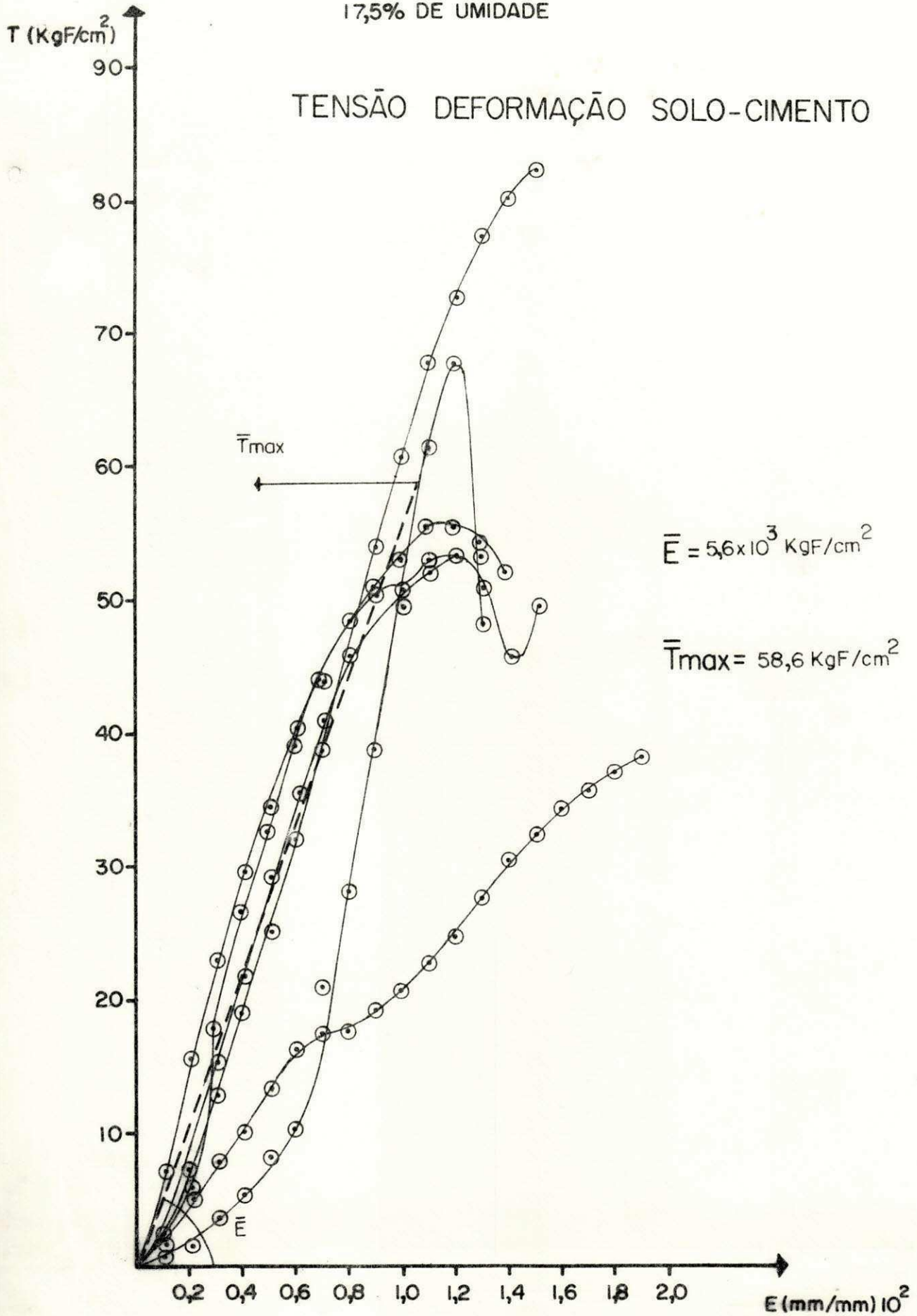
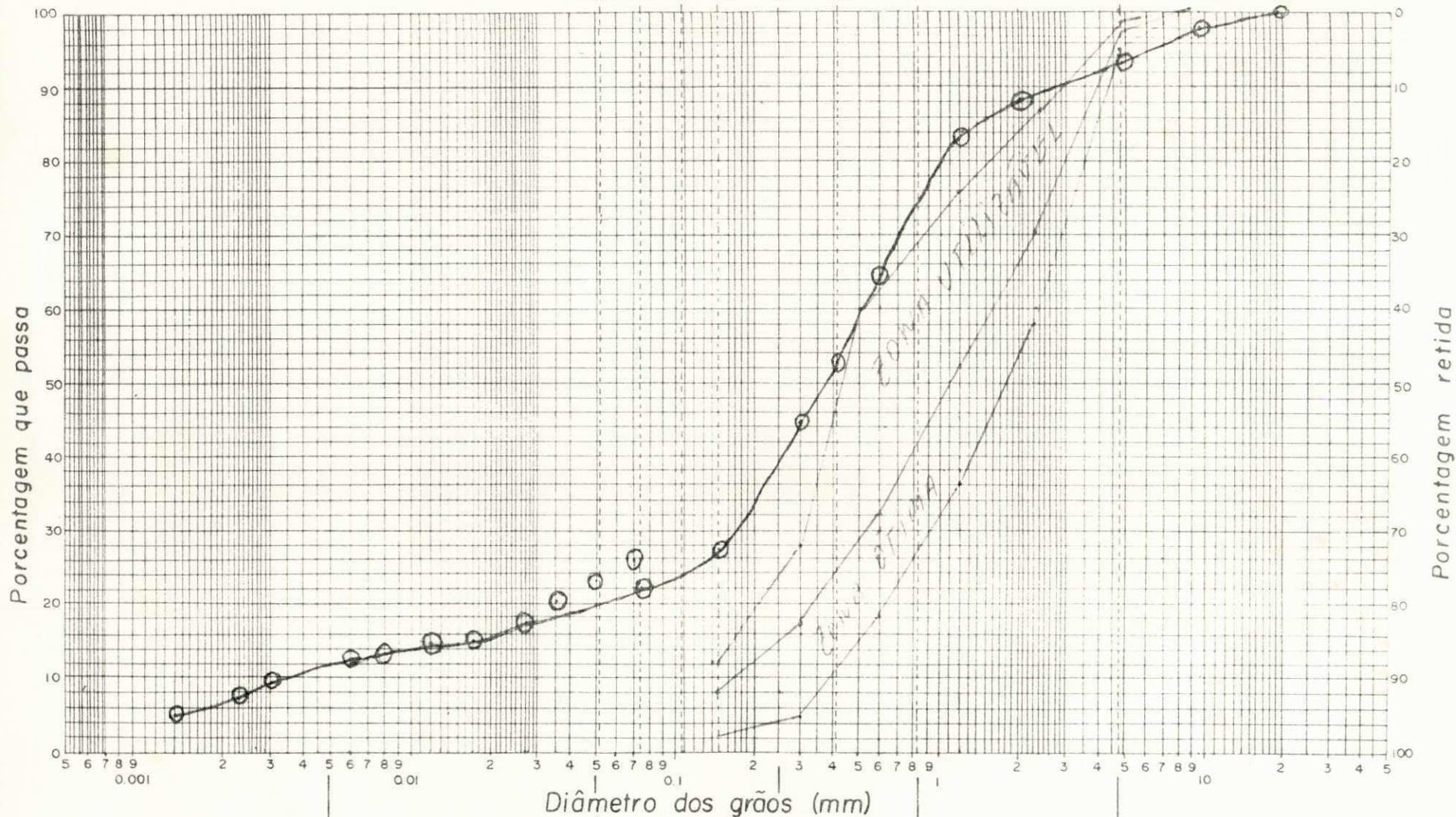


GRÁFICO - TENSÃO T x DEFORMAÇÃO E_p

GRANULOMETRIA

Peneiras (ASTM)

Nº 270 200 140 100 60 40 20 10 4



CLASSIFICAÇÃO
A. B. N. T.

Argila

Silte

Areia Fina

Areia média

Areia grossa

Pedregulho

UFPb - C. C. T. - DEC
ATECEL - GEOTECNIA

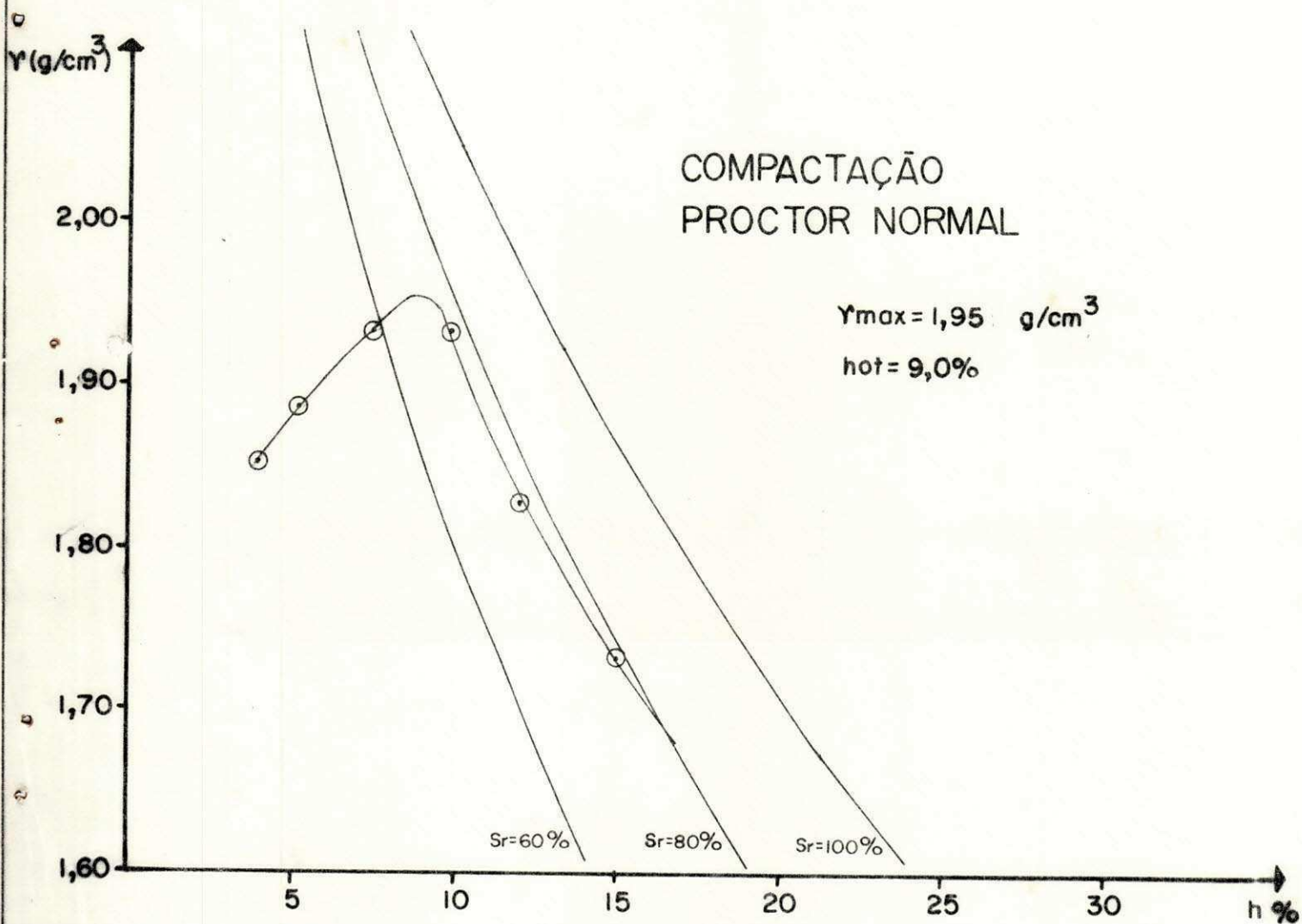


GRÁFICO - Densidade Aparente Seca γ x Umidade de Moldagem h.