

Tiago Frigulha

Finos da Pedreira Embu na Preparação de Argamassas

**São Paulo
2004**

Tiago Frigulha

Finos da Pedreira Embu na Preparação de Argamassas

Trabalho de Formatura em Engenharia de Minas
do Curso de Graduação do departamento de
Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo

Orientador : Prof. Dr. Lindolfo Soares

**São Paulo
2004**

TF-2004
F916f
142227

M2004M

DEDALUS - Acervo - EPMI



31700005452

FICHA CATALOGRÁFICA

Frigulha, Tiago

Finos de Pedreira Embu na preparação de argamassa / T.

Fri-

gulha. -- São Paulo, 2004.

p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo.

1.Areia (Estudo comparativo) - São Paulo (SP) 2.Argamassa (Avaliação; Estudo) 3.Finos de pedreira(Uso) I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo II.t.

Agradecimentos

Ao professor Lindolfo, pela orientação e boa disposição em todas as vezes que aparecia com novas complicações para que ele ajudasse;

ao pessoal do Laboratório de Concreto do IPT, principalmente ao Pedro Bileski, pelo acompanhamento na realização do trabalho;

à Embu S/A Engenharia e Comércio, em especial ao engenheiro Leonardo, por todos os conselhos e amizade;

a todos os meus amigos que me ajudaram a viver melhor nessa cidade chamada São Paulo. Por todos os momentos de alegria e descontração que passamos que, com certeza existirão ainda por muito tempo;

aos meus irmãos, os quais sempre me apoiaram e compartilham comigo grandes alegrias;

aos meus avós (Izilda e Américo), por terem permitido que hoje eu pudesse ser quem sou;

a todos meus primos, tios e tias, os quais sabem que sempre tiveram uma participação especial em minha vida. Se eu fosse citar os nomes de todos, não caberia nesta página. Gosto muito de todos vocês!

Em especial ao tio Gilmar e à tia Márcia, que sempre me apoiaram de todas as formas possíveis e imagináveis. Este trabalho só está feito hoje porque vocês estão em minha vida.

Resumo

As regiões produtoras de areia natural estão cada vez mais distantes da Grande São Paulo. Isso gera um aumento no preço das areias devido ao custo de frete. Adicionando isso ao fato de os finos de pedreira não terem uma boa aceitação no mercado, torna – se interessante um estudo avaliando a utilização dos finos como areia de brita.

O presente trabalho procurou avaliar as características da areia produzida com os finos da unidade Embu, da empresa mineradora Embu S/A Engenharia e Comércio, procurando demonstrar a possibilidade de sua utilização segundo as normas vigentes. Para isso, foram comparadas algumas características tecnológicas da argamassa produzida utilizando essa areia, com as de uma outra produzida utilizando a areia de brita da unidade Perus, da mesma empresa. Essa areia já possui boa aceitação no mercado, por isso a escolha de tal para a comparação.

Os resultados obtidos mostraram que a argamassa preparada com a areia da unidade Embu apresentou boas características após a comparação com as da argamassa preparada com a areia da unidade Perus. Dessa forma, um estudo detalhado para a produção da areia de brita a partir dos finos da unidade Embu torna – se interessante.

Índice

1. Introdução	2
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Justificativas da Pesquisa	3
2. Revisão Bibliográfica	4
3. Materiais e Métodos.....	5
3.1. Areias Utilizadas.....	5
3.1.1. Areia da Unidade Perus	6
3.1.2. Areia da Unidade Embu	7
3.2. Preparação das Amostras	8
3.3 Ensaio Realizados.....	9
3.3.1 Determinação das Características Físicas dos Grãos.....	9
3.3.2 Ensaio de Microscopia.....	12
3.3.3 Características das Argamassas Preparadas	14
4. Resultados Obtidos.....	19
4.1. Características Físicas.....	19
4.2. Análise Granulométrica	19
4.3 Índice de Consistência Normal	23
4.4 Resistência à Compressão	24
4.4 Resistência de Aderência à Tração	25
4.5 Análises Microscópicas	26
4.5.1. QWIN Leica	26
4.5.2 Microscópio Zeiss.....	26
5. Discussão dos Resultados	27
5.1. Características Físicas dos Grãos	27
5.2 Distribuição Granulométrica	28
5.3. Resistência à Compressão Simples.....	28
5.4. Resistência de Aderência à Tração	29
5.5. Análises Microscópicas	29
6. Conclusões	29
7. Referências Bibliográficas.....	31

1. Introdução

O Estado de São Paulo é o maior produtor e o maior consumidor nacional de areia para construção civil. Segundo o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), em 2001 a produção no estado foi de aproximadamente 80 milhões de toneladas. Do total produzido, aproximadamente 45% provém de várzeas, 35% de leitos de rios e os restantes 20%, de outras fontes.

Vale destacar a produção da região do Vale do Rio Paraíba do Sul, cuja porção paulista situa – se na região leste do estado e é o maior pólo produtor de areia no Brasil, respondendo por cerca de 25% da produção paulista, ou seja, aproximadamente 20 milhões de toneladas, o que equivale a 10% da produção nacional, segundo a mesma fonte. Com a expansão urbana, começou a ocorrer o declínio da extração de areia nos rios Tietê e Pinheiros, e em outras regiões próximas a capital. Com isso, a partir de 1949, teria se iniciado a extração de forma sistemática na região do Vale do Paraíba (ANEPAC, 2000) e com o passar das décadas, a região chegou à grande produção atual.

Devido à exaustão de depósitos naturais próximos aos grandes centros consumidores e às ações de grupos de preservação ambiental (Soares, Fujimura & Hennies at al. 1996), a areia consumida na região da Grande São Paulo vem de regiões cada vez mais distantes, sendo boa parte de locais que ficam a mais de 100 km de distância.

Esse distanciamento dos locais de produção com relação aos grandes centros consumidores traz algumas consequências significativas. Um dos problemas é o tráfego de caminhões nas estradas, gerando degradação dos pavimentos, poluição sonora e desconforto para as pessoas que vivem próximas às vias onde os caminhões que transportam areia transitam (Sbrighi Neto & Soares, 1996). Outro fator é o aumento significativo do preço final da areia, sendo que o transporte responde por cerca de 2/3 do mesmo.

Os fatos descritos mostram a necessidade da exploração de recursos alternativos para a produção de areia, possibilitando essa produção em locais próximos aos centros consumidores e, no caso em questão, à região da Grande São Paulo.

Juntamente ao que foi citado anteriormente, devemos considerar um grande problema existente nas empresas mineradoras produtoras de brita, que é a geração de finos resultantes do processo de britagem. Esse material é uma mistura de areia e poeira (Sbrighi Neto & Soares, 1996), possuindo baixo valor comercial e uma difícil saída no mercado. Como consequência, são formadas grandes pilhas de estocagem desse material, as quais podem trazer problemas ecológicos, como a grande liberação de material particulado siltoso na atmosfera, além da elevação dos custos financeiros devido a estoques elevados, bem como o remanuseio das pilhas.

Em geral, segundo o DNPM, as pedreiras da Grande São Paulo distanciam – se em torno de 35 Km do centro da capital. Essa distância, bem menor com relação aos locais produtores de areia natural, torna viável a utilização de uma alternativa que também ajuda a

resolver o problema das pedreiras de geração de finos. Essa alternativa é a produção de areia a partir desses finos, conhecida como areia de brita.

A produção dessa areia normalmente requer estudos por parte da empresa e algumas alterações nas linhas de britagem das pedreiras. Por outro lado, o material possui um valor de venda em média até 20% maior que o do pó – de – brita, o que também auxilia para que essas alterações sejam bem vistas pelas empresas.

Com isso, o estudo das características da areia produzida a partir da britagem de rocha para analisar sua aplicabilidade no mercado torna – se de interesse científico e econômico, além de poder contribuir com a diminuição de problemas ambientais.

1.1. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo analisar as características do pó – de – pedra gerado na unidade Embu da empresa Embu S/A Engenharia e Comércio verificando a possibilidade de sua utilização no mercado como areia de brita para utilização em argamassa estrutural. Para essa análise, simularemos uma areia produzida a partir dos finos da unidade Embu da empresa citada e compararemos com as mesmas características da areia de brita produzida na unidade Perus daquela empresa, a qual é uma areia que possui grande aceitação no mercado atual na região da Grande São Paulo.

1.2. Justificativas da Pesquisa

Segundo o DNPM, em 2001, aproximadamente 9% da areia consumida na Grande São Paulo era proveniente de processos de rocha britada. Comparando – se com a produção de areia proveniente de várzeas e leitos de rios, aproximadamente 80%, e analisando as necessidades de alternativas na produção de areia na Região da Grande São Paulo, perceberemos a possibilidade de substituição pela areia de brita em uma grande parte do mercado.

Com a intenção da pedreira Embu S/A de produzir areia de brita a partir dos finos da unidade Embu, este estudo passou a ser fundamental para o emprego de tal produção.

As argamassas de revestimento são uma composição de areia, cimento e água. Escolhe – se fazer os ensaios para esse material, pois a obtenção de bons resultados a partir dessa composição, indicará também a possibilidade de utilização da mesma areia para o concreto. Dessa forma, decidiu – se comparar as características das argamassas produzidas com as areias da unidade Embu e da unidade Perus, analisando seus diferentes comportamentos tais como resistência à compressão e trabalhabilidade, entre outros ensaios exigidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Este estudo também tem a intenção de contribuir na conscientização por parte dos consumidores de areia de que a areia de brita pode ser utilizada sem causar danos às obras, tendo características de aplicabilidade dentro do exigido pelas normas vigentes no setor.

2. Revisão Bibliográfica

Com a finalidade de fazer um estudo comparativo para analisar as características de finos de pedra para utilização como areia de brita, verificou – se ser interessante a análise de sua aplicação no preparo de argamassas.

Estudos sobre as características das argamassas de assentamento preparadas com agregados miúdos foram realizados por Sabbatini (1986), onde são indicadas características que devem ser analisadas nos agregados miúdos, como composição mineralógica e granulometria, para que as argamassas preparadas com os mesmos apresentem boas condições de aplicação. É importante lembrar que o presente trabalho visa o estudo da aplicação de finos de pedra em argamassa de uma forma geral, não sendo especificadas utilizações.

Com relação ao uso de areia a partir dos finos rocha britada podemos citar o trabalho de Sbrighi Neto & Soares (1996), o qual analisa algumas características desses finos aplicados em concreto. Também podemos citar o trabalho realizado por Soares, Fujimura & Hennies, que fala sobre a substituição da utilização de areias naturais pela de finos de britagem de rochas graníticas e gnáissicas. Nesse estudo, analisam – se alguns aspectos ambientais e financeiros relacionados ao atual uso das areias naturais e também à presença das pilhas de estocagem de finos de pedreiras. Estudou – se algumas características dos tecnológicas dos finos e também sua aplicação em pavimentos de concreto compactado.

Sobre a questão ambiental relacionada ao uso de areias naturais, também podemos citar o trabalho da ANEPAC (2000), que fala sobre a utilização das areias naturais da região do Vale do Paraíba, SP, com o passar dos anos e algumas consequências dessa utilização nos dias atuais.

Sobre estudos comparativos da aplicação de areias no preparo de argamassas devemos citar Zanchetta (2000), onde foram analisados os comportamentos de argamassas preparadas com areias provenientes de 5 origens distintas, tendo em vista a comprovação da possibilidade de utilização de tais areias, e também D'Agostino (2004), onde foram analisadas finos resultantes de britagem de rochas graníticas e basálticas aplicados na preparação de argamassas.

3. Materiais e Métodos

3.1. Areias Utilizadas

As areias as quais pretende – se analisar neste trabalho são provenientes das unidades Embu e Perus da empresa mineradora Embu S/A Engenharia e Comércio.

Além dessas, também será analisado o comportamento da areia Normal Brasileira (areia padrão), a fim de se comparar o comportamento das outras duas com o desta para os ensaios com argamassa.

A areia padrão é definida, segundo a norma NBR 7214/82 como material natural quartzoso, extraído do Rio Tietê na região do município de São Paulo, em direção à nascente, produzido e fornecido pelo IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas . Essa areia é composta da seguinte forma:

- 25% em massa, de areia com granulometria entre 2,4 mm e 1,2 mm (8# e 14#);
- 25% em massa, de areia com granulometria entre 1,2 mm e 0,6 mm (14# e 28#);
- 25% em massa, de areia com granulometria entre 0,6 mm e 0,3 mm (28# e 48#);
- 25% em massa, de areia com granulometria entre 0,3 mm e 0,15 mm (48# e 100#).

3.1.1. Areia da Unidade Perus

A Mineração Juruaçu, unidade Perus da Embu S/A Engenharia e Comércio, localiza-se na Avenida Raimundo Pereira de Magalhães, Km 25,5, em Perus. A região está localizada nos Grupos Serra do Itaberaba e São Roque. É uma unidade vulcanossedimentar, composta por rochas calciosilicatadas, micaxistos anfibolitos e clastoquímica (Rodríguez, 1998 – Mapa Geológico da Região Metropolitana de São Paulo, IGc, USP).

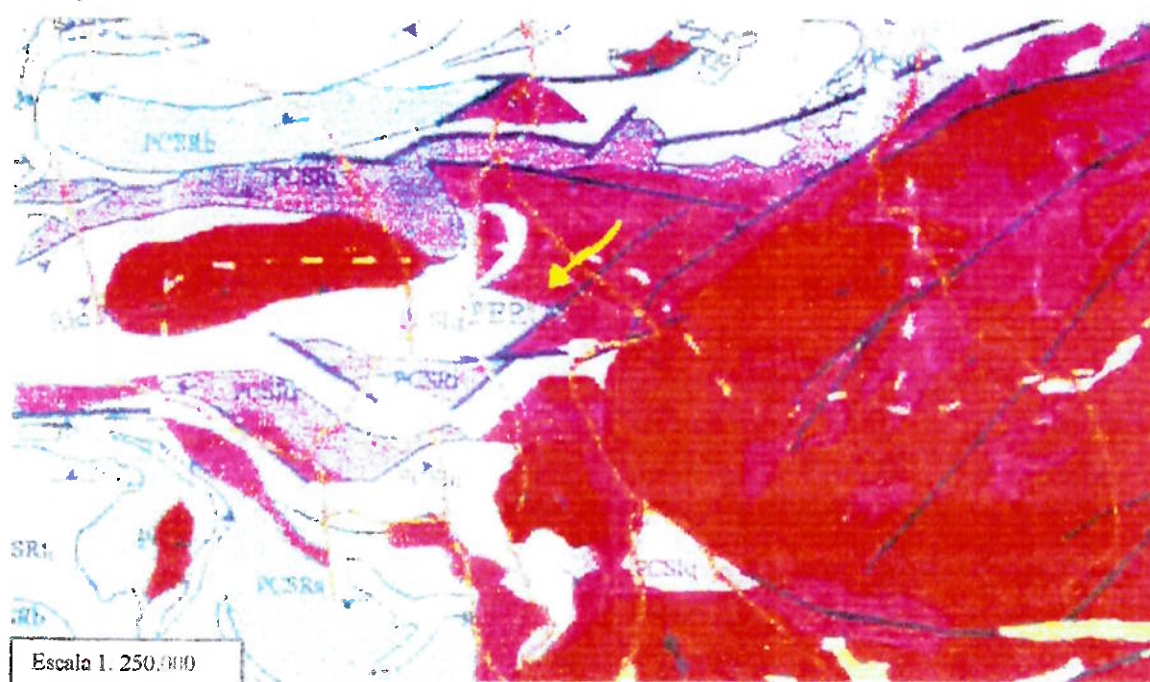


Figura 1. Mapa Geológico da Região de Perus

(Fonte: IGc, USP)

Nessa unidade existe a produção de areia a partir de material intemperizado e areia de brita. O granito que aflora no local é desmontado com emprego de explosivos. O material vindo da frente de lavra passa por uma grelha sendo que o passante é levado a uma peneira e lavado. A mistura de água com areia de material intemperizado passante nessa peneira é levada à planta de produção de areia natural. Dessa forma, apenas a rocha granítica segue nas etapas seguintes da britagem, entre as quais está um britador autógeno VSI ("Vertical Shaft Impactor"), da marca REMco. Os finos gerados na britagem da rocha são levados a um classificador espiral. Nele é separada a areia de brita e o rejeito segue para uma barragem de rejeito.

Nesse estudo, analisamos a areia proveniente do processo de britagem de rocha produzido na unidade. No dia da coleta da areia, esta estava sendo separada entre 4,8 mm e 0,15 mm. A amostra para os ensaios foi retirada da pilha de estocagem da areia de brita.

3.1.2. Areia da Unidade Embu

A unidade Embu da mineração Embu S/A Engenharia e Comércio, localiza-se em Itatuba, no município de Embu das Artes, na estrada Maria José Ferraz do Prado, em Itatuba, município de Embu das Artes. A região fica no Complexo Embu e é composta por granitos, granodioritos, quartzitos, gnaisses graníticos e anfibolitos (Rodriguez, 1998)

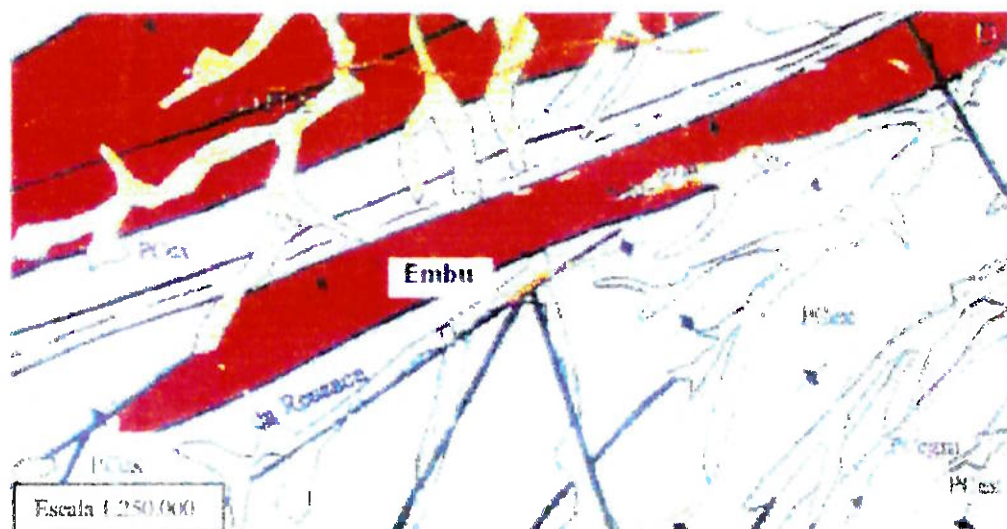


Figura2. Mapa Geológico da Região de Embu

(Fonte: IGIC)

Assim como na unidade Penus, a rocha é granítica e o desmonte é feito por explosivos. O material proveniente da frente de lavra entra na linha de britagem, passando por quatro estágios, incluindo um rebitador REMco. "foto REMco" "foto rocha"

O pó de pedra gerado na britagem corresponde a 25% do total de brita produzido. Esse material fica estocado em pilhas, ocupando espaço, elevando os custos financeiros devido a estoque e constituindo um risco ambiental, devido a geração de poeiras. A amostra para os ensaios foi coletada na pilha de estocagem do pó.

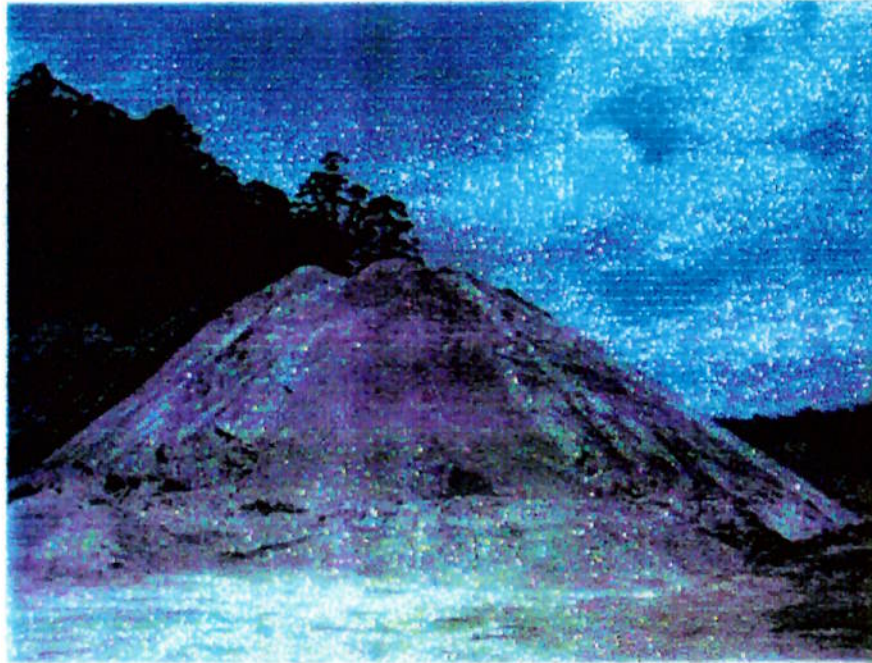


Figura 3. Pilha de Estocagem de pó - de - pedra em Embu

3.2. Preparação das Amostras

Retirou - se inicialmente 63,45 kg de pó - de - pedra da pilha de estocagem da unidade Embu. O material recolhido foi peneirado a úmido retirando - se as frações acima de 4,8 mm e abaixo 0,15 mm, de acordo com Sabattini (1986). Dessa forma, os materiais colhidos em Perus e em Embu passaram a estar, teoricamente, entre a mesma faixa granulométrica.

Da pilha de areia de brita de Perus, retirou - se 68,73 kg de material.

Ambos os materiais foram levados à estufa a $(105 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ de acordo com a norma ABNT NBR - NM 248 (2001), até que fosse eliminada toda a umidade. As quantidades separadas foram levadas ao IPT, para realização dos ensaios necessários. Após o quarteamento da massa total, fez - se o ensaio da Massa Unitária das duas areias. Isso porque esse ensaio necessita de uma grande quantidade de material, sendo que toda ela foi utilizada. Entretanto, não é um ensaio destrutivo. Dessa forma fez - se um novo quarteamento com a massa total, e a partir daí retirou - se 47,85 kg de amostra da areia da unidade Embu e 45,23 kg da areia da unidade Perus.

A quantidade restante ficou guardada para o caso de necessidade de repetição dos procedimentos.

3.3 Ensaios Realizados

3.3.1 Determinação das Características Físicas dos Grãos

De acordo com a norma ABNT NBR 7211 – Agregados para Concreto, deve – se analisar algumas características de agregados graúdos e miúdos para que esses sejam incluídos no mercado. Falaremos sobre essas características nos itens a seguir.

3.3.1.1 Distribuição Granulométrica

Com os dois tipos de areia, fez – se 2 determinações da composição granulométrica para cada uma das amostras, sendo que em cada uma das determinações, utilizou – se aproximadamente 650 g para a areia de Embu e aproximadamente 720 g para a areia de Perus. Os ensaios foram realizados segundo a norma ABNT (NBR NM 248:2001): Agregados - Determinação da composição granulométrica – Método de ensaio.

As peneiras utilizadas abrangeram as malhas, em milímetros:

4,8 – 2,4 – 1,2 – 0,6 – 0,3 – 0,15.

O tempo de cada ensaio foi de 10 minutos de peneiramento mecânico mais três minutos de verificação manual por peneira.

A partir dos dados obtidos com a distribuição granulométrica, calculou – se o Módulo de Finura (MF), o qual é definido como sendo a soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100 (ABNT NBR 7211). O valor do MF dá uma idéia numérica do que é chamado agregado “grosso ou fino” e é corretamente utilizado na classificação prática do “tamanho” do material (Iashimoto et al., s/d). Temos a seguinte classificação para os intervalos do MF:

Areias Grossas - $MF > 3,0$

Areias Médias - $3,0 > MF > 2,0$

Areias Finas - $MF < 2,0$

Obtendo – se a classificação da areia de acordo com o MF, devemos analisar a Tabela 1, de acordo com a norma ABNT NBR 7211: Agregado para Concreto – Especificação. Para essa norma, temos a seguinte Tabela 1.

Peneira ABNT (mm)	%, em peso, retida acumulada na peneira ABNT para a			
	Zona 1 (muito fina)	Zona 2 (fina)	Zona 3 (média)	Zona 4 (grossa)
9,5	0	0	0	0
6,3	0 a 3	0 a 7	0 a 7	0 a 7
4,8	0 a 5(A)	0 a 10	0 a 11	0 a 12
2,4	0 a 5(A)	0 a 15(A)	0 a 25(A)	5(A) a 40
1,2	0 a 10(A)	0 a 25(A)	10(A) a 45(A)	30(A) a 70
0,6	0 a 20	21 a 40	41 a 65	66 a 85
0,3	50 a 85(A)	60(A) a 88(A)	70(A) a 92(A)	80(A) a 95
0,15	85 a 100	90 a 100	90 a 100	90 a 100

Tabela 1. Limites granulométricos de Agregado Miúdo.

Segundo a norma citada, a granulometria determinada de acordo com a NBR NM 248:2001 deve cumprir os limites somente de uma das zonas indicadas na Tabela 1. Porém, areias cuja granulometria não se enquadre em qualquer uma das zonas indicadas podem ser utilizadas, desde que sejam realizados estudos prévios de dosagem ou a faixa granulométrica seja de uso consagrado em determinada região.

Na tabela, a presença de “(A)” indica que pode haver uma tolerância máxima de 5% em um só dos limites ou distribuídos entre os dois.

3.3.1.2 Massa Específica pelo Frasco Chapman

Segundo a norma ABNT NBR 9776 (1987), temos a seguinte definição: Massa Específica é a relação entre a massa do agregado seco em estufa (105 ± 5)°C até constância de massa e o volume igual ao do sólido, incluindo poros impermeáveis.

Na execução do ensaio, seguiu-se a norma citada acima, utilizando uma massa de 500g para cada uma das areias e um volume inicial de 200 cm³ de água.

Ainda segundo a norma acima, a massa específica é calculada mediante a expressão:

$$\gamma = \frac{500}{(L - 200)}$$

Onde:

γ = massa específica do agregado miúdo, expressa em Mg / m³

L = leitura do frasco (volume ocupado pelo conjunto água – agregado miúdo).

3.3.1.3 Determinação da Absorção de Água

Para realização desse ensaio seguiu – se a norma ABNT NBR NM – 30/01. Segundo a mesma, define – se absorção como o processo pelo qual um líquido é conduzido e tende a ocupar os poros permeáveis de um corpo sólido poroso. Para os efeitos desta norma, é também o incremento de massa de um corpo sólido poroso devido à penetração de um líquido (água) em seus poros permeáveis, em relação a sua massa em estado seco.

Com base na mesma norma, foi utilizado um molde tronco – cônico com 40 mm de diâmetro superior, 90 mm de diâmetro inferior e 75 mm de altura , com espessura.

A haste de compactação utilizada é metálica e possui 340 g de massa tendo superfície de compactação circular de 25 mm de diâmetro.

Após quarteamento, utilizou – se aproximadamente 1 kg de cada amostra.

3.3.1.4 Determinação da Massa Unitária

A norma ABNT NBR 7251 (1982) define massa unitária de um agregado solto como sendo o quociente da massa do agregado lançado no recipiente, de acordo com o estabelecido na mesma norma, e o volume desse recipiente. Para este ensaio, utilizou – se um volume de 14,55 dm³.

3.3.1.5 Determinação do Teor de Argila em Torrões

De acordo com a norma ABNT NBR 7218 (1987) define – se argila em torrões como sendo partículas presentes nos agregados susceptíveis de serem desfeitas pela pressão entre os dedos polegar e indicador.

Este ensaio, realizado de acordo com a norma acima, determina o teor de argila em torrões e materiais friáveis, eventualmente presentes em agregados.

As massas utilizadas foram de 200,9 g de amostra da areia de Embu e 200,8 g da areia de Perus.

3.3.1.6 Determinação de Impurezas Orgânicas

Este ensaio foi realizado de acordo com a norma ABNT NBR NM 49 (2001). Determina a presença de impurezas orgânicas em agregado miúdo, pelo método de determinação colorimétrica.

Este ensaio consiste em adicionar agregado miúdo seco ao ar e uma solução de hidróxido de sódio num frasco erlenmeyer e, simultaneamente, preparar uma solução padrão, de acordo com a norma citada. Ao final dos procedimentos comparam – se as cores das soluções obtidas dizendo se a solução é de cor mais escura, mais clara ou igual a da solução padrão.

A quantidade de areia adicionada para realização do ensaio foi de 200 g para ambas as areias.

3.3.2 Ensaios de Microscopia

A fim de se analisar algumas características microscópicas dos grãos e da argamassa preparada com a areia da unidade Embu, foram realizados ensaios com microscópios no Laboratório de Petrografia Sedimentar – IGc, USP.

Neste caso, ensaiou – se apenas a areia de Embu, visto que nosso objetivo aqui era apenas analisar tais características dessa areia, sem necessidade de uma comparação.

3.3.2.1 Utilização do “Leica QWIN”

Para análise do grau de arredondamento foi utilizado o Sistema Macroviewer com câmera 3 CCD Color Vision Camera Module (Figura 4) Utilizou – se também uma cartolina preta e uma agulha

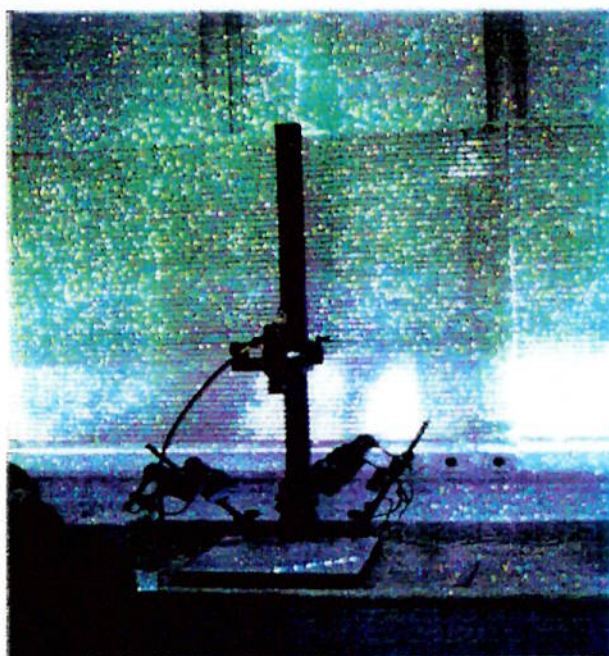


Figura 4. Sistema Macroviewer com câmera 3 CCD Color Vision Camera Module

Para a análise, colocam – se os grãos em cima da cartolina e, em seguida, é feita a separação dos mesmos utilizando a agulha. É importante que não haja contato entre eles, pois no tratamento da imagem dos grãos captada no computador, os dois podem ser considerados um único grão.

A imagem captada no computador é tratada considerando – se apenas o contorno dos grãos. Essa imagem é conhecida como “imagem binário” (Figura 5). Para isso é

utilizado o analisador de imagens "Leica QWIN". A partir dessa imagem, foi feita uma análise visual da figura obtida

Foram separados 51 grãos os quais foram retidos na peneira de malha 2,4 mm. A escolha dessa malha foi devido ao fato de que praticamente 50% dos grãos ficaram retidos nessa malha na análise granulométrica.

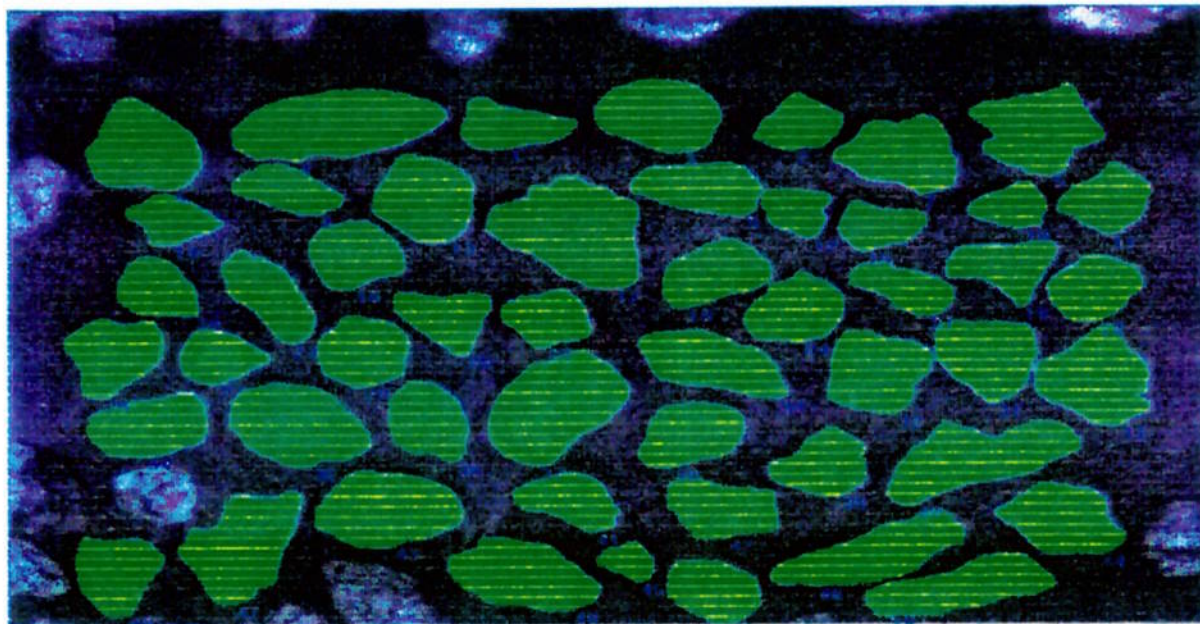


Figura 5 Imagem obtida a partir do Leica QWIN para os grãos da areia de Embu

Para a análise em questão, o grão de número 34 não foi considerado, pois seu formato era de difícil identificação no monitor do computador utilizado

3.3.2.2. Aderência dos Grãos ao Cimento

Para essa análise, foi utilizado o Microscópio Estereoscópico Zeiss (Figura 6). O ensaio foi realizado com uma placa laminada de argamassa feita com a areia de Embu. No dia do ensaio a placa estava com 18 dias de cura.

O objetivo do ensaio é analisar a aderência dos grãos do agregado com o cimento utilizado no preparo da argamassa, verificando se houve presença de porosidades e se o cimento envolveu totalmente os grãos.



Figura 6. Microscópio Estereoscópico Zeiss

3.3.3 Características das Argamassas Preparadas

3.3.3.1. Determinação do Índice de Consistência Normal

A realização destes ensaios seguiu o indicado no Anexo B da norma ABNT NBR 7215:1995 : Cimento Portland - Determinação da Resistência à Compressão.

Este ensaio foi realizado no IPT, no Laboratório de Concreto. Para o ensaio é utilizada uma mesa horizontal lisa e plana (Figura 7) conhecida como "flow table". Passa - se uma fina camada de óleo em sua superfície e, em seguida coloca - se em cima da mesma um tronco de cone, que será preenchido com argamassa. No cone são colocadas três camadas distintas de argamassa sendo que a primeira recebe 15 golpes aplicados com um soquete metálico, a segunda recebe 10 golpes e a terceira, cinco golpes. O material que ultrapassa a borda superior é removido com uma régua e o topo é alisado com a mesma.

Terminado o enchimento, retira - se então a forma e começa - se a dar os golpes. Esses são dados girando - se a manivela, que provoca a elevação da mesa e em seguida, sua queda. Dessa forma, faz - se com que a mesa caia 30 vezes em 30 segundos, provocando o abatimento do tronco de cone (Figura 7). Em seguida, mede - se em três direções o diâmetro do disco de massa resultante após as quedas e calcula - se a média.

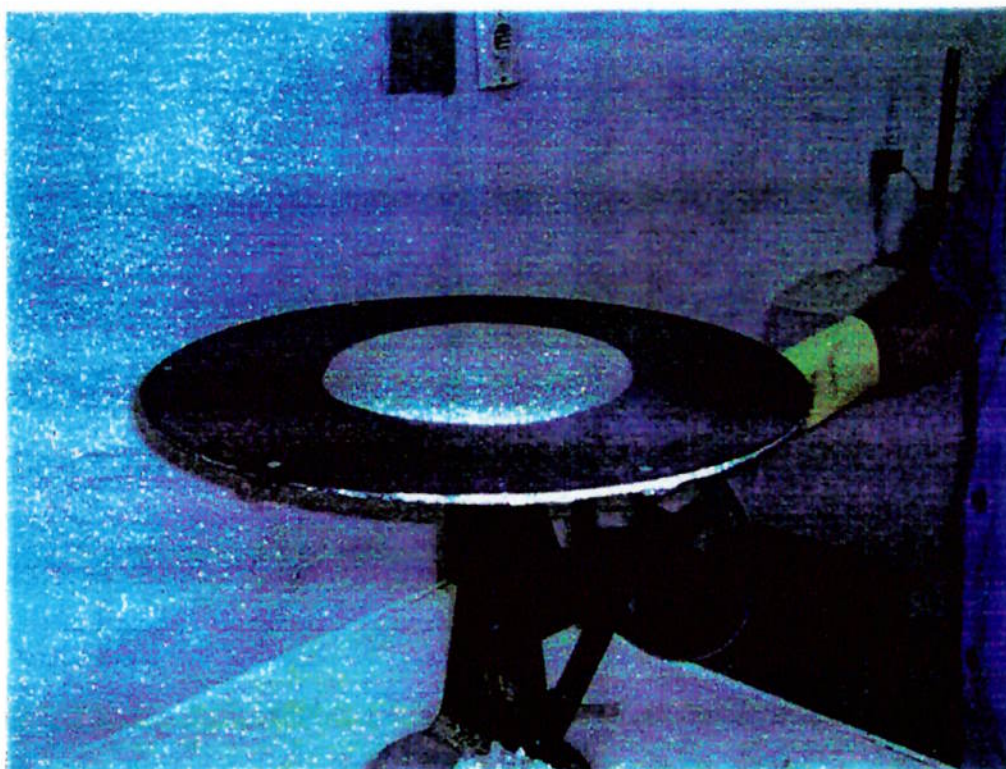


Figura 7 "Flow Table" com argamassa após 30 quedas

Dessa forma, faz-se várias tentativas, alterando-se a dosagem de água na argamassa até que a consistência atingida seja de $220\text{mm} \pm 10\text{mm}$. Esse é um valor usual para os ensaios de consistência de argamassas com cimento. Com isso, foi o valor utilizado para a realização dos ensaios no IPT.

A relação água / cimento utilizada ao atingir-se a consistência citada é a mesma que será utilizada na modelagem dos corpos de prova para os ensaios de resistência à compressão simples.

3.3.3.2 Determinação da Resistência à Compressão Simples

Este ensaio foi realizado segundo a norma ABNT NBR 7215:1995 : Cimento Portland – Determinação da Resistência à Compressão . Para os ensaios, são elaborados corpos de prova de argamassa, com formato cilíndrico tendo 50 mm de diâmetro e 100 mm de altura. A composição da argamassa é de uma parte de cimento para três de areia em massa e a relação água / cimento, suficiente para a obtenção de uma consistência de 220 mm, foi de 0,49 para a amostra Embu e 0,48 para a amostra Perus. O cimento utilizado na preparação dos corpos de prova foi do tipo CP-III-40. Este cimento, segundo a Especificação Brasileira EB 208/91 é um cimento Portland de alto forno possuindo de 35 a 70% de teor de escória em massa. A classe "40" significa que aos 28 dias de idade a sua resistência à compressão Normal tem que ser no mínimo 40 MPa.

Os moldes utilizados na preparação dos corpos de prova recebem inicialmente uma fina camada de óleo em seu interior e, em seguida, quatro camadas da argamassa preparada, sendo cada uma delas golpeada 30 vezes com um soquete metálico conforme Figura 8.



Figura 8. Molde, soquete metálico e espátula para preparação do corpo de prova

O excesso de massa nos corpos de prova é retirado com auxílio de uma espátula e, em seguida, os mesmos são cobertos com uma placa de vidro. Essa placa tem como objetivo manter a umidade do corpo de prova e preservar a face superior dos mesmos.

A partir daí, inicia-se então o período de cura (endurecimento) dos corpos de prova. Inicialmente eles são levados a uma câmara úmida onde permanecem por 24 horas. Terminado esse período inicial de cura, os mesmos são retirados dos moldes, identificados e imersos num tanque de água saturada de cal da câmara úmida, onde permanecem até o momento do ensaio.

Os tempos de cura para realização dos ensaios foram de 3, 7 e 28 dias para todas as areias. Foram feitos quatro corpos de prova para cada areia utilizada para os ensaios em cada tempo de cura. Dessa forma, foram feitos no total 36 corpos de prova, sendo 12 para a areia de Embu, 12 para a areia de Perus e 12 para a areia Normal. As quantidades de areia utilizadas em cada um foram aproximadamente 3,80 Kg.

Antes de serem submetidos à compressão, os corpos de prova são capeados com uma camada de até 2 mm de enxofre fundido nas extremidades. Isso, para que os esforços sejam igualmente distribuídos na superfície do corpo. A utilização do enxofre é devido à rapidez com que o mesmo se funde e se solidifica.

O ensaio realiza-se com a utilização de uma prensa hidráulica (Figura 9) com uma velocidade de carregamento de $0,25 \pm 0,5$ MPa/s.

Para cada tempo de cura, são realizados os ensaios com quatro corpos feitos com cada tipo de areia. Anota-se os valores obtidos e, a partir desses, temos um valor médio da resistência à compressão para os determinados tempos de cura e areia.

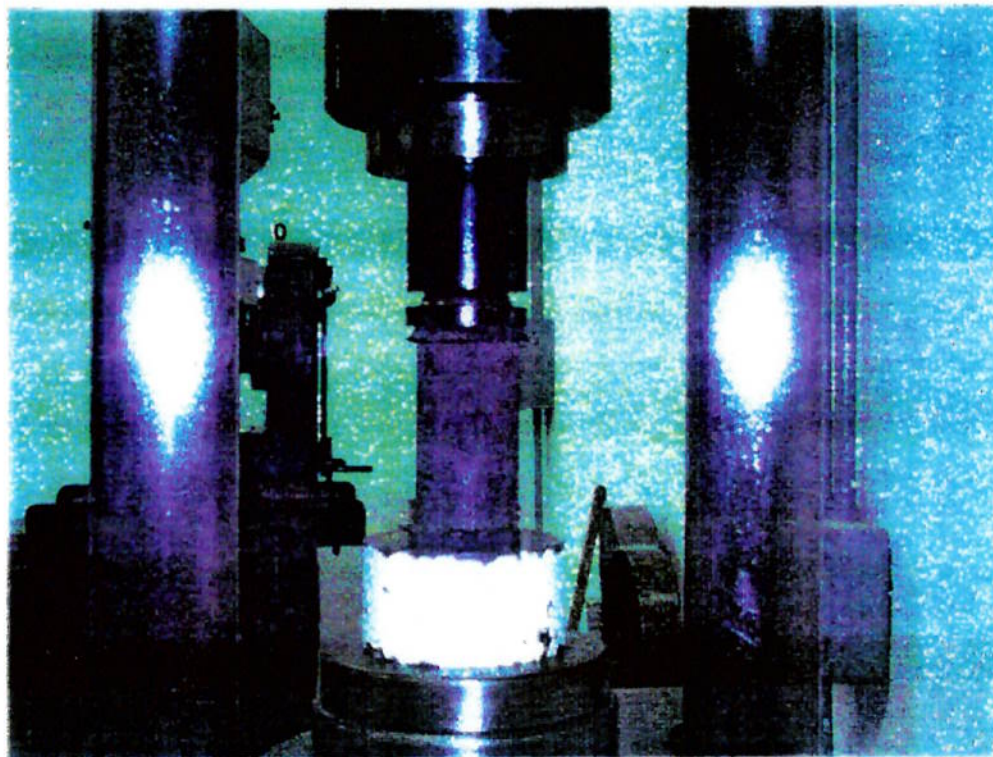


Figura 9 Corpo de prova na prensa hidráulica

3.3.3.3 Determinação da Resistência de Aderência à Tração

Este ensaio foi realizado de acordo com a norma ABNT NBR 13528: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação de resistência de aderência à tração. Dessa forma, a resistência de aderência à tração é a tensão máxima suportada por um corpo de prova de revestimento na interface em avaliação, quando submetido a um esforço nominal de tração.

O aparelho utilizado para realização do ensaio foi um dinamômetro, do fabricante Blondete S.A. (Figura 10)



Figura 10. Pastilha e aparelho de tração

Os corpos de prova foram preparados em blocos de alvenaria. Coloca – se a argamassa e, após 12 dias, colam – se 6 pastilhas circulares de área 2000 mm² (Figura 11). Em seguida, acopla – se o equipamento de tração à pastilha e aplica – se o esforço de tração a uma taxa de carregamento de 100 N/s até a ruptura.

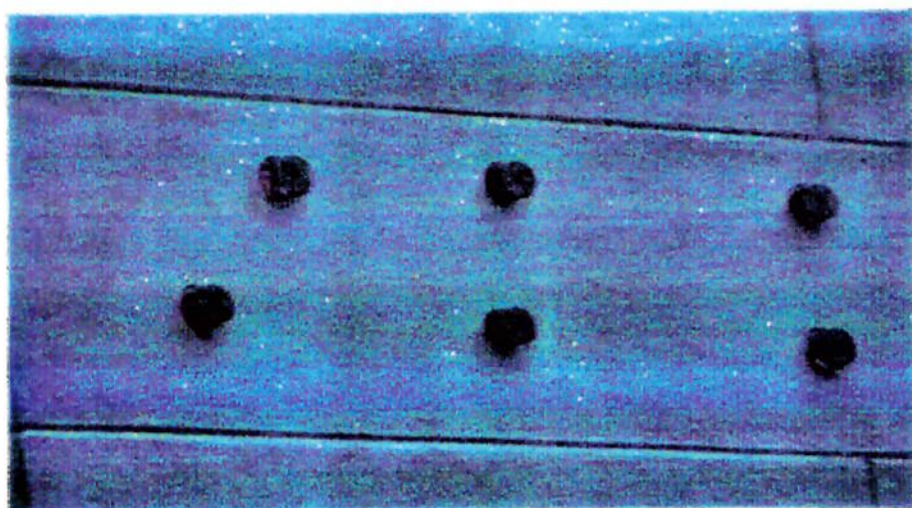


Figura 11. Pastilhas acopladas a superfície com argamassa.

O valor da resistência de aderência à tração é dado pela expressão:

$$R_a = \frac{P}{A}$$

Onde: R_a é a resistência de aderência à tração;

P é a carga de ruptura em N;

A é a área da pastilha, em mm².

4. Resultados Obtidos

4.1. Características Físicas

Para os resultados dos ensaios das características físicas dos grãos das areias, as quais foram citadas no item 3.3.1, separamos este tópico, no qual estaremos apresentando duas tabelas com os resultados dos mesmos. É interessante analisar a diferença conceitual entre Massa Específica e Massa Unitária. Esta caracteriza o material analisando seu volume de forma empolada enquanto que aquela analisa o volume real do material.

Areia	Massa Específica Frasco Chapman (Mg/m³)	Massa Unitária (Kg/dm³)	Material Pulverolento (%)
Embu	2,65	1,51	1,9
Perus	2,63	1,56	1,0

Tabela 2. Características Físicas dos Grãos

Areia	Absorção (%)	Teor de Argila (%)	Matéria Orgânica
Embu	1,58	Ausente	Ausente
Perus	1,79	Ausente	Ausente

Tabela 3. Características Físicas dos Grãos II

4.2. Análise Granulométrica

Devemos lembrar que para a análise da distribuição granulométrica foram feitos 2 ensaios com cada areia. Sendo assim, os resultados apresentados aqui serão os resultados médios. Para cada tipo de areia temos a seguir uma tabela com as frações divididas conforme indicado em 3.3.1.1 e também o gráfico da curva granulométrica. Também estão indicados os Módulos de Finura, os quais foram calculados de acordo com o item citado acima.

• Areia Embu

Primeiramente analisamos a areia de Embu. Podemos perceber que não houve material retido na fração 4,8 mm. Isso era esperado, já que inicialmente houve uma separação do material retido nessa fração para realização dos ensaios. A seguir, temos a

Tabela 4 trazendo a distribuição granulométrica da areia de Embu e a Figura 11 com sua distribuição granulométrica.

Mesh Tyler	Abertura (mm)	Retido (g)	% Retido	%Retida Acumulada	%Passante Acumulada
4#	4,8	0	0	0	100,0
8#	2,4	321,85	49,2	49,2	50,8
16#	1,2	188,05	28,8	78,0	22,0
30#	0,6	80,85	12,4	90,3	9,7
50#	0,3	40,8	6,2	96,6	3,4
100#	0,15	20,8	3,2	99,8	0,2
<100#	<0,15	1,6	0,2	100,0	0,0
Totais		653,95	100,0		MF = 4,15

Tabela 4. Distribuição Granulométrica da areia de Embu

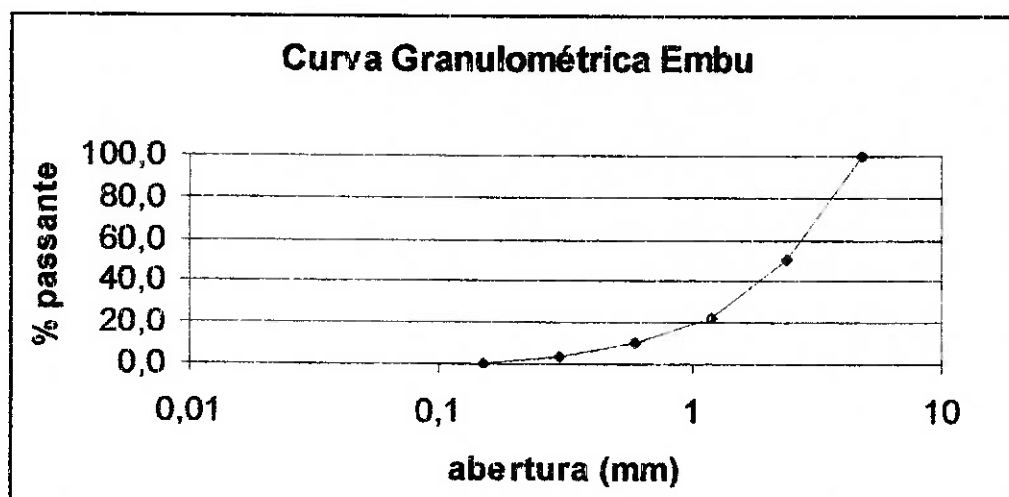


Figura 12. Curva Granulométrica da areia de Embu

Percebemos pela distribuição granulométrica (Tabela 4) que a areia de Embu ficou com quase 50% de seu total retido na malha de 2,4 mm. Logo, vemos que a distribuição granulométrica é desigual entre as frações analisadas. Seu MF foi de 4,15. Isso a caracteriza como uma areia grossa. É importante também citar que não temos resultados para as frações abaixo de 0,15mm, já que consideramos estas como fundo.

• Areia Perus

Temos agora os resultados da análise da areia de Perus. Também percebemos que não há material retido na fração 4,8 mm. A Tabela 5 e a Figura 13 trazem os resultados.

Mesh Tyler	Abertura (mm)	Retido (g)	% Retido	%Retida Acumulada	%Passante Acumulada
4#	4,8	0,0	0	0	100,0
8#	2,4	129,1	17,8	17,8	82,2
16#	1,2	189,9	26,2	44,1	55,9
30#	0,6	148,9	20,6	64,7	35,3
50#	0,3	129,2	17,9	82,5	17,5
100#	0,15	85,7	11,8	94,4	5,6
<100#	<0,15	40,7	5,6	100,0	0,0
Totais		723,4	100,0		MF = 3,02

Tabela 5. Distribuição Granulométrica da areia de Perus

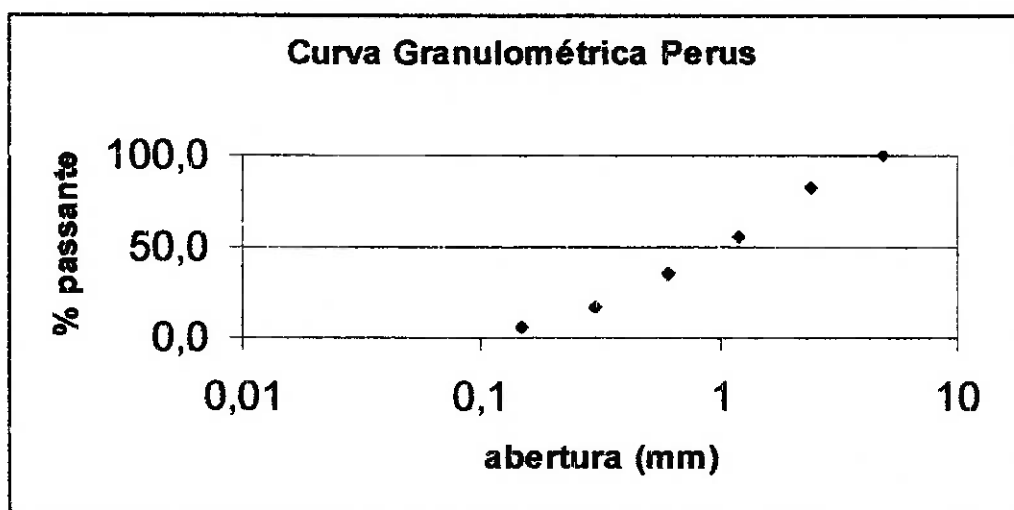


Figura 13. Curva Granulométrica da areia de Perus

Percebemos que a areia de Perus apresentou uma boa distribuição granulométrica. Assim como para a areia de Embu, é importante também citar que não temos resultados para as frações abaixo de 0,15 mm, já que consideramos estas como fundo. O Módulo de Finura foi de 3,02, o que a classifica como uma areia grossa, assim como a de Embu.

14. É interessante a análise das duas curvas sobrepostas, como podemos ver na Figura

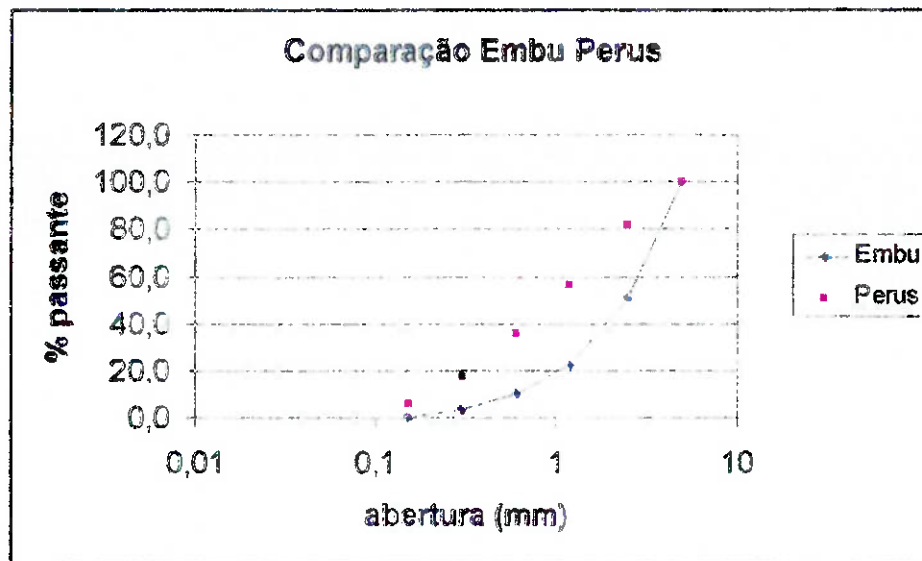


Figura 14. Comparação das Curvas Granulométricas

Notamos que ambas possuem 100% passante na fração 4,8 mm. Também vemos que a areia de Perus possui uma distribuição mais homogênea que a de Embu.

A Tabela 1 no item 3.3.1.1 nos mostrou a classificação das areias como muito fina, fina, média e grossa, considerando as porcentagens máxima e mínima de grãos retidos em cada peneira. Na Figura 15 apresentamos um gráfico possuindo os limites superior e inferior para a zona de areia grossa. Acrescentamos a esse gráfico as curvas granulométricas das areias de Embu e de Perus. Devemos ressaltar que apresentamos os valores das porcentagens retidas acumuladas para ficar de acordo com os valores apresentados na Tabela 1.

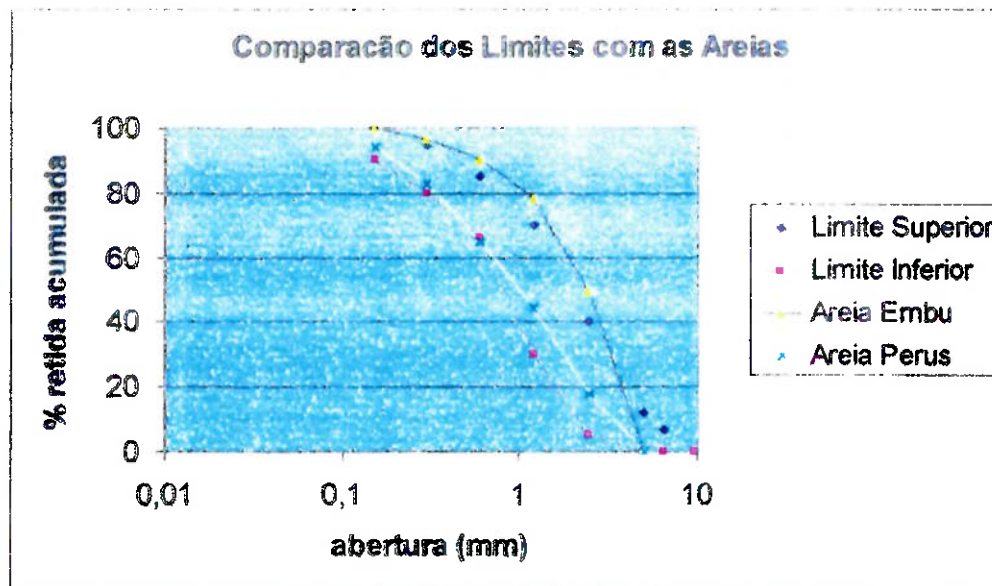


Figura 15. Limites para Areia Grossa Comparados com as Curvas de Embu e de Perus

Percebemos na figura que a areia de Perus está dentro da faixa indicada, enquanto que a de Embu foge dessa faixa em quase todas as frações consideradas

Também analisamos os módulos de finura das areias. A seguir temos na Figura 16 um gráfico comparativo entre os resultados obtidos.

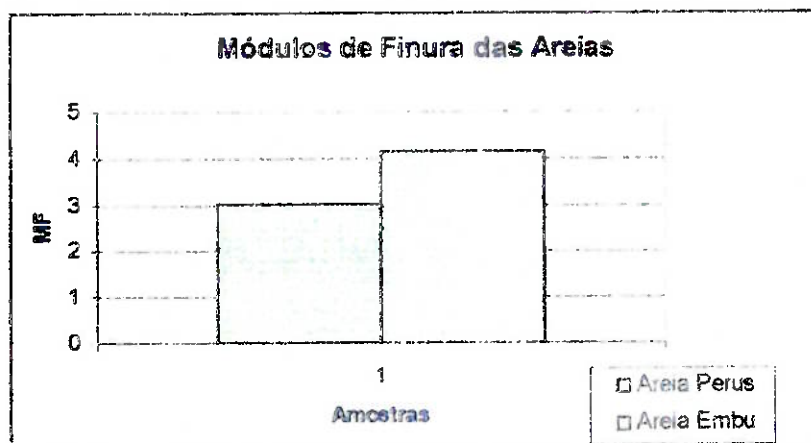


Figura 16. Módulos de Finura das duas areias

Percebemos que as duas areias são classificadas como grossas, mesmo havendo uma boa diferença entre o MF da areia de Perus ($MF = 3,02$) e o da de Embu ($MF = 4,15$).

4.3 Índice de Consistência Normal

Para os ensaios do índice de consistência normal fixou-se um "flow" de 220 ± 10 mm para as areias de Embu e Perus. Dessa forma, chegou-se a uma relação água / cimento de 0,48 para a areia de Perus e 0,49 para a de Embu. O traço é a relação entre cimento e areia utilizadas, em massa.

Materiais	Traço unitário		
	1,00 : 3,00	1,00 : 3,00	1,00 : 3,00
	Perus	Embu	Areia Normal
Cimento (kg)	0,666	0,666	0,666
Areia artificial (kg)	2	2	2
Água total (kg)	0,32	0,325	0,32
A/C	0,48	0,49	0,48
Massa específica (kg/dm^3)	2,283	2,283	2,26
Consistência (mm)	220	225	170

Tabela 6. Obtenção do índice de consistência

É importante observar que para a areia normal foi fixada a relação água / cimento para se comparar o desempenho nos ensaios de compressão das areias em questão com a normal brasileira, ignorando – se a consistência. Isso devido ao fato de a granulometria da areia normal ser imprópria a tal comparação.

4.4 Resistência à Compressão

Conforme indicado no item 3.3.3.2, foram feitos quatro corpos de prova de cada areia para serem ensaiados em cada tempo de cura determinado. Também foi analisada nesse tópico a Areia Normal, para comparação com as duas anteriores. A seguir, temos nas Tabelas 7 a 9 os resultados obtidos para os tempos de cura de 3, 7 e 28 dias.

Tipo de Areia	Resistência à Compressão (MPa) - 3 Dias				
	Corpo de Prova N°				Média
	1	2	3	4	
Embu	26,2	26,5	27,7	27	26,9
Perus	25,5	26,5	25,7	26	25,9
Areia Normal	27	26,7	27,7	28	27,4

Tabela 7. Resistência à Compressão dos corpos de prova ensaiados após 3 dias.

Tipo de Areia	Resistência à Compressão (MPa) - 7 Dias				
	Corpo de Prova N°				Média
	1	2	3	4	
Embu	43,2	43,0	42,5	44,2	43,2
Perus	39,9	39,5	42,0	40,3	40,3
Areia Normal	42,7	43	42,5	43,7	43

Tabela 8. Resistência à Compressão dos corpos de prova ensaiados após 7 dias.

Tipo de Areia	Resistência à Compressão (MPa) - 28 Dias				
	Corpo de Prova N°				Média
	1	2	3	4	
Embu	49,0	48,2	49,9	48,7	49,0
Perus	48,2	47,0	48,5	47,7	47,9
Areia Normal	49,9	48,2	49,9	48,7	49,2

Tabela 9. Resistência à Compressão dos corpos de prova ensaiados após 28 dias.

A seguir temos a Figura 17 comparando as resistências à compressão nos dias referidos para cada areia e também para a Areia Normal.

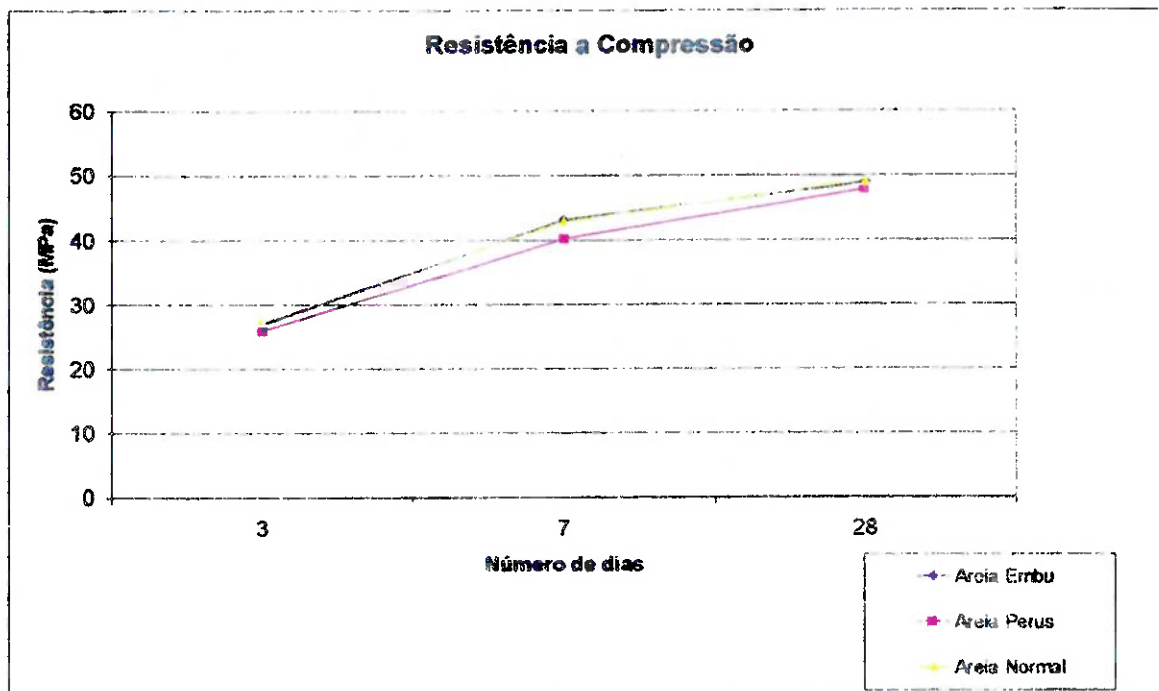


Figura 17. Comparação das diferentes resistências à compressão simples.

Podemos notar que a argamassa moldada com a areia de Embu apresentou valores resistências à compressão simples sempre muito próximas às da areia padrão, e também superiores aos da areia de Perus. Percebemos também que para as três argamassas, as resistências apresentaram valores abaixo de 30 MPa para 3 dias de cura, um pouco acima de 40 MPa para 7 dias e pouco abaixo de 50 MPa para 28 dias.

Dessa forma, vemos que houve, para as três areias, um grande aumento nos valores das resistências à compressão nos 7 primeiros dias de cura. Do sétimo ao vigésimo oitavo dia de cura (período duas vezes maior que a inicial) o incremento nos valores das resistências foi menor do que nos primeiros 7 dias.

4.4 Resistência de Aderência à Tração

Para a resistência de aderência à tração os resultados obtidos estão na Tabela 10.

Resistência de aderência após 12 dias(MPa)	CP	Embu	Perus
	1	0,70	0,73
	2	0,63	1,38
	3	0,75	0,75
	4	0,70	0,78
	5	0,73	0,75
	6	0,80	0,78
	Média	0,73	0,75

Tabela 10. Resultados de Resistência de Aderência à Tração

Devemos considerar que para o cálculo do valor médio, eliminou – se o valor obtido para o corpo de prova 2 da argamassa feita com a areia de Perus. Isso porque esse valor estava muito fora da margem dos outros valores obtidos, devido a algum possível erro de medida.

4.5 Análises Microscópicas

4.5.1. QWIN Leica

Podemos analisar na imagem da Figura 5 a presença de grãos desde angulares até bem arredondados na areia de brita de Embu. Devido a isso, há um embricamento dos grãos com relação à argamassa, o que aumenta sua resistência.

Também percebemos uma tendência ao arredondamento das arestas dos grãos. Isso pode ser explicado por ser uma característica do material proveniente de britagem utilizando o rebitador REMco.

4.5.2 Microscópio Zeiss

Após a utilização do Microscópio Zeiss obtivemos a imagem da Figura 18 com aumento de 25 vezes. A imagem é da argamassa preparada com a areia de Embu.

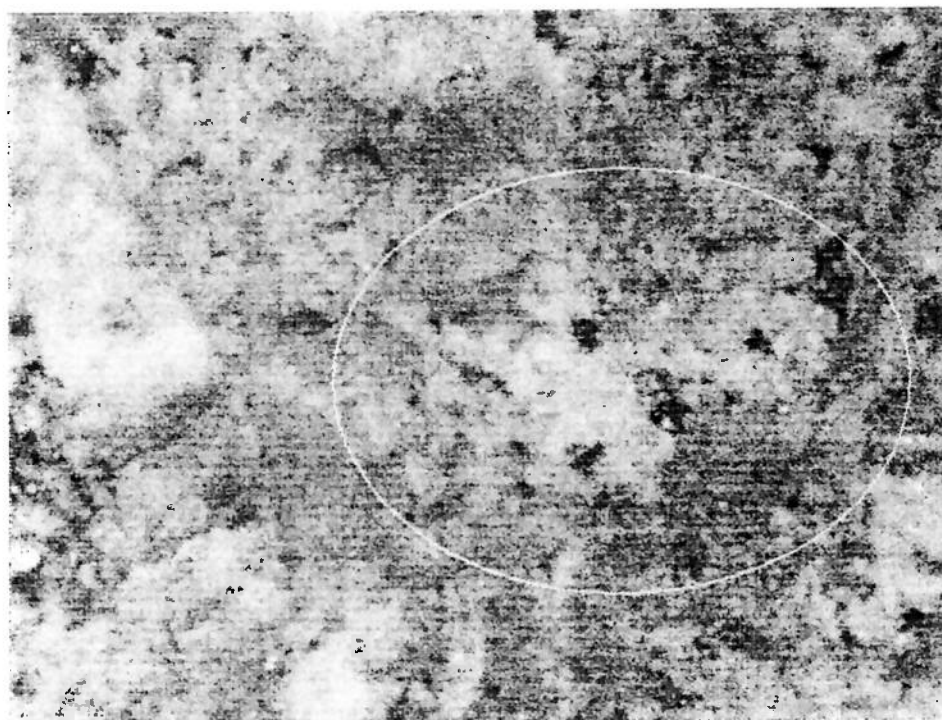


Figura 18. Imagem obtida a partir do Microscópio Zeiss (Aumento de 25 vezes)

Pela imagem podemos notar que os grãos estão praticamente em sua totalidade envolvidos pelo cimento.

5. Discussão dos Resultados

Após exposição dos resultados obtidos, é importante fazermos algumas considerações de acordo com os objetivos do trabalho.

5.1. Características Físicas dos Grãos

Dos resultados obtidos com relação às características físicas dos grãos, podemos ressaltar a ausência, em ambas as areias, de matéria orgânica e de argilas. Isso era esperado, devido a serem areias não naturais e de origem granítica.

Com relação aos outros resultados citados, todos estão dentro das normas correspondentes a cada ensaio.

Essas características (massa unitária, massa específica, absorção e presença de material pulverolento) são características dos grãos, que, atendendo às correspondentes normas, não necessitam de um estudo comparativo.

5.2 Distribuição Granulométrica

A partir das curvas granulométricas obtidas para as duas areias podemos ver que a areia de Perus apresentou uma curva bem distribuída, dividindo de forma homogênea os grãos entre as peneiras utilizadas. A areia de Embu não apresentou uma boa distribuição. Percebemos que quase 50 % do material ficou retido na peneira de malha 2,4 mm. Analisando também a Figura 15, vemos que a areia de Perus está dentro da faixa estabelecida pela norma NBR 7211, enquanto que a areia de Embu apresenta uma granulometria acima da faixa estabelecida em todas as malhas.

Assim percebemos que a areia de Embu é de granulometria maior que a usual. Entretanto, a mesma norma cita que areias cuja granulometria não se enquadre em qualquer uma das zonas indicadas podem ser utilizadas, desde que sejam realizados estudos prévios de dosagem ou a faixa granulométrica seja de uso consagrado em determinada região. Logo, esse fato não impede a utilização dessa areia.

5.3. Resistência à Compressão Simples

A argamassa preparada com a areia de Embu apresentou bons resultados após os ensaios de resistência à compressão simples para 3, 7 e 28 dias. Em todos eles os valores de resistência à compressão para a argamassa com a areia de Embu foram maiores que os da com a areia de Perus. Comparando – se com os resultados obtidos para os ensaios com argamassa feita com a areia normal, a curva desta praticamente se sobrepõe com a da argamassa preparada com a areia de Embu.

A argamassa preparada com a areia de Perus apresentou uma resistência à compressão menor que as feitas com as areias de Embu e normal. Entretanto, segundo a NBR 7215, permite – se uma variação de até 10% em dois resultados realizados num mesmo tempo de cura, por um mesmo operador e com mesma aparelhagem utilizada. Assim, vemos que os resultados para a argamassa preparada com a areia de Perus estarão numa faixa aceitável comparando – se com os obtidos para a argamassa moldada com areia normal.

Vale ressaltar os incrementos das resistências à compressão simples ao longo do tempo de cura, sendo que a amostra Embu apresentou um aumento de 82% do terceiro ao vigésimo oitavo dia e a amostra Perus, um aumento de 85%. Ou seja, no período analisado, a amostra Perus teve um maior incremento percentual de resistência, porém, valores absolutos menores que a amostra Embu.

Para determinação do índice de consistência, não houve dificuldades com nenhuma das duas areias para que fosse atingido o intervalo determinado. Isso também pode ser comprovado tendo em vista a boa trabalhabilidade apresentada na moldagem dos corpos de prova para os ensaios de resistência à compressão simples e de resistência de aderência à tração em ambos os casos.

5.4. Resistência de Aderência à Tração

Para os ensaios de resistência de aderência à tração após 12 dias de cura obtivemos resultados muito próximos para as argamassas preparadas com as duas areias, sendo que a resistência de aderência da amostra Embu foi superior à da amostra Perus. De qualquer forma, ambos os resultados atendem às especificações da norma técnica NBR-13749 (1996b). Devemos lembrar que o resultado apresentado pelo ensaio com uma das pastilhas na argamassa feita com a areia de Perus foi desconsiderado no cálculo da média, pois apresentou um valor muito discrepante com relação aos outros.

5.5. Análises Microscópicas

Analisando a imagem gerada no Microscópio Zeiss (*item 4.5.2*), podemos verificar um total envolvimento dos grãos pelo cimento. Isso indica que a argamassa produzida com esses grãos é de boa qualidade, apresentando resultados de resistência à tração e à compressão dentro dos parâmetros determinados pelas normas vigentes, conforme foi constatado neste trabalho.

Com relação à análise dos grãos da amostra Embu, utilizando o software Leica “QWIN”, percebemos a presença de grãos desde angulares até arredondados e alongados. Isso pode comprovar o embricamento dos grãos de areia na argamassa, gerando maior resistência. Também podemos citar a boa trabalhabilidade apresentada pela argamassa preparada utilizando essa areia como sendo devida ao arredondamento dos grãos gerado pelo rebitador REMco.

6. Conclusões

A partir dos resultados obtidos após a realização dos vários ensaios, podemos concluir que os finos da unidade Embu, da empresa Embu S/A Engenharia e Comércio podem ser utilizados para produção de areia de brita visando o preparo de argamassa.

Devemos citar que as argamassas preparadas com a areia da amostra Embu apresentaram boa trabalhabilidade, permitindo fácil modelagem dos corpos de prova.

Também tivemos bons resultados de resistência à compressão e de aderência à tração. Fato que pode ser também justificado analisando as imagens obtidas a partir da microscopia, onde percebemos um bom envolvimento dos grãos pelo cimento na argamassa e também os formatos variados dos grãos, existindo desde angulares até arredondados. Ambos os fatos são de grande importância na resistência da argamassa.

Temos também que destacar a obtenção de uma curva granulométrica que fica fora da faixa aconselhada segundo a norma NBR 7211, de acordo com a Figura 15. Como foi dito, esse fato não impede a utilização do material, porém um estudo para mudanças no processo de britagem torna – se aconselhável caso a empresa decida pela produção da areia.

É importante ressaltar que o pó – de – pedra é um material de baixa aceitação no mercado, sendo que forma pilhas ocupando espaço nos pátios de estocagem e gerando poeiras que poluem o ambiente. Esse material, na unidade Embu, corresponde a até 25% do total do material produzido. Também vimos que a areia possui um valor até 20% maior do que o pó – de – pedra.

Com isso, tendo sido comprovado que o material apresenta boas características sendo utilizado no preparo de argamassas, percebemos que é interessante a realização de um estudo para a produção da areia a partir dos finos da pedreira Embu.

7. Referências Bibliográficas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1983): Agregado para Concreto (NBR 7211).

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001): Agregado fino – determinação de impurezas orgânicas (NBR NM 49).

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1987): Agregados – Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis (NBR 7218).

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1982): Agregado em estado solto – Determinação da massa unitária (NBR 7251).

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1987): Agregados – Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio de Frasco Chapman (NBR 9776).

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1995): Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Determinação de resistência de aderência à tração (NBR 13528).

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2001): Determinação da absorção de água (NBR NM 30).

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003): Agregados – Determinação do material fino que passa através da peneira 75 μm , por lavagem (NBR NM 46).

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1996): Cimento Portland – Determinação da resistência à compressão (NBR 7215).

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2002): Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência (NBR 13276).

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (1996): Revestimento de paredes e tetos de argamassa inorgânicas – Especificação (NBR 13749).

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003): Agregados – Determinação da composição granulométrica (NBR NM 248).

Areia & Brita – Vale do Paraíba: Maior região produtora de areia do país. n.10, 2000, p.5 – 19. Publicação da ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil.

Areia & Brita – Produção de areia de brita com qualidade. n.10, 2000, p.20 – 25.
Publicação da ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil.

D'Agostino, L. Z. Uso de Finos de Pedreira no Preparo de Argamassas de Assentamento. Biblioteca do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo – USP. Dissertação de Mestrado.

DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral. Disponível em:
<<http://www.dnpm.gov.br>> Acesso em: 18 de nov. de 2004.

Ioshimoto, E. (1988). Argamassas . Apostila da disciplina Tecnologia e Materiais de Construção Civil II. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da USP. 35p.

Rodriguez, S. K. – Instituto de Geociências – USP, São Paulo-SP. Mapa Geológico da Região Metropolitana de São Paulo, 1998. 1 mapa. Escala 1:250.000.

Soares, L.; Fujimura, F.; Hnnies W.T. & Silva, M.A.R. (1996a). Change of natural sands by fine crushing material of granitic and gneissic rock quarries. In: Proceedings of the Fifth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection. Universidade de São Paulo, SP; p.701 – 706.

Sbrighi Neto, C. & Soares, L. (1996). The use of crushing rock dust in Portland cement concrete production. In: SWEMP, 4. Environmental Issues and Waste Management in Energy and Mineral Production; Ed. R.Ciccu. Cagliari, Italy, p.1041 – 1048.

Sabbatini, F. H. (1986). Agregados Miúdos Para Argamassas de Assentamento. In: Simpósio Nacional de Agregados, 1. Anais. Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, SP. P.17 – 25.

Zanchetta, L. M. Características Tecnológicas de Argamassas Elaboradas Com Diferentes Tipos de Areias. Biblioteca do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo – USP. Trabalho de Formatura