

**APLICAÇÃO DOS FINOS PROVENIENTES DA BRITAGEM DE
PEDREIRAS DA REGIÃO DE CAMPOS PARA UTILIZAÇÃO EM
ARGAMASSAS.**

CLARICE SILVANO DE SOUZA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO – UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – R. J.
FEVEREIRO - 2004.**

**APLICAÇÃO DOS FINOS PROVENIENTES DA BRITAGEM DE
PEDREIRAS DA REGIÃO DE CAMPOS PARA UTILIZAÇÃO EM
ARGAMASSAS.**

CLARICE SILVANO DE SOUZA

“Projeto Final apresentado ao Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Civil”.

Orientador: Josué Alves Barroso

CAMPOS DOS GOYTACAZES – R. J.
FEVEREIRO - 2004.

**APLICAÇÃO DOS FINOS PROVENIENTES DA BRITAGEM DE
PEDREIRAS DA REGIÃO DE CAMPOS PARA UTILIZAÇÃO EM
ARGAMASSAS.**

CLARICE SILVANO DE SOUZA

“Projeto Final apresentado ao Laboratório de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Norte Fluminense, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Civil”.

Aprovada em 12 de fevereiro de 2004.

Comissão Examinadora:

Prof. Jean Marie Désir - Doutor, Engenharia Civil - UFRJ

Prof. Jonas Alexandre - Doutor, Engenharia Civil - UENF

Prof. Josué Alves Barroso - Doutor, Ciências / Geologia - UFRJ
Orientador

“O valor de uma formação universitária não reside no aprendizado de muitos fatos, mas no treinamento da mente para conceber coisas novas; a educação é aquilo que sobra quando se esqueceu todo o resto”.

Albert Einstein

DEDICATÓRIA

“À minha avó Hilma e à minha mãe Magda que acompanharam comigo cada dia e noite de desenvolvimento deste Projeto”.

AGRADECIMENTOS

A Deus que está presente na minha vida e pensamento, orientando todos os meus passos.

Aos meus pais Magda e Luiz Carlos, minha irmã Carla e meu irmão Luiz Magno, pelo apoio e incentivo moral.

Ao meu orientador Josué Alves Barroso pela amizade e orientação ao longo do trabalho realizado.

Aos técnicos do LECIV, Milton e Vanússia pelo auxílio na execução de ensaios granulométricos.

À secretária do LECIV, Tatiana Chagas, pela atenção, simpatia e dedicação ao passar as informações para os alunos do Projeto Final.

Ao professor Emílio Barroso pela colaboração nos ensaios realizados na UFRJ.

À amiga de graduação Flávia Manoela pelo apoio na realização dos ensaios.

Às amigas Cíntia, Izabel e Denia pelas vezes que me auxiliaram neste Projeto e ao longo da minha graduação.

Meu profundo e sincero agradecimento, muito obrigada, às pessoas que de alguma forma me auxiliaram na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE FOTOS	X
ÍNDICE DE TABELAS	X
RESUMO	XI
PALAVRAS-CHAVE	XI
CAPÍTULO 1	
INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2	
OBJETIVOS	4
CAPÍTULO 3	
MATERIAIS E MÉTODOS	5
3.1 - Análise da Distribuição Granulométrica	8
3.2 - Características do Cimento	10
3.3 - Características da Cal	11
3.4 - Avaliação Microscópica Óptica	11
3.5 - Microscopia Petrográfica de Luz Polarizada	15
3.5.1- Descrição de Lâminas Petrográficas	15
3.6 - Determinação da Resistência à Compressão Simples	23
CAPÍTULO 4	
RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
CAPÍTULO 5	
CONCLUSÕES	27
CAPÍTULO 6	
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localização do Município de Campos dos Goytacazes.	5
Figura 2- Curvas granulométricas dos diferentes finos de pedreiras estudados.	9
Figura 3 - Curvas granulométricas das areias do leito do rio.	9
Figura 4 - Padrão utilizado para a classificação do arredondamento e da esfericidade dos grãos.	12
Figura 5 – Visão Geral.	16
Figura 6 – Grão de biotita com bordas de alteração intempérica incipiente.	17
Figura 7 - Grãos de granada, apresentando microfissuras (com precipitação de ferro e seladas).	17
Figura 8 - Superfície de um grão de plagioclásio (PLAG.), com microfissuras.	19
Figura 9 – Grão de biotita com bordas de alteração intempérica incipiente.	19
Figura 10 - Detalhe dos grãos de ortopiroxênio (Opx.), apresentando microfissuras com precipitação de ferro.	20
Figura 11 – Visão geral da lâmina com grãos de quartzo (QTZO.); alcali-feldspato (K-FELDS.) e plagioclásio (PLAG.).	21
FIGURA 12 – Superfície límpida de um grão de plagioclásio (PLAG.), denotando ausência de intemperismo.	22
FIGURA 13 – Minerais de coloração verde são cloritas que se forma, provavelmente, a partir das biotitas.	22
Figura 14 – Gráfico comparativo de Resistência à Compressão Simples para as argamassas estudadas.	24

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1 - Pilha de finos resultante da britagem de rocha - Pedreira Itereré.	2
Foto 2 – Pilha de finos - Pedreira Morro Azul.	2
Foto 3 – Areal Babalu.	6
Foto 4 – Areal Anastácia.	6
Foto 5 – Pedreira Itereré.	7
Foto 6 – Sistema de britagem - Pedreira Morro Azul.	7
Foto 7 – Corpos de prova de argamassa.	23
Foto 8 – Ensaio de R. C. S.	23

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Quadro de Resultado de Ensaio Granulométrico.	10
Tabela 2 – Constituição química do cimento.	10
Tabela 3 - Análise por EDX da cal.	11
Tabela 4 – Tabela de Resistência à Compressão dos Corpos de Prova.	25
Tabela 5 – Classificação e características das areias de britagem de rochas.	26

RESUMO

Apresenta - se características tecnológicas de areia de duas origens e define algumas propriedades de argamassas produzidas com estas areias. São resultantes do processo de britagem/moagem de rocha (finos de pedreira) e da calha do Rio Paraíba do Sul. As diferentes procedências/processos de obtenção são fundamentais, pois determinam características como granulometria, mineralogia, forma e textura dos grãos e estas são responsáveis pelos diferentes comportamentos das argamassas utilizadas na construção civil. O principal motivo deste estudo é a substituição das areias do rio, intensamente utilizadas na produção de argamassas para a construção civil substituídas por areias resultantes de britagem de rocha em pedreiras, as chamadas areias artificiais.

Os parâmetros considerados, segundo a norma brasileira NBR 13281, foram resistência à compressão, teor de ar incorporado e retenção de água. Os resultados mostram que estas argamassas com finos de pedreira atendem às especificações da norma ABNT que regulamenta a produção e classificação de argamassas. Assim, espera-se que outras areias, além da proveniente da calha do rio, venham a ser alvo de novas explorações e utilizações.

PALAVRAS-CHAVE

Argamassa, resíduos de britagem de rochas, substituição de areia lavada de rio, finos de pedreira, construção civil.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A produção brasileira de agregados naturais em 1999, foi de 215 milhões de m³, dos quais 127,2 milhões são representados por areias (Whitaker *apud* D'Agostino, 2001). A maior parte os processos de beneficiamento de matérias - primas é fonte geradora de resíduos sólidos, em princípio inúteis, e que, ao longo do tempo, acabam por comprometer o meio ambiente (Fellenberg *apud* Falcao e Stellin Júnior, 2001). A degradação é evidente, apesar de exigências estaduais e federais, que, através de leis ambientais, estabelecem limites máximos para emissões e deposições desses rejeitos, sejam eles, líquidos, sólidos ou gasosos. Um dos setores industriais com expressiva contribuição na geração de rejeitos é o da construção civil, com perdas da ordem de 30%. No Brasil, o índice de produção de entulhos é de 0,9 toneladas por metro quadrado construído (PINTO *apud* D'Agostino, 2001). Estes fatos vêm estimulando a busca de materiais alternativos tecnicamente adequados às finalidades construtivas, de menor custo e que estejam o mais próximo possível das áreas de consumo (Zanchetta *apud* D'Agostino, 2000). Destes materiais, podem ser citadas as areias de solo de alteração, resultantes do intemperismo de maciços rochosos graníticos e gnáissicos e aquelas resultantes do processo de britagem/moagem de rocha. Estas últimas são consideradas rejeito do processo de obtenção de brita sendo denominadas finos de pedreira (<4,8mm). Apresentam-se quase sempre em grandes quantidades, são prejudiciais ao meio ambiente pela poeira gerada, pelo assoreamento de drenagem produzido e pelo espaço ocupado na própria pedreira. As areias artificiais correspondem de 10 a 20% da produção da britagem de rocha em pedreiras, principalmente de granitos, gnaisses e basaltos.

Estas pedreiras geram quantidade significativa de finos principalmente no processo de britagem das rochas. Os finos de pedreira são acumulados em áreas restritas ao redor das centrais de britagem, em superfície (Foto 1 e 2), por não terem uma utilização apropriada (Soares & Mendes *apud* Désir et al., 1999).



Foto 1 - Pilha de finos resultante da britagem de rocha - Pedreira *Itereré*.



Foto 2 - Pilha de finos - Pedreira *Morro Azul*.

Desta forma, a pesquisa e o conhecimento das areias aplicadas em argamassas fazem deste bem mineral um tema atual e o seu estudo comparativo mais detalhado torna-se necessário e de interesse, tanto científico como econômico, além de ambientalmente correto, podendo representar alternativas de consumo na área da engenharia civil.

Considerando a noção de desenvolvimento sustentável, torna-se evidente a necessidade de uma melhor distribuição dos recursos econômicos da humanidade, tendo preocupação com a preservação da natureza. Os processos de produção devem economizar energia e não gerar subprodutos perigosos, que podem pôr em risco a natureza e o ser humano (Penttalla *apud* D'Agostino, 2001). A reciclagem ou aproveitamento de resíduos e subprodutos de processos industriais pode também

contribuir bastante como garantia de manutenção do meio ambiente às gerações futuras. A utilização de resíduos na produção de bens e materiais ou sua simples incorporação em outras matrizes reduz o consumo de matérias-primas e de energia para a produção destes produtos, e ainda mais, diminuem o impacto das deposições feitas pelas indústrias geradoras desses poluentes (Désir et al., 2003).

Neste trabalho foi realizado um grupo de testes visando a avaliação do desempenho dos finos do processo de britagem de rocha e sua influência nas propriedades de argamassa, seguindo os limites especificados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), comparando os resultados com os obtidos utilizando areias naturais. Este trabalho contou com o apoio do projeto “Aproveitamento de resíduos sólidos da mineração”, financiado pela FAPERJ para o professor Emílio Velloso Barroso.

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS

Este estudo tem como objetivos a determinação de algumas características tecnológicas de dois tipos diferentes de areia e a utilização das mesmas na elaboração de argamassas, verificando a trabalhabilidade da massa e seu comportamento frente à compressão simples. A caracterização e comparação do material arenoso serão em função da análise da distribuição granulométrica, determinação da resistência à compressão simples, avaliação microscópica óptica e microscopia petrográfica de luz polarizada.

Um dos principais fatores que motivou este estudo foi a grande procura e uso da areia aluvionar na construção civil, quando comparados ao restrito emprego de areias de outras origens, como as artificiais (resultantes do processo de moagem de rocha para obtenção da brita). O estudo destes tipos de areia é fundamental, pois as diferentes procedências/processos de obtenção determinam as características intrínsecas do material, tais como granulometria, forma e textura dos grãos. Estas características são responsáveis pelos diferentes comportamentos das argamassas empregadas na construção civil, tais como a resistência e a trabalhabilidade (Smith & Collis, 1993).

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

Os diferentes tipos de areia que foram estudados e com os quais foram elaboradas as argamassas, são diferenciados com base na origem de cada um. As areias estudadas foram amostradas em áreas extrativas situadas no Estado do Rio de Janeiro, na Cidade de Campos dos Goytacazes (figura 1).

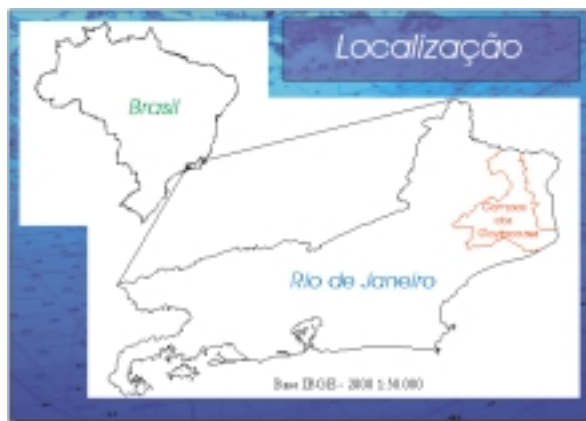


Figura 1: Localização do Município de Campos dos Goytacazes.

As **areias da calha do Rio Paraíba do Sul** foram amostradas em dois pontos distintos, uma em Campos e outra em São Fidélis. A amostragem foi realizada na mineração *Areal Babalu Limitada*, localizada a montante da Cidade de Campos 45,4 km, na margem direita do rio (foto 3) e na mineração *Areal Anastácia*, localizada a jusante da Ponte Saturnino de Brito na Cidade de Campos, na margem direita do rio (foto 4).



Foto 3 – *Areal Babalu.*



Foto 4 – *Areal Anastácia.*

Os **finos de pedreira** foram amostrados nas proximidades da Cidade de Campos, resultantes do processo de britagem/moagem de rochas para obtenção de brita. A coleta foi feita na *Pedreira Itereré*, localizada na Serra da Bela Vista a 17 Km da Cidade de Campos (Foto 5); na *Pedreira Morro Azul*, a 38 Km de Campos, ambas na estrada Campos – São Fidélis (Foto 6); na *Pedreira Pronta Entrega*, situada na BR 101 próxima à Lagoa de Cima em Campos dos Goytacazes. Os finos de pedreira reportam-se ao *undersize* (granulometricamente situados abaixo da fração 4,8mm) da produção de brita gerada através dos processos de perfuração, detonação e principalmente de cominuição e classificação de qualquer tipo de rocha submetida a este tipo de beneficiamento (Soares & Mendes, 1999). Hoje, ainda são considerados rejeitos, mas algumas utilizações já visam ao seu emprego no segmento da pavimentação e barragens (Concreto Compactado a Rolo), setores que cada vez mais utilizam este material (Soares & Mendes *op.cit.*). Na fabricação do solo-cimento ensacado (Soares & Pissato, 2001) e das argamassas (Zanchetta, 2000) existem propostas de substituições parciais e até totais às areias naturais.



Foto 5 – Pedreira *Itereré*.



Foto 6 – Sistema de britagem - *Pedreira Morro Azul*.

Após coleta, as areias passaram por um processo de preparação que envolveu secagem, desagregação e homogeneização para que pudessem, posteriormente, ser ensaiadas.

Os ensaios programados para a caracterização do material arenoso puderam ser divididos em dois grupos principais: os normativos, agrupando Análise da Distribuição Granulométrica e Determinação da Resistência à Compressão Simples, e os não normativos, agrupando Avaliação Microscópica Óptica e Microscopia Petrográfica de Luz Polarizada.

3.1 - Análise da Distribuição Granulométrica

O ensaio de distribuição granulométrica foi feito segundo a Norma ABNT (1987): Agregados – determinação da composição granulométrica – Método de ensaio (NBR-7217). Com base nesta norma foi adotada a série de peneiras mais adequada aos objetivos deste trabalho. A distribuição granulométrica de cada tipo de areia apresentou comportamento distinto com relação à série de peneiras, evidenciado pelas diferentes massas retidas em cada malha da série empregada neste ensaio. Vale ressaltar, que toda a fração menor que #100, (<0,15mm) foi considerada o fundo da seqüência de peneiras e, portanto, tal intervalo granulométrico não forneceu dados com relação às frações mais finas. Este fato pode ser observado nas curvas granulométricas de todos os tipos de areia.

A partir dos valores das massas retidas em cada malha da seqüência de peneiras, elaborou-se a distribuição granulométrica de cada areia. As curvas granulométricas dos diferentes tipos de areias foram unidas em dois gráficos (Figuras 2 e 3) para permitir melhor visualização e comparação das curvas obtidas. Os materiais, caracterizados conforme recomendações da ABNT, têm as granulometrias representadas abaixo.

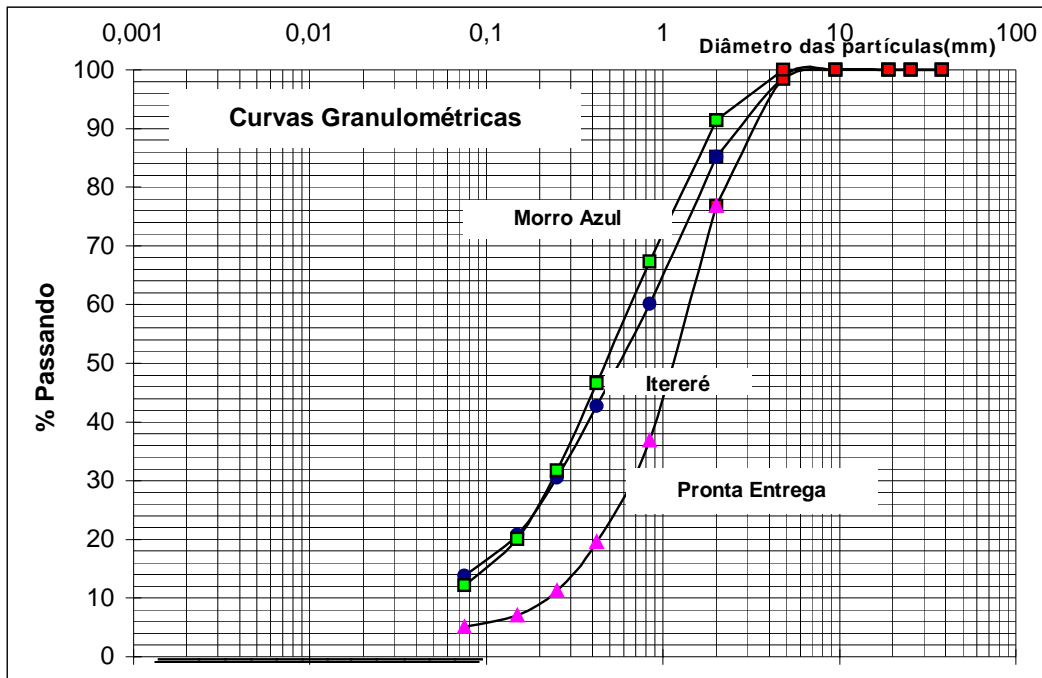


Figura 2- Curvas granulométricas dos diferentes fins de pedreiras estudados.

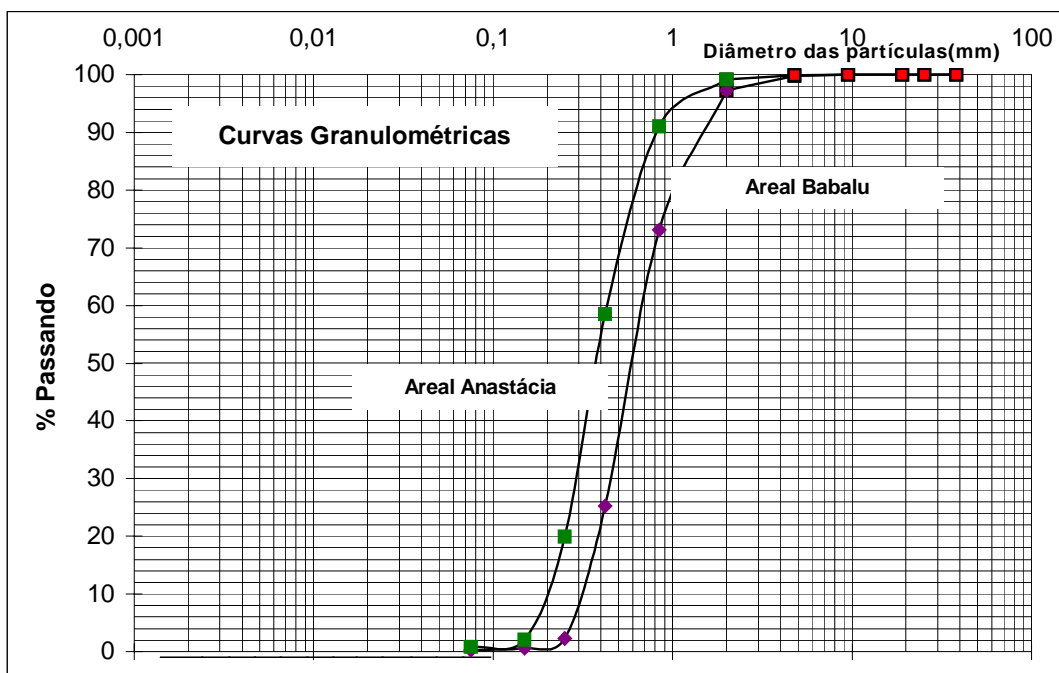


Figura 3 - Curvas granulométricas das areias do leito do rio.

QUADRO DE RESULTADO DE ENSAIO (M.I.T.)											
Amostras	Argila	Silte	Areia %			Pedregulho	LL	LP	IP	Classif. (USCS)	Dens. Real dos Grãos
	%	%	Fina	Média	Grossa	%	%	%			
Areal Anastácia	-	1	8	69	21	1	-	NP	NP	SP	2,70
Areal Babalu	-	-	1	50	46	3	-	NP	NP	SP	2,66
Itereré	-	14	12	25	34	15	-	NP	NP	SP	2,72
Morro Azul	-	12	14	31	34	9	-	NP	NP	SP	2,89
Pronta Entrega	-	5	4	18	50	23	-	NP	NP	SP	2,69

Tabela 1 – Quadro de Resultado de Ensaio Granulométrico.

Observando-se as curvas granulométricas e a tabela 1, verifica-se que as areias de leito de rio apresentam granulometria mais uniforme, enquanto que as areias de britagem de rocha apresentam melhor distribuição granulométrica, ou seja, são pouco selecionadas, com quantidades bem mais equilibradas de material presentes em todas as malhas analisadas.

3.2 - Características do Cimento

O cimento empregado na produção das argamassas para ensaio foi o cimento Portland composto com adição de escória de alto forno (CP II E 32), por ser o mais utilizado na região. Suas características físicas são: massa específica teórica de 2,92 g/cm³ e uma superfície específica (Blaine) de 342 m²/Kg. A tabela 2 mostra os resultados da análise química, feita através do EDX.

Elementos	Percentual
CaO	70,21%
SiO ₂	17,03%
Al ₂ O ₃	5,89 %
SO ₃	3,38 %
Fe ₂ O	31,82%
K ₂ O	0,86 %
TiO ₂	0,44 %
Outros	0,38 %

Tabela 2 – Constituição química do cimento

3.3 - Características da Cal

A cal usada na confecção da argamassa é do tipo CH III, fabricada por uma empresa situada na própria região, tem Massa Específica Teórica de 2,24 g/cm³ e Superfície Específica (Blaine) de 703 m²/Kg. Os resultados da análise química, podem ser vistos na tabela 3.

Elementos	Percentual
CaO	96,24%
SiO ₂	1,35 %
SO ₃	1,04 %
K ₂ O	0,95 %
Fe ₂ O ₃	0,18 %
Outros	0,24 %

Tabela 3 - Análise por EDX da cal.

3.4 - Avaliação Microscópica Óptica

A avaliação por microscopia óptica foi realizada em duas frações granulométricas, foram escolhidas para esta avaliação as peneiras #8 e #16. Esta análise das areias contou com o auxílio de uma lupa binocular da marca Lewa, sendo a obtenção das imagens por uma máquina fotográfica digital acoplada ao equipamento. Os objetivos alcançados no presente estudo são a observação da morfologia dos grãos, ou seja, o grau de arredondamento, a esfericidade, assim como a textura superficial. A observação óptica dos grãos dos diferentes tipos de areias foi utilizada para comparação e complementação da classificação nominal do grau de arredondamento (Figura 4).













5. Well-rounded	4. Rounded	3. Subrounded	2. Subangular	1. Angular	0. Very angular	
						LOW SPHERICITY
						HIGH SPHERICITY

Figura 4 - Padrão utilizado para a classificação do arredondamento e da esfericidade dos grãos.

Areal Anastácia

Peneira#16:



Grãos de quartzo, com esfericidade predominantemente baixa e sub-angulosos a sub-arredondados.

Peneira#8:



Grãos de quartzo, com esfericidade predominantemente baixa e sub-arredondados.

Areal Babalu

Peneira#16:



Peneira#8:



Grãos de quartzo, transparentes a translúcidos, com esfericidade predominantemente baixa e com arredondamento de sub-angulosos a sub-arredondados.

Grãos de quartzo, transparentes a translúcidos, com esfericidade predominantemente baixa e com arredondamento de sub-angulosos a sub-arredondados.

Pedreira Pronta Entrega

Peneira#16:



Peneira#8:



Nesta imagem podem ser observados grãos de quartzo (translúcidos) e feldspatos (brancos), com biotitas (negros) associadas aos dois primeiros. Os grãos apresentam baixa esfericidade e são angulosos a muito angulosos.

Nesta imagem podem ser observados grãos de quartzo (translúcidos) e feldspatos (brancos), com biotitas (negros) associadas aos dois primeiros. Os grãos apresentam baixa esfericidade e são angulosos a muito angulosos.

Pedreira Itereré

Peneira#16:



Nesta imagem podem ser observados grãos de quartzo (translúcidos), feldspatos (brancos) e biotitas (negros) associados aos dois primeiros. Os grãos apresentam baixa esfericidade e são muito angulosos.

Peneira#8:



Dois grãos de quartzo com alguns pontos negros de biotita. Atenção, as regiões brancas são reflexos da luz. Esfericidade baixa e grãos angulosos.

Pedreira Morro Azul

Peneira#16:



Na imagem estão presentes grãos de quartzo, feldspato, granada e biotita. Os grãos têm esfericidade baixa e são sub angulosos.

Peneira#8:



Grãos de granada, quartzo e biotita. Grãos com esfericidade baixa e sub-angulosos a sub-arredondados.

Após a análise feita nas areias, constatou - se que todas apresentaram material de baixa esfericidade, as amostras de britagem de rocha das pedreiras *Pronta Entrega* e *Itereré* apresentaram materiais do tipo angulosos a sub - angulosos nas frações granulométricas escolhidas. Já as areias de origem aluvionar dos areais *Babalu* e *Anastácia*, assim como da pedreira *Morro Azul*, caracterizaram-se como sub-angulosos a sub-arredondados.

3.5 - Microscopia Petrográfica de Luz Polarizada

Na etapa de amostragem coletou-se nas pedreiras amostras que foram utilizadas para a preparação de lâminas petrográficas para este ensaio, que foi realizado pelo *Professor Emílio Velloso Barroso na UFRJ*. Na análise petrográfica de rocha utilizou-se o Microscópio Petrográfico da Zeiss, usando luz transmivida, modelo Axioplan 2 com objetivas com aumento de 4x, 10x, 20x, 40x, 63x e 100x, acoplado ao equipamento para obtenção das imagens havia uma máquina fotográfica digital. Várias imagens foram obtidas nesta etapa, e algumas delas selecionadas por representarem de forma objetiva os resultados desta análise.

3.5.1- Descrição das Lâminas Petrográficas

PEDREIRA MORRO AZUL.

Mineralogia:

Plagioclásio: grãos hipidiomórficos (o contorno dos grãos não é perfeito, mas sua forma geral pode ser distinguida), com a maior dimensão na seção observada variando entre 0,5 e 5,0 mm. Alguns grãos apresentam inclusões de quartzo e biotita.

Biotita: grãos hipidiomórficos, com tamanhos entre 0,2 e 1,0 mm, exceto quando está inclusa, onde apresenta tamanho menor que 0,5 mm.

Quartzo: são xenomórficos (as faces cristalográficas são mal definidas, irregulares), com tamanhos variando entre 0,2 e 1 mm, quando em faixas de recristalização, ou de $\pm 0,2$ mm quando inclusos.

Álcali-feldspato: também são xenomórficos e com tamanhos variando entre 0,5 e 3,0 mm. Apresentam inclusões de biotita e quartzo.

Granada: grãos xenomórficos com tamanhos variando entre 2 e 5 mm. Alguns grãos apresentam inclusões de quartzo.

Aspectos Relevantes para o Uso como Agregado:

A maior parte dos minerais descritos anteriormente não evidencia, de forma significativa, a presença de produtos de alteração intempérica. As superfícies dos grãos de feldspato e dos grãos de plagioclásio estão límpidas, sem saussuritas (Figura 5). Os grãos de biotita apresentam leve descoloração nas bordas (Figura 6), provavelmente por ação intempérica incipiente. Alguns grãos de granada (Figura 7) apresentam precipitação, provavelmente de ferro, nas microfissuras, mas a maioria apresenta suas microfissuras seladas (sem sinais de alteração).

Classificação da Rocha:

Trata-se de um granada-gnaiss.

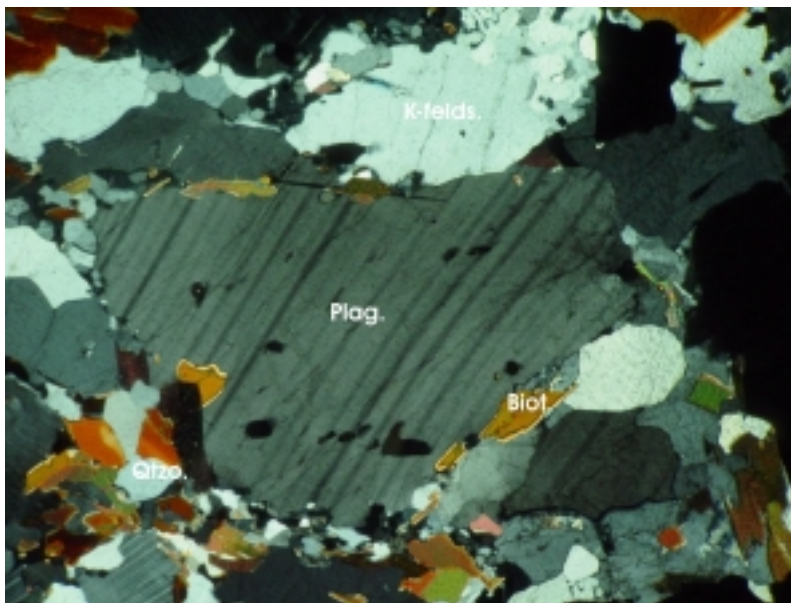


Figura 5 – Visão Geral.

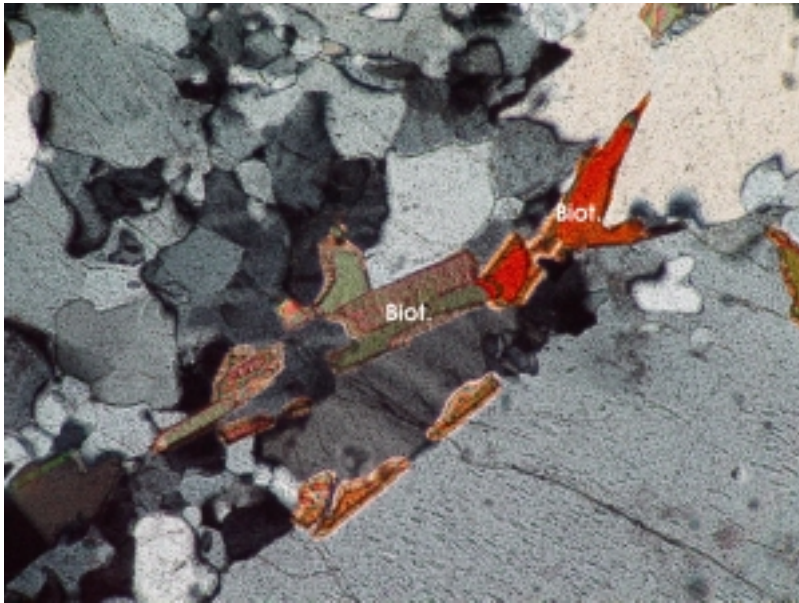


Figura 6 – Grão de biotita com bordas de alteração intempérica incipiente.

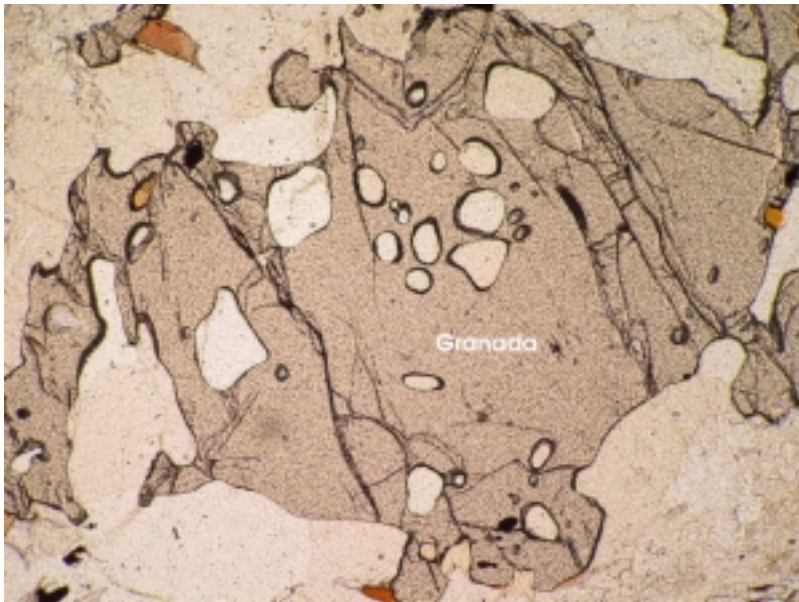


Figura 7 - Grãos de granada, apresentando microfissuras (com precipitação de ferro e seladas).

PEDREIRA ITERERÉ

Mineralogia:

Plagioclásio: grãos hipidiomórficos (o contorno dos grãos não é perfeito, mas sua forma geral pode ser distinguida), com a maior dimensão na seção observada variando entre 0,2 e 5,0 mm.

Biotita: grãos hipidiomórficos, com tamanhos entre 0,5 e 3,0 mm; alguns grãos encontram-se estirados.

Quartzo: são xenomórficos (as faces cristalográficas são mal definidas, irregulares), com tamanhos variando até 1 mm, com predominância dos tamanhos menores que 0.5 mm.

Álcali-feldspato: também são xenomórficos e com tamanhos de no máximo 5 mm, predominando grãos de $\pm 2,5$ mm.

Ortopiroxênio: grãos xenomórficos com tamanhos variando entre 0,5 e 1,0 mm.

Aspectos Relevantes para o Uso como Agregado:

A maior parte dos minerais descritos anteriormente não evidencia, de forma significativa, a presença de produtos de alteração intempérica. As superfícies dos grãos de feldspato e dos grãos de plagioclásio estão límpidas, sem saussuritas e, no caso dos grãos de plagioclásio, elas encontram-se microfaturadas (Figura 8). Os grãos de biotita apresentam leve descoloração nas bordas (Figura 9), provavelmente por ação intempérica incipiente. Os grãos de piroxênio apresentam precipitação, provavelmente de ferro, nas microfissuras (Figura 10).

Classificação da Rocha:

Trata-se de um charnoquito.

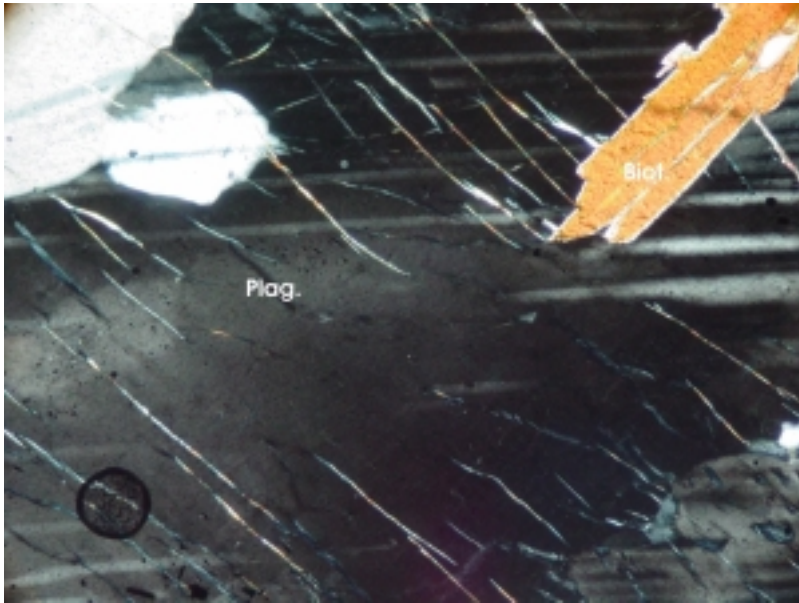


Figura 8 - Superfície de um grão de plagioclásio (PLAG.), com microfissuras.

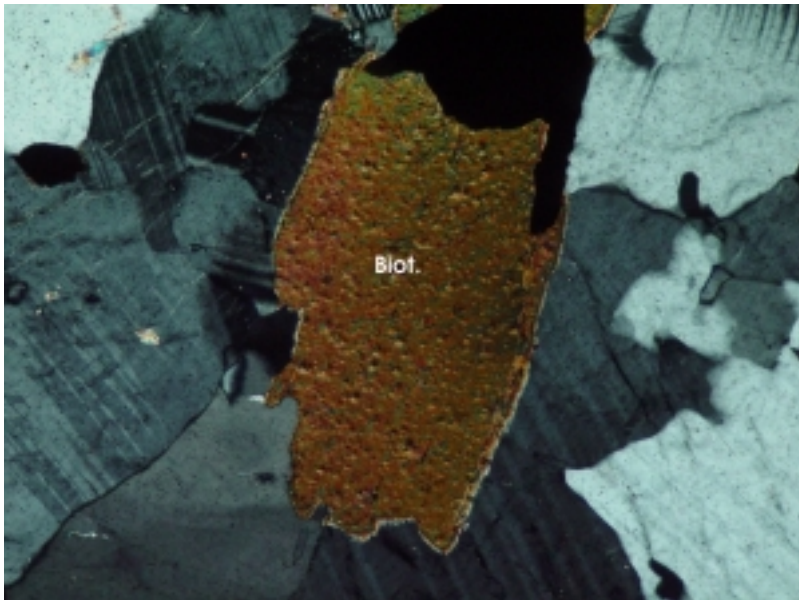


Figura 9 – Grão de biotita com bordas de alteração intempérica incipiente.

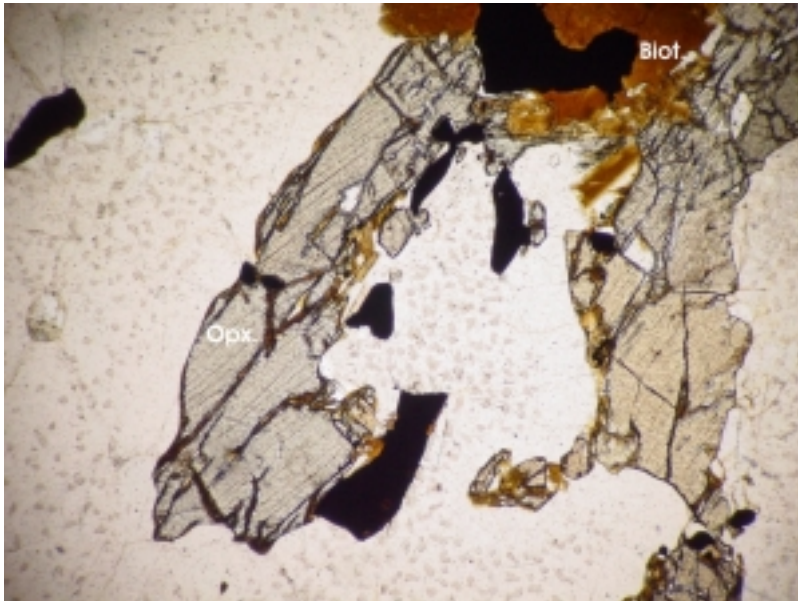


Figura 10 - Detalhe dos grãos de ortopiroxênio (Opx.) , apresentando microfissuras com precipitação de ferro.

PEDREIRA PRONTA ENTREGA

Mineralogia:

Plagioclásio: grãos hipidiomórficos (o contorno dos grãos não é perfeito, mas sua forma geral pode ser distinguida), com a maior dimensão na seção observada variando entre 0,5 e 2,5 mm, predominando os tamanhos de $\pm 1,0$ mm.

Biotita: grãos hipidiomórficos, com tamanhos entre 0,5 e 1,0 mm.

Quartzo: são xenomórficos (as faces cristalográficas são mal definidas, irregulares), com tamanhos variando entre 0,5 e 2,5 mm. Estes minerais também ocorrem como inclusões vermiculares dentro dos plagioclásios (textura denominada *mirmequita*).

Álcali-feldspato: também são xenomórficos e com tamanhos entre 1,0 e 5,2 mm, constituindo-se em porfiroblastos (tamanhos maiores do que a média das dimensões dos grãos) da matriz.

Aspectos Relevantes para o Uso como Agregado:

A maior parte dos minerais descritos anteriormente não evidencia, de forma significativa, a presença de produtos de alteração intempérica. As superfícies dos grãos de feldspato e dos grãos de plagioclásio (Figuras 11e12) estão límpidas, sem saussuritas (produto de alteração composto por sericita e carbonatos). Os grãos de biotita passam para clorita (Figura 13), provavelmente por retrometamorfismo, uma vez que os demais minerais não estão alterados por intemperismo.

Classificação da Rocha:

Trata-se de um gnaiss de composição granítica.



Figura 11 – Visão geral da lâmina com grãos de quartzo (QTZO.); alcali-feldspato (K-FELDS.) e plagioclásio (PLAG.).

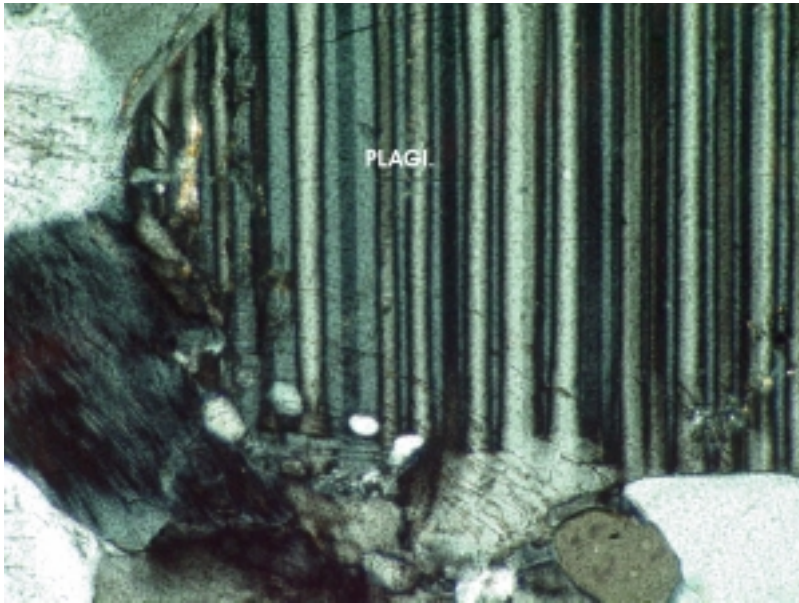


FIGURA 12 – Superfície límpida de um grão de plagioclásio (PLAG.), denotando ausência de intemperismo.

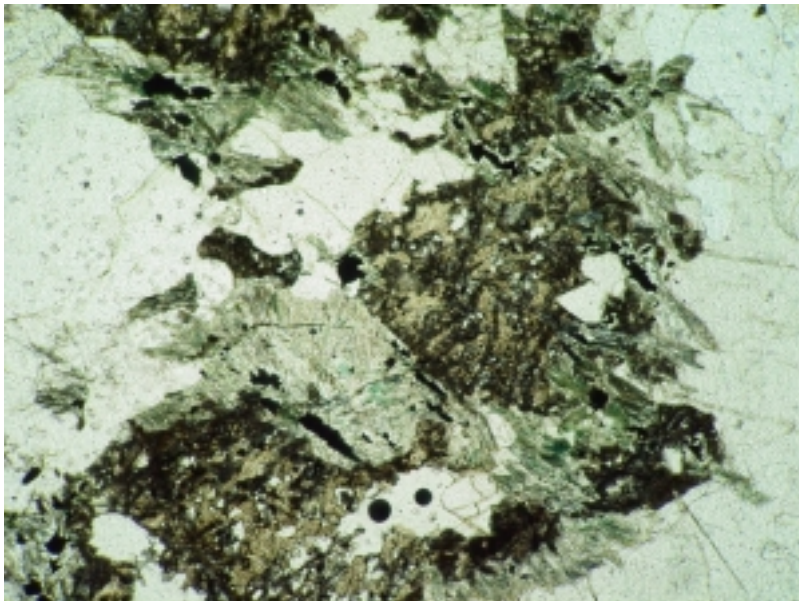


FIGURA 13 – Minerais de coloração verde são cloritas que se forma, provavelmente, a partir das biotitas.

3.6 - Determinação da Resistência à Compressão Simples

Para este ensaio de caracterização das argamassas, utilizou-se o cimento Portland composto com adição de escória de alto forno (CP II E 32), a cal do tipo CH III, e areias ou resíduos acima descritos. Primeiramente, foi adotado o traço para as argamassas de 1:2:6 (cimento:cal:areia) em volume que, posteriormente, foi transformado no seu equivalente em massa. O procedimento de execução dos ensaios seguiu as determinações da Norma Brasileira que especifica e classifica as argamassas mistas industriais (NBR 13281). Para o enquadramento das argamassas nos limites estabelecidos pela Norma para comercialização, as propriedades avaliadas são a resistência à compressão simples (NBR 13279), a capacidade e retenção de água (NBR 13277) e o teor de ar incorporado (NBR 13278). Em todos os ensaios, as argamassas foram dosadas com teores de água de acordo com a consistência em mesa de abatimento (flow table), normalizada pela NBR 13276. Os corpos de prova para ensaio de resistência à compressão foram curados nas condições ambientais de laboratório com temperatura de $23^{\circ}\text{C} \pm 2$ e uma umidade relativa do ar de $65\% \pm 5$. Para cada tipo de argamassa elaborada, foram preparados 16 corpos de prova, utilizando-se 4 corpos de prova para cada intervalo (foto 7) de 3, 7, 14 e 28 dias, resultando, portanto num total de 80 corpos de prova. O ensaio de resistência à compressão simples (Foto 8) foi executado empregando-se prensa hidráulica, utilizando-se velocidade de carregamento de 0,3 a 0,5 MPa/s.



Foto 7 – Corpos de prova de argamassa

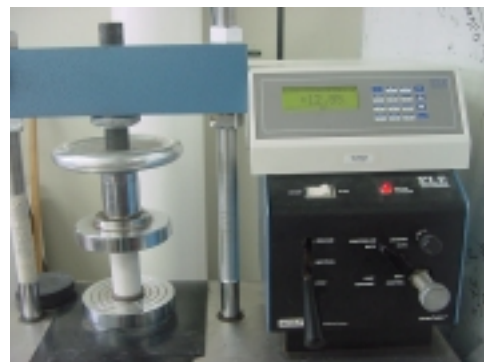


Foto 8 – Ensaio de R. C. S.

Para efetuar comparações, a Figura 14 mostra as diferentes resistências à compressão simples apresentadas pelas argamassas após 3, 7, 14 e 28 dias. A resistência à compressão aos 7 dias, para as duas argamassas de areia aluvionar, não ultrapassou o valor de 4MPa (valor limite estabelecido pela norma para mudança de classe “I” para “II”) , enquanto que os valores de resistência para as argamassas com areias provenientes da britagem de rochas, foram todas maiores que 4MPa. Todas as tensões de ruptura chegaram, aos 28 dias, a valores maiores que 4MPa. Entretanto, fica clara a diferença de resistência à compressão da argamassa preparada com areia resultante da britagem de rocha.

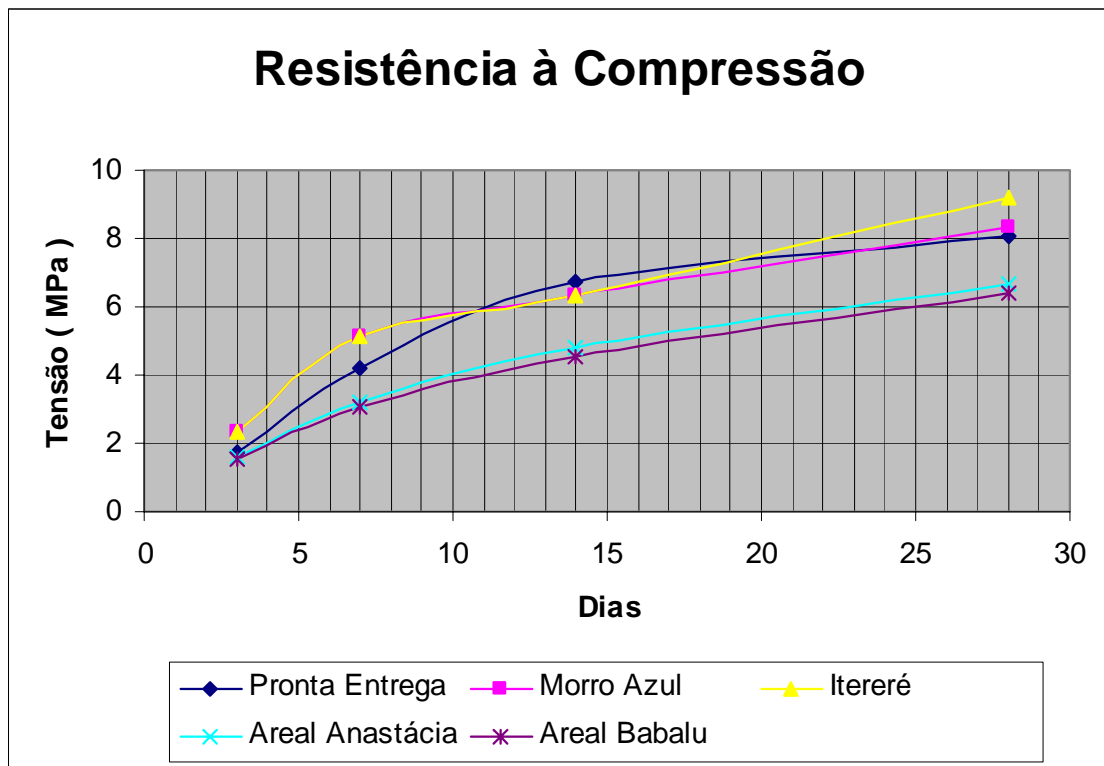


Figura 14 – Gráfico comparativo de Resistência à Compressão Simples para as argamassas estudadas.

Resistência à Compressão (MPa)				
Origem	3 dias	7 dias	14 dias	28 dias
Pronta Entrega	1,73	4,19	6,72	8,07
Morro Azul	2,31	5,15	6,34	8,36
Itereré	2,31	5,15	6,34	9,22
Anastácia	1,59	3,23	4,82	6,68
Babalu	1,51	3,05	4,52	6,43

Tabela 4 – Tabela de Resistência à Compressão dos Corpos de Prova.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A interpretação dos resultados obtidos nos ensaios está centrada nas prescrições impostas pela ABNT (Tabela 5), que classificam as argamassas utilizadas no Brasil, portanto faz-se necessário à apresentação das propriedades regulamentadas pela norma e seus respectivos valores limites de modo a enquadrar as argamassas ensaiadas na classificação existente (Désir et al.,2003).

Características	Identificação	Limites	Método	Itereré	Morro Azul	Pronta Entrega
Resistência à compressão aos 28 dias (MPa)	I	$\geq 0,1$ e $< 4,0$	NBR 13279	6,34	6,34	6,72
	II	$\geq 4,0$ e $\leq 8,0$				
	III	$> 8,0$				
Capacidade de retenção de água (%)	Normal	≥ 80 e ≤ 90	NBR 13277	90%	91%	88%
	Alta	> 90				
Teor de ar incorporado (%)	A	< 8	NBR 13278	3%	1%	1%
	B	≥ 8 e ≤ 18				
	C	> 18				

Tabela 5 – Classificação e características das areias de britagem de rochas.

Os resultados dos ensaios, vistos na tabela 4, mostram que as três areias provenientes das respectivas pedreiras atendem a norma. Estas areias foram identificadas na classe “A” para Teor de ar incorporado, que apresenta o valor limite de 8%. Apenas a areia da pedreira Morro Azul apresentou “alta” capacidade de retenção de água, já as areias da pedreira Itereré e Pronta Entrega são identificadas com porcentagem de capacidade de retenção de água “normal”. Os valores de resistência à compressão, mostrados na tabela 4, são referentes ao ensaio efetuado aos 28 dias de moldagem, sendo estas areias enquadradas na identificação “III” para resistência à compressão aos 28 dias, segundo a NBR 13279.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

Tomando como base todos os dados obtidos e discutidos, pode-se concluir que todas as areias estudadas neste projeto se prestam à utilização para preparação de argamassas. Mas como o enfoque principal deste trabalho era mostrar a possibilidade de que as areias resultantes da britagem de rochas: granada-gnaiss, charnoquito e gnaiss de composição granítica, pudessem ser utilizadas para fabricação de argamassas, algumas características fundamentais destas areias, identificadas ao longo deste projeto, devem ser ressaltadas:

1) boa distribuição granulométrica, o que permite melhor preenchimento de vazios deixados por grãos maiores e elaboração de argamassas com menores quantidades de cimento, trazendo assim, maior economia para a obra que utiliza este tipo de agregado;

2) não apresentou qualquer dificuldade na obtenção do índice de consistência da massa de argamassa (“flow”), tornando fácil seu manuseio;

3) mostrou boa trabalhabilidade, pois os corpos de prova para determinação da resistência à compressão simples foram moldados sem qualquer dificuldade, provando com isso que a argamassa será facilmente trabalhada em qualquer obra;

4) os valores de resistência à compressão simples foram relativamente altos quando comparados aos valores de resistência das areias lavadas de rio.

5) é importante ressaltar que a areia resultante da britagem de rocha é ainda considerada como rejeito pelas minerações de brita, sendo pouco utilizada nas construções civis. A quantidade de finos gerada no processo de cominuição da rocha chega a atingir cerca de 20% da quantidade de brita produzida.

Portanto, tendo sido mostrado que a areia de britagem de rocha é material adequado para o preparo de argamassas, espera-se que estes rejeitos venham a se constituir em subproduto da mineração. Este material terá assim um valor agregado e sua utilização reduzirá parte dos problemas ambientais, a partir do momento que as pilhas de estoque se esgotarem ou diminuírem.

CAPÍTULO 6

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. NBR NM 76. Cimento portland – determinação da finura pelo método de permeabilidade ao ar (método de Blaine). Rio de Janeiro – 1998.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. NBR 6474. Cimento portland e outros materiais em pó determinação da massa específica. Rio de Janeiro – 1984.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. NBR 6508. Grãos de solos que passam na peneira de 4,8 mm – determinação da massa específica. Rio de Janeiro – 1984.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. NBR 7182. Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro – 1984.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. NBR 7217. Agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro – 1987.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. NBR 13276. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – determinação do teor e água para obtenção do índice de consistência-padrão. Rio de Janeiro – 1995.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. NBR 13277. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – determinação da retenção de água. Rio de Janeiro – 1995.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. NBR 13278. Argamassa para assentamento de paredes e revestimento de paredes e tetos – determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado. Rio de Janeiro – 1995.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. NBR 13279. Argamassa para assentamento de paredes e revestimentos de paredes e tetos – determinação da resistência à compressão. Rio de Janeiro – 1995.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas técnicas. NBR 13281. Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – requisitos. Rio de Janeiro – 2001.

- Désir, J., M.; Afonso, W. M.; Schwan, R. M.; and Dantas, D. F. (2003). Caracterização do resíduo de corte de rochas da região de Santo Antônio de Pádua para utilização na produção de argamassas. *Laboratório de Engenharia Civil - Universidade Estadual do Norte Fluminense*.
- D'Agostino, L. Z.; Soares, L. (2001). Preparo de argamassas com emprego de finos de pedra. *Seminário de Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção Civil, Práticas Recomendadas, IV. IBRACON, Comitê Técnico 206, Meio ambiente*.
- Falcão, P. I. e Stellin Júnior, A. (2001). Utilização de finos de serrarias do Espírito Santo nas indústrias de construção civil. *Jornadas IBERMAC Materiais de construção*. Madri/Espanha.