



Paulo Henrique Lobo Neves

**Caracterização dos agregados da região do baixo
Amazonas: elaboração de traços para a produção de
blocos de concreto estrutural.**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Tecnologia
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil

Orientador: Profº Dr. Alcebíades Negrão Macedo

Belém – Pará – Brasil
2015

Universidade Federal do Pará
Instituto de Tecnologia
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



Paulo Henrique Lobo Neves

**Caracterização dos agregados da região do baixo Amazonas:
elaboração de traços para a produção de blocos de concreto
estrutural.**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof°. Dr. Alcebíades Negrão Macedo

Belém
Julho de 2015

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Paulo Henrique Lobo Neves.

TÍTULO: Caracterização dos agregados da região do baixo Amazonas: Elaboração de traços para a produção de blocos de concreto estrutural.

GRAU: Mestre ANO: 2015

É concedida à Universidade Federal do Pará permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

Paulo Henrique Lobo Neves.

Rua José Almeida, nº 317. Prainha.
68.005-140 Santarém – PA – Brasil.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L799c Neves, Paulo Henrique Lobo

Caracterização dos agregados da região do baixo amazonas: elaboração de traços para a produção de blocos de concreto estrutural. / Paulo Henrique Lobo Neves– 2015.
91 f. : il. color. ; 31 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2015.

Orientador Profº Dr: Alcebíades Negrão Macedo.

Inclui bibliografia.

1. Blocos de concreto. 2. Engenharia civil – agregados. 3. Agregados - caracterização.
I. Macedo, Alcebíades Negrão, orientador. II. Título.

CDD: **624.183409811**

BIBLIOTECA / INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA / CAMPUS SANTARÉM – PA

Bibliotecária Eliana Amoedo de Souza Brasil – CRB-2/1121

Universidade Federal do Pará
Instituto de Tecnologia
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil



Paulo Henrique Lobo Neves

**Caracterização dos agregados da região do baixo amazonas:
elaboração de traços para a produção de blocos de concreto
estrutural.**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFPA. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Profº. Dr. Alcebíades Negrão Macedo
Orientador – PPGEC – UFPA

Profª. Dra. Ângela Borges Masuero
Membro externo – Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS

Profº. Dr. Marcelo Sousa Picanço
Membro Interno – PPGEC – UFPA

Belém, 03 de julho de 2015.

AGRADECIMENTOS

À DEUS que me deu inspiração e força para realização deste trabalho.

Ao professor Alcebíades Negrão Macedo pela orientação e incentivo no desenvolvimento deste trabalho.

Ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará pela oportunidade de realização do mestrado.

Aos Estagiários do Curso de Engenharia Civil do CEUS/ULBRA-Santarém, e laboratoristas do LED-Laboratório de Edificações do IFPA-Santarém, pelo empenho e colaboração.

Aos colegas professores Glairton Nogueira e Misanira Arruda pela ajuda na formatação do trabalho.

À minha esposa Daniela e filhas Ana Beatriz e Mariana pela compreensão e colaboração nas ausências e viagens.

Aos meus pais Everton e Alvalinda Neves pela dedicação e empenho em me proporcionar, sem medir esforços, acesso à educação de qualidade.

E a todos que, de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

LOBO NEVES, P. H. **Caracterização dos agregados da região do baixo**

Amazonas: elaboração de traços para a produção de blocos de concreto estrutural. 2015. Dissertação de Mestrado, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, Pará, Brasil, 2015. 93p.

Com a crescente demanda por agregados para a construção civil no município de Santarém e cidades circunvizinhas, e com o surgimento de processos construtivos ainda pouco conhecidos na região, como a utilização de blocos de concreto, surge a necessidade do desenvolvimento de uma pesquisa experimental para verificação das características dos agregados passíveis de serem utilizados, com o objetivo de estudar a viabilidade de aplicação dos mesmos para a produção de blocos de concreto com função estrutural, classe B – $4,0MPa \leq f_{bk} < 8,00 MPa$. Foi abordado a caracterização completa, a identificação das áreas de exploração com suas distâncias até os locais de produção de blocos na cidade Santarém. Com os resultados foram elaborados traços com a mistura seca dos agregados em função de suas características buscando a otimização e melhor compacidade da mesma, em traços mais econômicos e que confirmam ao produto final um melhor acabamento e resistência. O experimento foi desenvolvido a partir de um traço padrão utilizado nas fábricas da cidade e que serviu de parâmetro de comparação para os demais traços experimentais elaborados, obedecendo-se as etapas descritas a seguir. Na primeira etapa foi realizada a identificação das fontes de exploração de agregados na cidade de Santarém e adjacências. A seguir numa segunda etapa, realizou-se as expedições de coleta e acondicionamento das amostras. Para as últimas etapas foram efetuados os ensaios de caracterização sendo: granulometria dos agregados miúdos e graúdos, determinação de massa específica e aparente, teor de materiais finos e abrasão Los Angeles. Posteriormente foram elaborados os traços otimizados com enquadramento na faixa granulométrica ideal, com a produção dos blocos de concreto com função estrutural das famílias 14x29 e 14x39. Na última etapa foram realizados ensaios para verificação da análise dimensional, índice de absorção e resistência à compressão de blocos individuais. O conhecimento prévio dos agregados e a mistura adequada enquadrada na faixa granulométrica ideal propiciou a redução no consumo de cimento e favoreceu a qualidade final do produto melhorando todos os seus parâmetros de desempenho.

Palavras – chave: Agregados. Caracterização. Blocos de concreto. Traços.

ABSTRACT

LOBO NEVES, P. H. **Characterization of aggregates for the low Amazon region:** development of traits for the production of structural concrete blocks. traces, 2015. Institute of Technology, Federal University of Pará, Belém, Pará, Brazil, 2015. 93p.

With the growing demand for aggregates for the construction industry in the city of Santarém and surrounding cities, and with the emergence of construction processes still little known in the region, such as the use of concrete blocks, the need to develop an experimental research for verification arises insusceptible of the characteristics of aggregates to be used in order to study the feasibility of applying them to the production of concrete blocks with structural function, class B – $4,0\text{MPa} \leq f_{bk} < 8,00\text{ MPa}$. A complete characterization, identification of exploration areas with their distances to block production sites in the city Santarém was approached. With the results were developed traits with the dry mixture of aggregates depending on their characteristics seeking to optimize and better compactness thereof, to more economic traits and which give the final product a better finish and resistance. The experiment was developed from a standard feature used in the city's factories and which served as a benchmark for the other elaborate experimental features, complying with the steps below. In the first stage was carried out to identify the aggregate producing sources in the city of Santarém and surrounding areas. Following a second stage, held expeditions collecting and packaging the samples. For the latest steps were carried out the characterization tests being: Kids grain size and coarse aggregates, mass determination and specifies apparent, fine materials and abrasion Los Angeles. Later traces were designed with optimized framework in the ideal particle size range, with the production of concrete blocks with structural function of families 14x29 and 14x39. In the last step tests were performed to verify the dimensional analysis, absorption index and resistance to compression individual blocks. Prior knowledge of the aggregates and framed adequate mixing in the ideal particle size range provided the reduction in the consumption of cement and favored the final product quality improving all its performance parameters.

Key – words: Aggregates. Characterization. Concrete blocks. Traces.

LISTA DE FIGURAS

1 – Areia lavada (a), seixo rolado (b), areia de cavas (c).	18
2 – Rocha britadas graduadas aspecto visual (a, b, c, d).....	18
3 – Argila expandida e vermiculita expandida	18
4 – Agregado reciclado (a) – Resíduo de Construção (b)	19
5 – Bloco vazado.....	21
6 – Relação resistência/água no concreto.	25
7 – Diagrama de dosagem IPT adaptado – peças estruturas de concreto.....	36
8 – Mapa geológico do Estado do Pará –visão geral.	43
9 – Mapa geológico da região do baixo Amazonas.....	44
10– Vibro-prensa pneumática capacidade de produção 03 blocos por ciclo.....	62
11 – Cura dos blocos sob lona no pátio de estoque; Teste de permeabilidade através do método do cachimbo.....	62
12 – Textura superficial dos blocos, Caracterização dimensional dos blocos	62
13 – Capeamento e ensaio de resistência à compressão.....	63
14 – Ensaio “speedy test”, para determinação da umidade da mistura.....	68
15 – Equipamento vibro-prensa hidráulico com CLP, extração através de pinça elétrica.	68
16 – Textura superficial e análise dimensional.....	68
17 – Teste prático de permeabilidade – análise visual.....	69
18 – (a, b, c.) aspectos visuais de indicação de teor de umidade na produção.	77

LISTA DE GRÁFICOS

1 – Percentual retido para uso em bloco de densidade normal.....	28
2 – Percentual retido para uso em bloco de densidade leve.....	28
3 – Percentual retido para uso em bloco de densidade leve de textura lisa ou bloco de densidade mediana.....	28
4 – Granulometria de areia, pedrisco e mistura final encontrada.....	30
5 – Exemplo de curva para a determinação da composição entre agregados, menor volume de vazios.....	31
6 – Curva de Finos.....	37
7 – Curva de Umidade.....	38
8 – Curva de Consumo.....	39
9 – Faixa granulométrica indicada para blocos de concreto.....	39
10 – Curva otimizada traço experimental 01 – 1:8,37; M.F – 3,42.....	60
11 – Curva otimizada traço experimental 02 – 1:15,17; M.F – 2,71.....	61
12 – Curva otimizada traço experimental 03 – 1:12; M.F – 2,73.....	61
13 – Curva otimizada traço experimental 01-1:15,72.....	64
14 – Curva otimizada traço experimental 02-1:15,87.....	64
15 – Curva otimizada traço experimental 03 – 1:15,72.....	65
16 – Curva otimizada traço de referencia 01 – 1:10; M.F – 3,51.....	66
17 – Curva otimizada traço experimental 02-1:8,37; M.F – 3,41.....	67
18 – Curva otimizada traço experimental 03 – 1:15,17; M.F – 2,71.....	67

LISTA DE QUADROS

1 – Requisitos de resistência característica à compressão, absorção e retração.....	22
2 – Designação por classe – largura dos blocos e espessura mínima das paredes....	23
3 – Dimensões Reais.....	23
4 – Amostragem para os ensaios iniciais de blocos.	24
5 – Requisitos químicos para concreto, unidade: 10^{-6} g/cm ³	26
6 – Traços sugeridos em função da resistência ao Fbk 28 dias para blocos de 14,0 cm x 19,0 cm x 29,0 cm Medeiros (1993).	27
7 – Valores de k_{nt} em função do número de exemplares (n).	33
8 – Sugestões de faixas de teores de agregados / cimento (m).....	33
9 – Módulo de finura recomendado.....	37
10 – Características do aglomerante.....	41

LISTA DE TABELAS

1 – Características do agregado Graúdo-Seixo-Pariçó / M.A.....	45
2 – Características do agregado Graúdo-Brita – Mulata/M.A.....	46
3 – Características do agregado miúdo – pó de Brita – Mulata/M.A	47
4 – Características do agregado – Areia lavada – Santana do Tapará/M.A.....	48
5 – Características, Agregado miúdo – Areia natural Oriximiná.....	49
6 – Características do agregado – Areia Branca – Barranco do Junvenal / STM. I...	50
7 – Características do agregado – Areia vermelha/STM.....	51
8 – Características do agregado – Areia Leito do rio Amazonas/STM.....	52
9 – Características do agregado – Barranco do Freitas / STM.....	53
10 – Características do agregado Areia– Barranco de Ponte Alta/STM.....	54
11 – Características do agregado pedrisco “quebradinho” – Barranco de Ponte Alta/STM.....	55
12 – Características do agregado graúdo de Rurópolis.....	56
13 – Características do agregado Areia Lavada de Rurópolis.....	57
14 – Resumo de Caracterização de agregados da região do Baixo Amazonas.....	58
15 – Traços para a produção de blocos Empresa “A”	60
16 – Traços para a produção de blocos Empresa “B”.....	63
17 – Traços para a produção de blocos Empresa “C”	66
18 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão, empresa “A”.....	70
19 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão, empresa “B”.....	71
20 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão, empresa “C”.....	72
21 – Comparação de resultados “A” x “C”.....	76

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	A importância do estudo/justificativa.....	13
2	OBJETIVOS.....	16
3	FUNDAMENTOS TEÓRICOS – AGREGADOS, ALVENARIA ESTRUTURAL BLOCOS DE CONCRETO PARA FINS ESTRUTURAIS, MATERIAIS CONSTITUINTES, MÉTODOS DE DOSAGEM.....	17
3.1	Agregados.....	17
3.2	Alvenaria estrutural.....	19
3.3	Blocos de concreto para fins estruturais.....	20
3.4	Materiais constituintes e processos de produção	24
3.4.1	Concreto.....	24
3.5	Água	25
3.6	Métodos de dosagens.....	26
3.6.1	Método de dosagem adotado pela BESSER COMPANY e <i>adaptado</i> por Medeiros	27
3.6.2	Método ABCP- baseado no menor volume de vazios da mistura	30
4	ESTUDO EXPERIMENTAL – MATERIAIS E MÉTODOS	40
4.1	Materiais utilizados nos traços otimizados.....	41
4.1.1	Propriedades físicas.....	42
4.1.2	Caracterização mineral das áreas exploradas na região do Baixo Amazonas.....	43
4.2	Caracterizações dos agregados	44
5	METODOLOGIA	59
5.1	Métodos de obtenção de materiais constituintes do concreto para a produção dos blocos.....	59
5.2	Apresentação dos traços.....	59
5.2.1	Apresentação dos traços para a empresa “A”	59
5.2.2	Apresentação dos traços para a empresa “B”	63
5.2.3	Apresentação dos traços para a empresa “C”	65
6	ANÁLISE E DISCUSSÃO DO RESULTADOS	70
6.1	Primeira parte – resultados dos blocos produzidos na Empresa “A”	70
6.2	Resultados dos blocos produzidos na Empresa “B”.....	71
6.3	Resultados dos blocos produzidos na Empresa “C”	72

7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	74
7.1	Sugestões de trabalhos futuros.....	77
	REFERÊNCIAS	79
	APÊNDICE A – SEIXO ROLADO EXTRAÍDOS DE BARRANCOS NA ZONA RURAL, COMUNIDADE DE PARIÇÓ, LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 829896.84 ME; LONGITUDE 9780490.76 MS, DISTANTE DE SANTARÉM ~ 95 KM.....	82
	APÊNDICE B – ROCHA BRITADA EXTRAÍDA NA MINA DA COMUNIDADE DE MULATA, ZONA RURAL DA CIDADE DE MONTE ALEGRE, LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 831430.71 ME; LONGITUDE 9809584.55 MS, DISTANTE DE SANTARÉM ~120 KM.....	83
	APÊNDICE C – AREIA EXTRAÍDA DE LEITO DE IGARAPÉ NA ZONA RURAL, COMUNIDADE DE SANTANA DO TAPARÁ, LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 779715.46 ME; LONGITUDE 9756420.79 M S, DISTANTE DE SANTARÉM ~40 KM	84
	APÊNDICE D – AREIA EXTRAÍDA NO MUNICÍPIO DE ORIXIMINÁ, LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LATITUDE 631912.08 ME; LONGITUDE 9811971.71 MS, DISTANTE DE SANTARÉM ~147 KM.....	85
	APÊNDICE E – AREIA EXTRAÍDA DE BARRANCOS-ÁREAS DE EXPLORAÇÃO DO JUVENAL, NA ZONA PERIFÉRICA DA CIDADE DE SANTARÉM, LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 749798.27 ME; LONGITUDE 9727176.05 MS.....	86
	APÊNDICE F – AREIA EXTRAÍDA DE BARRANCOS, AREIA VERMELHA – ÁREAS DE EXPLORAÇÃO DA MATINHA, NA ZONA PERIFÉRICA DA CIDADE DE SANTARÉM, LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 750674.26 ME; LONGITUDE 9726405.15 MS.	87
	APÊNDICE G – AREIA EXTRAÍDA DO LEITO DO RIO AMAZONAS, EM BANCOS DE AREIA CONHECIDOS COMO “TERRA CRESCIDA” ÀS PROXIMIDADES DA COMUNIDADE RURAL DE BARREIRAS DO TAPARÁ MUNICÍPIO DE SANTARÉM, LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 771900.65 ME; LONGITUDE 9753716.48 MS, DISTANTE DE SANTARÉM ~ 30 KM.	88

APÊNDICE H – AREIA EXTRAÍDA DE BARRANCO – ÁREAS DE EXPLORAÇÃO DO FREITAS, NA ZONA PERIFÉRICA DA CIDADE DE SANTARÉM LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 750625.71 ME; LONGITUDE 9727502.72 MS.....	89
APÊNDICE H- AREIAS E (QUEBRADINHO) EXTRAÍDAS DE BARRANCO – ÁREAS DE EXPLORAÇÃO DA PONTE ALTA, NA ZONA METROPOLITANA DA CIDADE DE SANTARÉM LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 750663.00 ME; LONGITUDE 9726380.68 MS. DISTANCIA DO CENTRO URBANO ~10 KM	90
APÊNDICE I – AGREGADOS, GRAÚDO (BRITA) E AGREGADOS MIÚDO, AREIAS EXTRAÍDAS DE LEITOS DE IGARAPÉS – ÁREAS DE EXPLORAÇÃO NO MUNICÍPIO DE RURÓPOLIS, LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 732046.65 ME; LONGITUDE 9546451.62 MS. DISTÂNCIA DO CENTRO URBANO DE SANTARÉM ~211 KM.	91

1 INTRODUÇÃO

1.1 A importância do estudo/justificativa

Com o avanço da construção civil no Brasil nos últimos anos, impulsionada principalmente pelos programas federais de habitação e infraestrutura e pelos eventos de cunho internacional que o Brasil passou a sediar a partir de 2014 (Copa do Mundo e Jogos Olímpicos), faz-se necessária a disseminação de novos métodos e práticas construtivas, assim como, o desenvolvimento de produtos de uso mais racional, produtos e métodos algumas vezes de grande aplicação e conhecimento em muitas regiões do país, porém, ainda desconhecidos em outras.

Com esse progresso, o bloco de concreto estrutural e de vedação surge então, como um elemento de grande aceitação no mercado nacional e mundial, e que possui um conjunto de normas completo. Corroborando com a ideia, artigo na revista Prisma afirma que “Devido ao avanço tecnológico do sistema de fabricação, construir com blocos tornou-se uma das melhores alternativas de construção” (IKEMATSU; LUGUNA, 2011).

Nesse contexto, a demanda por blocos de concreto está crescendo consideravelmente na capital e em algumas áreas do Estado do Pará, sendo que tem um grande potencial na região do Baixo Amazonas onde ainda é pouco utilizado. Portanto, analisar os agregados existentes no município de Santarém e cidades vizinhas objetivando caracterizá-los para a utilização na elaboração de traços otimizados de concreto seco para a produção de blocos de concreto torna-se uma necessidade premente.

Na cidade de Santarém são utilizados diversos tipos de agregados extraídos em várias fontes de exploração nos arredores da cidade e provenientes de outros municípios. Esses agregados não têm suas características conhecidas e não há um estudo comprovando sua eficiência na utilização de argamassas e concretos, seja seco ou convencional.

Os agregados são fatores importantes na produção do bloco, e o conhecimento de sua natureza é fundamental, pois podem apresentar alterações volumétricas devido à variação de umidade e ainda reações com os álcalis presentes no cimento (HELENE e TERZIAN, 1993).

Para Sbrigui Neto (2000) citado por FELIPE, 2010, é necessário se dar muita

importância na escolha dos agregados, sob o risco de haver sérios efeitos patológicos. O mesmo ressalta ainda a necessidade, além da seleção adequada baseada nas propriedades, que é de fundamental relevância dimensionar o custo final do produto.

As areias e rochas são minerais de baixo valor agregado, portanto havendo uma restrição de ordem econômica para o aproveitamento das jazidas, sendo necessário a redução da distância entre o local da extração e o mercado consumidor. Segundo Brasil (2009), considera-se para a maior parte das regiões, que as jazidas localizadas fora de um raio de 100 km do mercado consumidor, são inviáveis economicamente

BALLOU (1993) argumenta que os modais ideais para o deslocamento de minerais de baixo valor agregado, são preferencialmente, pelo seu custo, o hidroviário e o ferroviário. O rodoviário tem a seu favor unicamente, a flexibilidade do serviço porta a porta e seu emprego deve estar focado na complementação dos demais modais.

Na região da cidade de Santarém e Baixo Amazonas existe a chamada Formação Alter do Chão, formação geológica composta por materiais sedimentares que segundo Caputo et al. 1971, “Afloram arenitos e argilitos relacionados à Formação Alter do Chão (Cretáceo Superior), cujo relevo é moderadamente ondulado, característicos de uma área em franca dissecação...”. As áreas de exploração estão muito próximo do centro consumidor reduzindo significativamente o custo com transporte.

ALEXANDRE (2008) argumenta que a alvenaria estrutural é o sistema construtivo de menor custo do mercado brasileiro se comparado por exemplo com estruturas convencionais de concreto armado. Segundo estudos realizados por especialista em construção, o sistema construtivo com blocos de concreto enxuga em até 30% o valor final de obra com até quatro pavimentos, com impacto ainda maior em construções verticalizadas, fatores devido a simplificações de processos executivos, economia de formas e escoramentos, economia com argamassas de revestimentos, de assentamento, e com geração de menos entulhos. Atualmente, as construções em alvenaria estrutural avançam por todo país.

Dos diversos materiais que podem ser utilizados como elementos de uma alvenaria estrutural, os mais utilizados hoje no Brasil são os blocos vazados de concreto, os blocos vazados cerâmicos, os blocos maciços cerâmicos, os blocos vazados sílico-calcáreos e os blocos maciços sílico-calcáreos. De todos, o bloco de concreto é o que tem o uso mais disseminado, sendo utilizado em larga escala em

programas habitacionais, e aquele que mereceu todos os esforços iniciais de normalização.

Segundo Ramalho (2003), atualmente, no Brasil, o sistema construtivo em alvenaria tem tido um grande impulso, devido a modernização das indústrias produtoras de blocos, com a abertura do mercado para equipamentos importados, com a evolução dos equipamentos nacionais, com a implantação do selo de qualidade da ABCP. As empresas perceberam o benefício da redução dos custos com a utilização dos sistemas construtivos baseados nos blocos de concreto.

De acordo com Fernandes (2012), o bloco pode ser produzido em vários tipos de equipamentos como vibro-prensas manuais, pneumáticas ou hidráulicas, por meio da prensagem de um micro concreto tendo como componentes o cimento, areia, pó de pedra, pedrisco, água, adições e aditivos facilitadores de moldagem, com consistência própria para permitir a sua desforma imediatamente após a prensagem.

A execução é planejada e mais rápida que sistemas tradicionais de construção como alvenarias com blocos cerâmicos sem modulação e estruturas de concreto armado com paredes de vedação, por exemplo. Blocos de concreto melhoram padrões construtivos e de segurança, permitem detalhamentos estéticos, além de maior isolamento térmico, acústico e resistência ao fogo.

2 OBJETIVOS

Neste sentido, o presente trabalho tem como objetivo geral identificar e analisar a viabilidade técnica dos agregados graúdos e miúdos provenientes das fontes de exploração na cidade de Santarém e municípios adjacentes, para a elaboração de traços otimizados para a utilização na produção de blocos para alvenaria estrutural.

Para alcançar o objetivo principal, foi imprescindível definir como objetivos específicos:

- a) mapear as áreas de exploração, identificando as mais próximas às indústrias de produção dos blocos;
- b) criar um banco de referência para os fabricantes, com os dados obtidos, georeferenciando as áreas de exploração;
- c) elaborar traços otimizados com esses agregados, objetivando atingir os requisitos de desempenho quanto à economicidade e resistência, para blocos de concreto com função estrutural classe B, com $f_{bk} > 4,0$ MPa;
- d) produzir blocos M-15 da família 29 e 39, para verificar seu desempenho com os agregados estudados, quanto à absorção de umidade, análise dimensional e resistência à compressão.

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS – AGREGADOS, ALVENARIA ESTRUTURAL BLOCOS DE CONCRETO PARA FINS ESTRUTURAIS, MATERIAIS CONSTITUINTES, MÉTODOS DE DOSAGEM

3.1 Agregados

Segundo Sbrighi Neto (2011), agregados são materiais granular, sem forma ou volume definidos, de dimensões e propriedades adequadas às obras de engenharia, em particular ao fabrico de concreto e argamassas de cimento Portland.

De acordo com a ABNT NBR 7211:2009, os agregados são classificados de acordo com o tamanho dos grãos, definidos em agregado graúdo e miúdo, onde a divisão entre as duas definições ocorre na peneira de malha 4,75 mm. Segundo essa definição os agregados são:

Agregado miúdo: São aqueles cujos grãos passam pela peneira de malha 4,75 mm e ficam retidos na malha 0,075 mm no ensaio de peneiramento.

Agregado graúdo: São aqueles cujos grãos passam pela peneira de malha 152 mm e ficam retidos na malha 4,75 mm no ensaio de peneiramento.

Para Sbrighi Neto (2011), no final do século IX, com o desenvolvimento dos primeiros estudos do concreto Portland, acreditava-se que os agregados tinham somente um papel de enchimento, e que embora ocupando de 70% a 80% do volume em concreto convencionais, tratava-se apenas de um material granular inerte destinado a baratear o custo final de produção de concreto.

Posteriormente verificou-se que muitas propriedades são influenciadas pelas características dos agregados, tais como: sua porosidade; composição granulométrica; absorção da água; estabilidade forma e textura dos grãos; resistência mecânica e módulo de deformação e substancia deletérias presentes.

De acordo com Valverde (2001), os agregados, quanto à origem são classificados como:

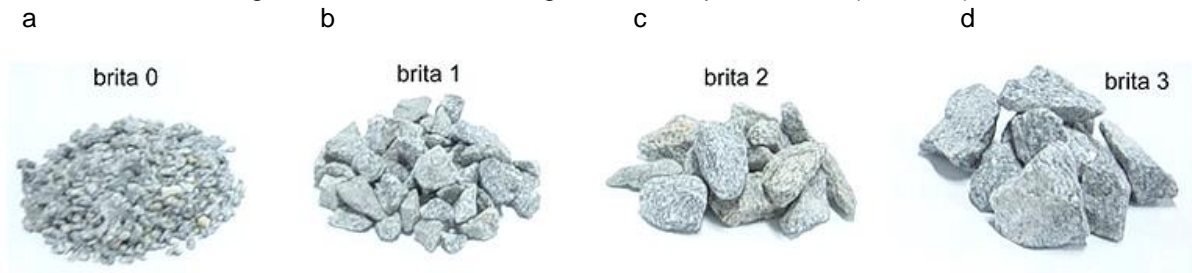
- a) naturais, utilizados da forma como são encontrados na natureza, já preparados para o uso, sem qualquer beneficiamento que não sejam a lavagem (quando for o caso, sua classificação granulométrica geralmente é feita por peneiramento), como exemplo tem-se: areia de rio fig. 1 (a), pedregulho cascalho ou seixo rolado (b), areia de cavas (c).

Figura 1 – areia lavada (a), seixo rolado (b), areia de cavas (c).



b) britadas fig. 2, submetidas ao processo de cominuição, geralmente por britagem, para que possam adequar-se ao uso de agregados para concreto, como pedra britada nº 0 (a), pedra britada nº 1 (b), pedra britada nº 2 (c), pedra britada nº3 (d).

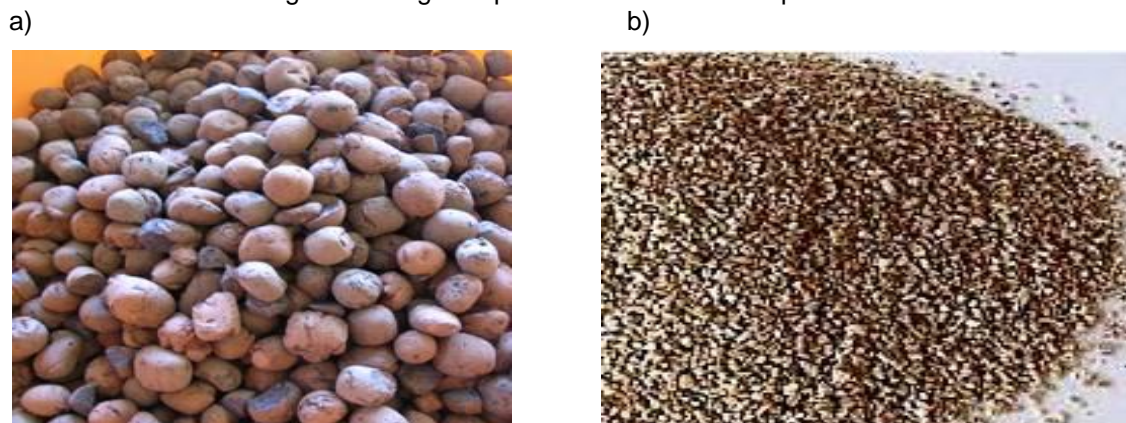
Figura 2 – Rocha britadas graduadas aspecto visual (a, b, c, d).



Fonte: ZERPE PAISAGISMO E AGRICULTURA LTDA, 2014.

c) artificiais, derivados de processos industriais, como argila expandida fig. (a), folhelho expandido por tratamento térmico, vermiculita expandida (b).

Figura 3 – Argila expandida e vermiculita expandida



Fonte: CINEXPAN, 2014

Fonte: NTC BRASIL, 2014.

- d) agregados reciclados com propriedades adequadas ao uso como agregado ou proveniente do beneficiamento de entulho de construção fig. 4 (a) ou demolição (b) selecionado para esta aplicação. São exemplos as escórias de alto forno, entulho de construção/demolição, etc...

Figura 4 – Agregado reciclado – Resíduo de Construção



Fonte: IBRACON DE ESTRUTURAS E MATERIAIS, 2012.

3.2 Alvenaria estrutural

A alvenaria estrutural é um método muito utilizado desde a antiguidade, como a construção de pirâmides no Egito – Guizé (2600 a.C.), a grande muralha da China (220 a.C.), o coliseu de Roma (82 d.C.), a catedral de Notre-Dame em Paris (1163 d.C.), e que até hoje permanece em constantes aprimoramentos pela introdução de novos materiais que propiciam melhores características e novas técnicas de execução. O exemplo mais marcante foi a construção do Monadnock building em Chicago (1889-1891), com 16 pavimentos, 65 metros de altura, com parede de 1,80 metros no térreo, tornando esse sistema eficiente em termos de desempenho, segurança e rapidez de produção.

As paredes em alvenaria são compostas pela união de diferentes materiais como bloco, argamassas e grautes. Os blocos podem ser encontrados com várias resistências, mas precisam ser aplicados de forma correta visto que apresentam alta retração na secagem.

A alvenaria estrutural, segundo Taiul (2010), pode ser entendida como um conjunto de peças justapostas coladas em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um elemento vertical coeso.

O resultado desse conjunto coeso serve para vedar espaços, resistir a cargas oriundas da gravidade, promover segurança, resistir a impactos, à ação do fogo, isolar

e proteger acusticamente os ambientes, contribuir para a manutenção do conforto térmico, além de impedir a entrada de vento e chuva no interior dos ambientes.

Os primeiros blocos para alvenaria foram desenvolvidos pelos ingleses no século- XIX, mais precisamente 1832, ainda no formato maciço. O elemento vazado como concebido hoje foi patenteado pelos mesmos em 1850 segundo Fernandes (2012), e a primeira máquina para produção de blocos em grande escala foi patenteada em 1904.

Na sua fase moderna, a partir de 1951, as paredes são dimensionadas por meio de cálculos racionais.

Segundo Felipe (2010), esse conceito tem seu marco em 1951, onde o engenheiro Paul Haller projetou e construiu um edifício de alvenaria não-armada na Basileia (Suíça), com 13 andares e 41,4 metros de altura, baseado em ensaios e pesquisas na universidade.

Para Ramalho (2003) dentro do sistema Alvenaria estrutural, a alvenaria não armada de blocos vazados de concreto parece ser um dos mais promissores. Outro fator relevante é o grande número de equipamentos no mercado e que produzem blocos com melhor resistência e qualidade, tornando-os mais confiáveis.

3.3 Blocos de concreto para fins estruturais

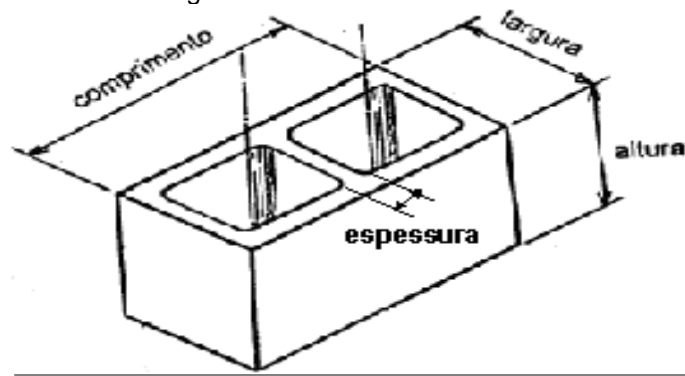
Os blocos de concreto para fins estruturais ou de vedação, são produtos normalizados pelas NBR's 6136/2014 e 12.118/2013, da ABNT.

A NBR 6136/2014 – Blocos vazados de concreto simples para alvenaria estrutural, especifica que a resistência característica do bloco à compressão (F_{bk}), medida em relação à área bruta deve obedecer os limites descritos abaixo:

- a) Bloco vazado de concreto simples:

Componente para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior, cuja área líquida é igual ou inferior a 75% da área bruta. (fig.5).

Figura 5 – Bloco vazado.



Fonte: INMETRO, 2015.

b) área Bruta: Área da seção perpendicular aos eixos dos furos, sem desconto das áreas dos vazios.

c) área líquida: Área média da seção perpendicular aos eixos dos furos, descontadas as áreas médias dos vazios.

d) família de blocos: Conjunto dos componentes de alvenaria que interagem modularmente entre si e com os outros elementos construtivos. Os blocos que compõem a família, segundo suas dimensões, são designados como bloco inteiro (bloco predominante), meio bloco, bloco de amarração L e T (blocos para encontros de paredes), blocos compensadores A e B (blocos para ajustes de modulação) e blocos tipo canaleta.

e) classificação: Os blocos de concreto, de acordo com a norma NBR-6136, devem atender, quanto ao seu uso, às classes descritas abaixo, e indicadas nos quadros 1, 2 e 3.

Quadro 1 – Requisitos de resistência característica à compressão, absorção e retração.

Classificação	Classe	Resistência Característica à compressão axial ^a Mpa	Absorção %				Retração ^d %
			Agregado Normal ^b		Agregado leve ^c		
			Individual	Média	Individual	Média	
Com função estrutural	A	$f_{bk} \geq 8,0$	$\leq 8,0$	$\leq 6,0$	$\leq 16,0$	$\leq 13,0$	$\leq 0,065$
	B	$4,0 \leq f_{bk} < 8,0$	$\leq 10,0$	$\leq 8,0$			
Com ou sem função estrutural	C	$f_{bk} \geq 3,0$	$\leq 12,0$	$\leq 10,0$			
^a Resistência Característica à compressão axial obtida aos 28 dias							
^b Blocos fabricados com agregado normal. (ver definição na ABNT NBR 9935)							
^c Blocos fabricados com agregado leve. (ver definição na ABNT NBR 9935)							
^d Ensaio facultativo							

Fonte: ABNT, NBR 6136/2014.

a) classe A – com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria, acima ou abaixo do nível do solo;

b) classe B – com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria, acima do nível do solo;

c) classe C- com função estrutural, para uso em elementos de alvenaria, acima do nível do solo, com larguras de 140 mm e 190 mm, para edificações até cinco pavimentos;

De acordo com a NBR 6136/2014 as dimensões mínimas designadas por classe estão especificadas no quadro 2.

Quadro 2 – Designação por classe – largura dos blocos e espessura mínima das paredes.

Classe	Largura nominal mm	Paredes longitudinais ¹ (mm)	Paredes transversais	
			Paredes ¹ (mm)	Espessura equivalente ² (mm/m)
A	190	32	25	188
	140	25	25	188
B	190	32	25	188
	140	25	25	188
C	190	18	18	135
	140	18	18	135
	115	18	18	135
	90	18	18	135
	65	15	15	113

¹) Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito.

²) Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal no bloco (em metros).

Fonte: ABNT, NBR 6136-2014.

As dimensões reais designadas por famílias de blocos estão especificadas, de acordo com a NBR 6136-2104 na tabela de dimensões reais, quadro 3.

Quadro 3 – Dimensões Reais.

FAMÍLIA DE BLOCOS											
Designação	Nominal	20	15	12,5			10			7,5	
	Módulo	M-20	M-15	M-12,5			M-10			M-7,5	
	Amarração	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2
	Linha	20 x 40	15 x 40	15 x 30	12,5 x 40	12,5 x 25	12,5 x 37,5	10 x 40	10 x 30	10 x 30	7,5 x 40
Largura (mm)		190	140	140	115	115	115	90	90	90	65
Altura (mm)		190	190	190	190	190	190	190	190	190	190
Comprimento (mm)	Inteiro	390	390	290	390	240	365	390	190	290	390
	Meio	190	190	140	190	115	-	190	90	-	190
	2/3	-	-	-	-	-	240	-	-	190	-
	1/3	-	-	-	-	-	115	-	-	90	-
	Amarração L	-	340	-	-	-	-	-	-	-	-
	Amarração T	-	540	440	-	365	365	-	290	290	-
	Compensador A	90	90	-	90	-	-	90	-	-	90
	Compensador B	40	40	-	40	-	-	40	-	-	40

NOTA 1: As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos, indicados na tabela 1, são de $\pm 2,0$ mm para a largura e $\pm 3,0$ para a altura e para o comprimento.

NOTA 2: Os componentes das famílias de blocos de concreto têm sua modulação determinada de acordo com a ABNT NBR 15873.

NOTA 3: As dimensões da canaleta J devem ser definidas mediante acordo entre fornecedor e comprador, em função do projeto.

Fonte: ABNT, NBR 6136/2014.

No quadro 4 estão especificadas as quantidades mínimas por amostragem para ensaios iniciais de blocos, de acordo com a NBR 6136-2014.

Quadro 4 – Amostragem para os ensaios iniciais de blocos.

Ensaio	Amostragem para os modelos do tipo inteiro			Critério de Aceitação
	Prova	Contraprova	Testemunhas	
Resistência à compressão	6 blocos	3 blocos	3 blocos	Ausência de não conformidades
Análise dimensional	3 blocos	3 blocos	3 blocos	
Absorção de água				
Área líquida				
Total da amostragem para cada designação de módulo da família	9 blocos	9 blocos	9 blocos	
Ensaio	Amostragem para os modelos de bloco do tipo não inteiro (meio bloco, amarração L, ou amarração T)			Critério de aceitação
	Prova	Contraprova	Testemunhas	
Análise dimensional	3 blocos	3 blocos	3 blocos	Ausência de não conformidades
Absorção de água				
Total da amostragem para cada designação de módulo da família	3 blocos	3 blocos	3 blocos	

Fonte: ABNT, NBR 6136/2014.

3.4 Materiais constituintes e processos de produção

3.4.1 Concreto

O concreto para a produção de blocos de concreto é denominado concreto seco, com consistência de “terra úmida” ou “farofa”, com abatimento zero, fazendo-se necessário para que a retirada do ar aprisionado seja realizada por equipamentos especiais, no caso dos blocos, temos as vibro prensas. Nesses concretos, a qualidade e regulagem do equipamento, bem como o processo de produção, exercem grande influência nas propriedades finais (REVISTA PRISMA, 25 – CT 10).

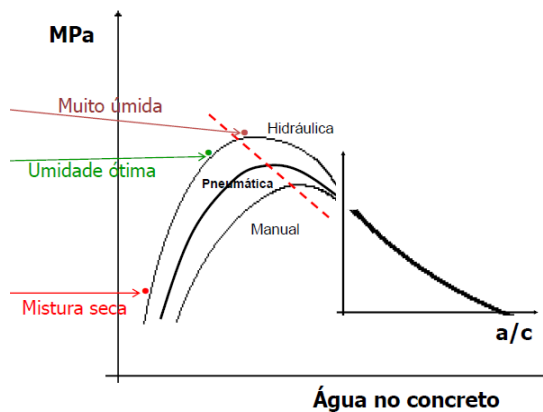
Segundo Frasson Jr (2000), para os concretos secos utilizados na produção de blocos, a umidade empregada nas misturas é fundamental, sendo normalmente empregados valores em torno de 6,0 % a 8,0%.

Para Felipe (2010), maior quantidade de água não significa maiores resistências, geralmente a umidade ótima responsável pela maior resistência se situa um pouco antes do limite operacional de uma máquina vibra-prensa. Para concretos com e sem uso de aditivos, este ponto situa-se respectivamente por volta de 6% e 7%.

Já Fernandes (2012) afirma que a quantidade de água em uma mistura para a produção de blocos de concreto deve ser a maior possível, porém mantendo-se a condição de trabalhabilidade adequada para que os artefatos não apresentem dificuldades para desforma por aderência ao molde, ou problemas de perda de formato em função do excesso de água.

Apesar de não haver consenso quanto a quantidade de água no concreto, tanto Felipe (2010), quanto Fernandes (2012), concordam que o teor de umidade ótima situa-se próximo ao limite operacional de uma máquina vibro prensa, na figura 6, Fernandes (2012), relaciona a quantidade de água com a resistência obtida em equipamentos distintos a saber: vibro prensa manual, pneumática e hidráulica

Figura 6 – Relação resistência/água no concreto.



Fonte: FERNANDES, 2012.

3.5 Água

Segundo NEVILLE (1997), a qualidade da água tem um papel importante na fabricação do concreto: impurezas contidas na água podem influenciar negativamente a resistência do concreto ou causar manchamento da sua superfície, ou também, resultar na corrosão da armadura.

É fato conhecido por todo profissional da construção civil que a presença de elementos indesejáveis na água na confecção do concreto pode resultar em sérios danos em suas propriedades mecânicas, sobretudo, sua resistência que no caso desse trabalho será tratada especificamente a resistência à compressão.

Os níveis aceitáveis de substâncias presentes na água para concretos e argamassas encontram-se descritos na norma Mercosul NM-37:97, de acordo com o quadro 5.

Quadro 5 – Requisitos químicos para concreto, unidade: 10^{-6} g/cm³.

Requisito	Limites	
Sulfatos Solúveis (expresso como SO ₄ ²⁻)	2000	
Cloretos Solúveis (expresso como – Cl)	Concreto simples	2000
	Concreto Armado	700
	Concreto protendido	500
Sólidos totais	5000	
Potencial de hidrogênio (pH)	5,5	9
Ferro. Expresso como Fe	1 ²	
Açúcar	≤ 5	
Matéria orgânica	≤ 3	

* Esses limites consideram o aporte de sulfatos e cloretos trazidos ao concreto ou à argamassa pela água e também por agregados, aditivos químicos, adições e cimento utilizados na mistura.

² Somente utilizado quando houver restrições estéticas relativas ao possível manchamento do concreto

Fonte: NORMA MERCOSUL – NM-37:97.

3.6 Métodos de dosagens

Este trabalho não tem como objetivo apresentar novos métodos de dosagem e sim utilizar aqueles já consagrados por alguns autores. Todas as informações introduzidas pelos métodos são de grande relevância para a produção de blocos de concreto. No entanto são muitos os parâmetros envolvidos na produção de blocos de concreto e não existe um método completo que as contemple por inteiro.

Fernandes (2012) argumenta que diferentemente do concreto plástico, que tem plasticidade definida, possui uma perfeita correlação da resistência coma relação a/c e com o consumo do cimento, já o concreto seco tipo farofa, não tem, praticamente, métodos seguros de dosagem. Isso se dá pelo fato de uma grande variação na densidade dos blocos provocada pela diferença de desempenho dos equipamentos de produção dos artefatos, o que anula qualquer lógica na definição de desempenho dos materiais.

3.6.1 Método de dosagem adotado pela BESSER COMPANY e *adaptado* por Medeiros

Este método foi desenvolvido por Pfeiffenberger (1985), e adotado pela empresa norte americana Besser Company™, fabricante de máquinas vibroprensas. Pfeiffenberger desenvolveu um manual de dosagem de concreto de uso comum em vários países.

Com as experiências e conhecimentos dos processos produtivos no Brasil, Medeiros (1993) foi quem adaptou o método elaborando um procedimento sistemático mais adequado para as reais condições dos fabricantes nacionais.

Baseado no módulo de finura das misturas (M.F.), como parâmetro importante das misturas de concreto seco, Medeiros (1993) escolheu para o estudo, agregados do tipo areia média e pedrisco, por serem usados comumente nas fábricas de blocos de concreto estrutural.

Com as proporções entre os agregados definidas, deve-se determinar o traço-piloto a ser empregado no próprio equipamento de vibro-compressão em escala real. Essa definição do traço-piloto vai depender do nível de resistência desejada, sendo sugerido pelo método o emprego de valores próximos aos do quadro 6.

Quadro 6 – Traços sugeridos em função da resistência ao Fbk 28 dias para blocos de 14,0 cm x 19,0 cm x 29,0 cm Medeiros (1993).

Resistência à compressão média	4,5 Mpa	6,0 Mpa	8,0 Mpa	9,0 Mpa
Traço seco (cimento:agregados)	1:9 a 1:12	1:8 a 1:10	1:7 a 1:9	1:6 a 1:8

Fonte: CT-10 REVISTA PRISMA n°25.

Curvas granulométricas de referência em função do tipo de bloco a ser produzido Pfeiffenberger (1985):

Gráfico 1 – Percentual retido para uso em bloco de densidade normal

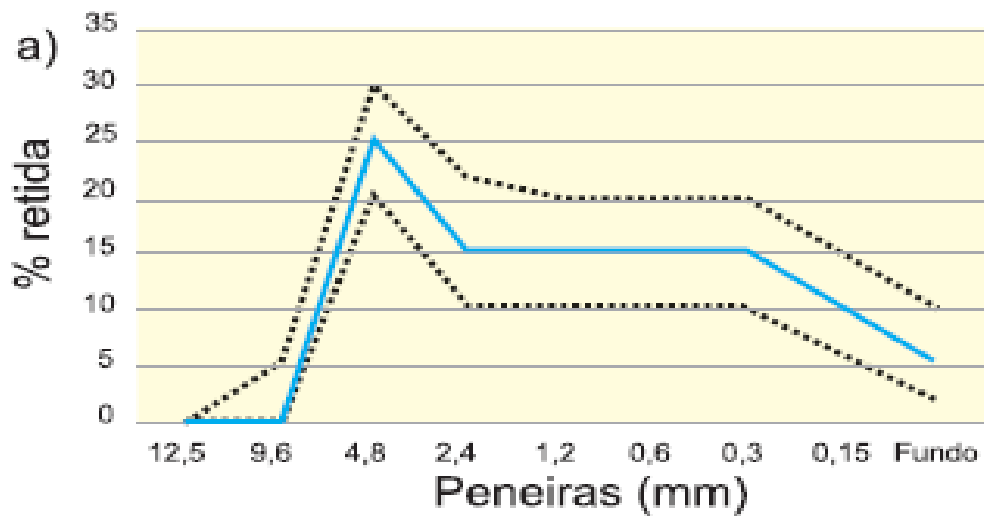


Gráfico 2 – Percentual retido para uso em bloco de densidade leve.

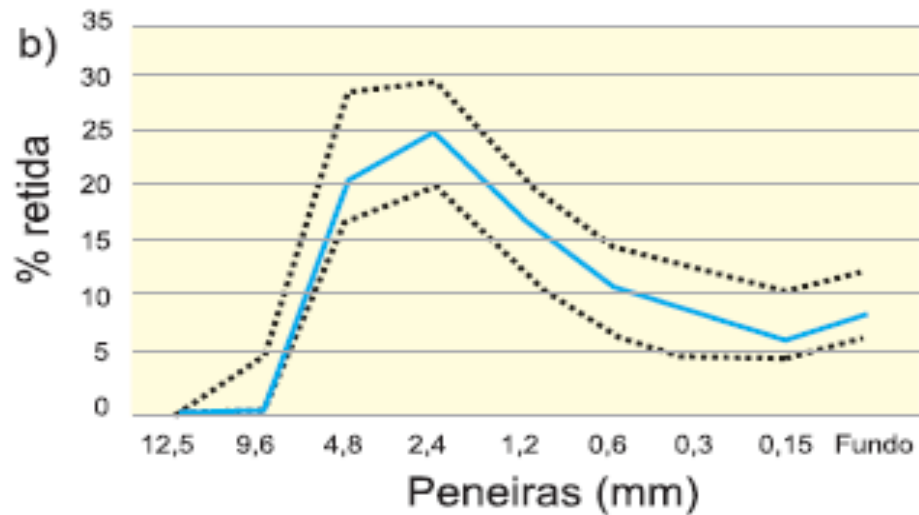
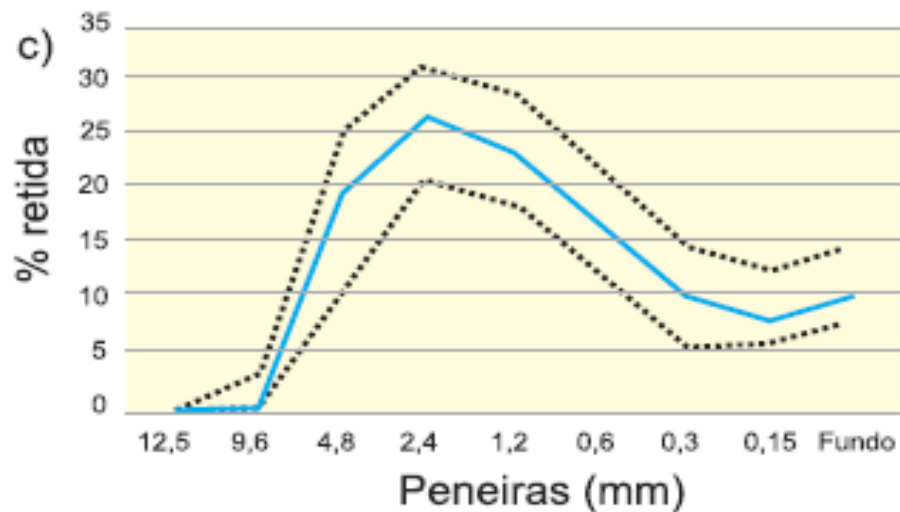


Gráfico 3 – Percentual retido para uso em bloco de densidade leve de textura lisa ou bloco de densidade mediana.



Medeiros (1993) ressalta que os valores apresentados na referida no quadro 6 servem como um primeiro indicativo do traço a ser utilizado como piloto, sendo que essa definição pode sofrer influências de inúmeros fatores, tais como:

O tipo de máquina vibro-prensa, as características dos materiais utilizados (cimento, areia e pedrisco) e o emprego de cura a vapor, entre outros.

Frequentemente ocorrem casos em que a falta de finos deve ser corrigida. O autor sugere para que a proporção final da mistura 40/60 (pedrisco/areia) seja garantida, o módulo de finura deve ficar em torno de 3,60 a 3,75, para isto, deve-se estabelecer as seguintes faixas de (M.F.):

- a) módulo de finura da areia média/grossa: de 3,00 a 3,50;
- b) módulo de finura do pedrisco: de 5,00 a 5,75.

Dessa forma, as areias finas têm sua participação (adição) nas ocasiões em que o módulo de finura da mistura não alcança a faixa citada. Segue abaixo um as equações que devem ser utilizadas para determinar os teores de agregados miúdos e graúdos conforme o método, cujo módulo de finura M.F. do pedrisco e da areia deverão estar entre as faixas de 3,00 a 3,50 para o miúdo e de 5,00 a 5,75 para o graúdo, respectivamente de acordo com informações retiradas do Manual Besser.

$$X = 100 \times \frac{A - B}{A - C} \quad (1) \quad \text{e} \quad Y = 100 - X \quad (2)$$

Onde:

X = porcentagem de agregado fino desejado;

Y = porcentagem de agregado grosso;

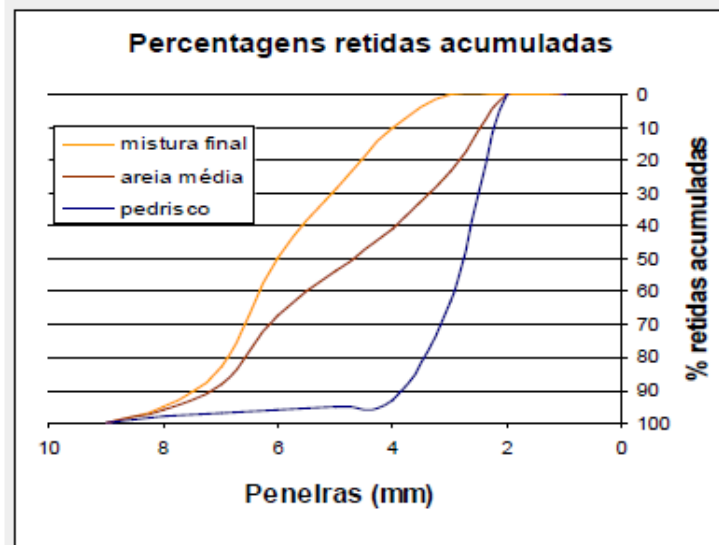
A = M.F. do agregado grosso;

B = M.F. que se busca do agregado combinado (mistura do miúdo com o graúdo);

C = M.F. do agregado fino.

O gráfico 4 abaixo relaciona a mistura final com a areia e o pedrisco.

Gráfico 4 – Granulometria de areia, pedrisco e mistura final encontrada.



Fonte: MEDEIROS, 1993.

3.6.2 Método ABCP- baseado no menor volume de vazios da mistura

Desenvolvido por Ferreira (1995), publicado em forma de boletim técnico na ABCP – Associação Brasileira de Cimento Portland, sob o título: Produção de Blocos de Concreto para Alvenaria Estrutural – Prática recomendada. O método tem como objetivo, determinar o proporcionamento entre areia e pedrisco, de tal forma que, resulte na maior compactidade possível da mistura, resultando então, na maior resistência dos artefatos de concreto. Os procedimentos podem ser vistos a seguir:

a) secar os agregados utilizados via estufa, por $24h \pm 4h$, depois deixar esfriar por completo;

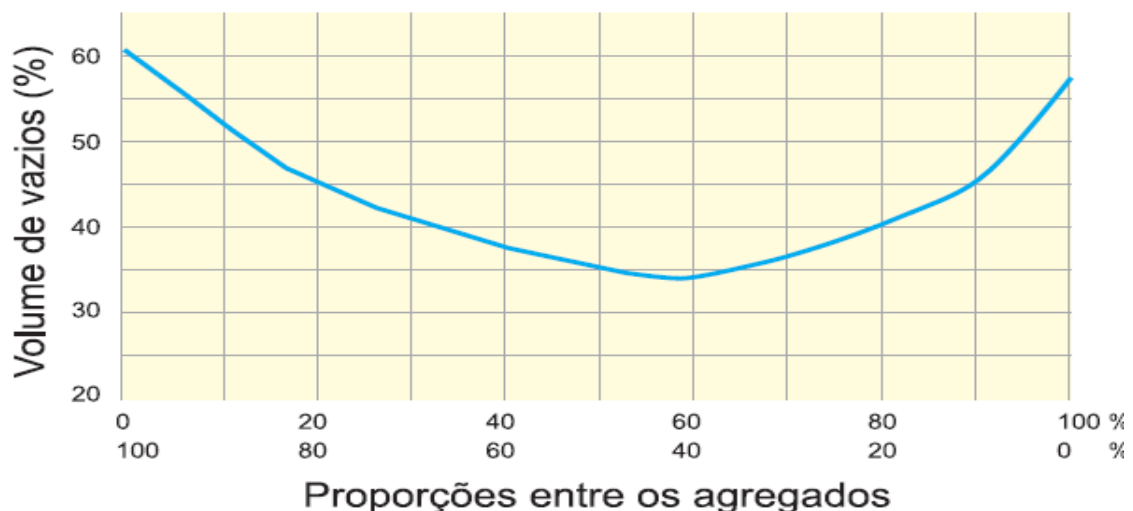
b) o método consiste na comparação da massa seca unitária máxima. Seu enfoque é dado no proporcionamento entre os agregados miúdo e graúdos, de tal forma que se obtenha o menor volume de vazios possíveis. Para tal, prescreve-se que sejam feitas composições entre os agregados em proporções variadas no estado seco, determinando-se as massas unitárias compactadas para cada composição. Os procedimentos podem ser realizados utilizando-se as especificações da NBR NM 45:2006. A mistura que tiver maior massa será a ideal.

c) nos casos de uso de mais de dois agregados, realiza-se o processo do item anterior com os agregados mais graúdos; uma vez determinada a proporção ideal entre eles, realiza-se um segundo ensaio, agora entre a mistura ideal dos dois primeiros com o terceiro agregado mais fino (PIOROTTI, 1989).

Em outra publicação do Boletim Técnico da ABCP, Rodrigues (1995) recomenda que a dosagem seja calculada com o volume de vazios das misturas. A dosagem foi estabelecida especificamente para peças de pavimentação.

Uma vez determinada a melhor proporção entre os agregados, deve-se partir para os testes em escala real no equipamento de vibro-compressão, para a determinação do proporcionamento entre cimento e agregados. Ferreira (1995) recomenda que a proporção entre cimento e agregados encontra-se na casa de 1:6 para os traços empregados nos blocos de maiores resistências à compressão (traços mais ricos) e de 1:10 a 1:15, no caso de traços empregados para blocos com menores resistências. O método ainda prescreve que a quantidade de água a ser adotada seja a máxima possível, até os blocos começarem a perder coesão e/ou aderir as paredes dos moldes, dificultando sua desmoldagem. Para a regulação dos tempos de produção (regulação do equipamento de vibro-compressão), Ferreira (1995) sugere que o tempo ótimo será o mínimo necessário para o proporcionamento de blocos com máxima compactidade (menor volume de vazios). O Método ainda recomenda, para que as misturas sejam utilizadas em proporções diferentes em massa de agregados (20%, 40%, 60% e 80% da areia). O gráfico 5 abaixo indica exemplos de volumes de vazios das misturas.

Gráfico 5 – Exemplo de curva para a determinação da composição entre agregados, menor volume de vazios.



Fonte: CT-10 – REVISTA PRISMA, n°25.

3.6.3 Método IPT/EPUSP adaptado para concretos secos

Neste método tem-se a fixação do teor de uma umidade ótima para o traçado de uma curva de resistência, esta curva é muito semelhante a usado na produção dos concretos plásticos. Há três parâmetros importantes que se correlacionam:

- relação água/cimento;
- massa do bloco;
- resistência dos blocos.

De acordo com Frasson (2000), diferenças de massa nos blocos podem causar grandes variações na resistência, a cada 10% de aumento nas massas de blocos de um mesmo traço, pode-se ter um aumento entre 20 a 60% na resistência à compressão.

A metodologia proposta, porém, não cita como os fatores relacionados aos equipamentos de vibro-compressão que podem influenciar na massa específica final do artefato de concreto.

3.6.4 Método de dosagem do IPT/Epusp

Este método foi proposto por Tango (1994), com base no consagrado método de dosagem do IPT/Epusp (HELENE, TERZIAN, 1993), adaptado, entretanto, para blocos de concreto produzidos em máquinas vibro-prensas. O método de dosagem resume-se, basicamente, aos seis passos descritos a seguir.

1º passo: Ajuste dos agregados

A dimensão máxima característica do agregado graúdo deve ser inferior a 1/2 da menor espessura dos vazados da fôrma, salvo verificação experimental comprovando a viabilidade de outras dimensões.

Quanto ao proporcionamento ideal entre os agregados, o método prevê que o ajuste seja realizado durante a determinação do teor de argamassa, descrito no 4º passo. Este ajuste pode ser definido, ainda, por meio de curvas e faixas granulométricas pré-estabelecidas ou através do ensaio de massa unitária, sendo que, normalmente, os referidos métodos são empregados no momento da escolha dos fornecedores.

Outra particularidade do método, é o desenvolvimento do estudo realizado unicamente na fábrica, gerando à empresa e ao pesquisador, respectivamente custos adicionais e trabalhos onerosos.

2º passo: estabelecimento da resistência média

A resistência média visada ou resistência de dosagem deverá enquadrar-se no seguinte critério:

$$f_{bd,j} = f_{bk,j} + k_{nt} \cdot s$$

onde:

$f_{bd,j}$ = Resistência média visada ou de dosagem à idade de j dias;

$f_{bk,j}$ = Resistência característica requerida à idade de j dias;

k_{nt} = Coeficiente definido no quadro 7;

s = Estimativa do desvio-padrão da produção obtidos através de “n” exemplares em experiências anteriores, com resistência média dos blocos, materiais e processos empregados similares.

Quadro 7 – Valores de k_{nt} em função do número de exemplares (n).

N	<20	20	25	30	50	>200
k_{nt}	*	2,23	2,15	2,06	1,98	1,82

* Adotar ($k_{nt} \cdot s$) conforme tabela 3.6 durante a primeira fase de produção.

Fonte: CT – 10 REVISTA PRISMA, nº 25.

3º passo: estimativa dos teores agregado/cimento (m)

Para a execução dos passos seguintes, é preciso definir, pelo menos, três traços de concreto, um “rico”, um “médio” e um “pobre”, com a preocupação de que a resistência média de dosagem na idade de interesse esteja dentro do campo de variação das resistências obtidas com esses traços.

No quadro 8, são apresentados valores de “m”, como sugestão inicial.

Quadro 8 – Sugestões de faixas de teores de agregados / cimento (m).

Fbd,28 (Mpa)	Mb15	mrico	Médio	mpobre	Relação mínima aliq/Abruta
5.0	12,6	6,6	8,6	10,6	0,50
7.0	13,4	5,6	7,6	9,6	0,50

9.0	14.0	4.6	6,6	8,6	0,50
11.0	14,5	4,1	6,1	8,1	0,50
13.0	15,1	3,5	5,5	7,5	0,50
15.0*	15,6	3.0	5.0	7.0	0,50
17.0*	16,2*	3.0*	5.0*	7.0*	0,56
19.0*	16,8*	3.0*	5.0*	7.0*	0,63
21.0*	17,4*	3.0*	5.0*	7.0*	0,70

Fbd,28 = resistência de dosagem ou resistência média visada aos 28 dias;

Mb15 = massa média esperada para cada bloco M15;

m = Teor de argamassa / cimento;

Aliq = Área líquida da seção transversal do bloco (sem contar os vazios)

Abruta = Área bruta da seção transversal do bloco (incluindo os vazios);

*Indica necessidade provável de aumento na relação Aliq / Abruta ou uso de equipamento de elevada capacidade de compactação.

Fonte: CT – 10 REVISTA PRISMA N° 25

4º passo: Determinação da proporção de argamassa (α) e da umidade ótima (hót).

Empregando-se o traço médio, devem ser confeccionados blocos de concreto, no próprio equipamento, variando-se o teor de argamassa seco (α). O teor de argamassa ideal será aquele que apresentar no estado fresco:

- a) bom aspecto superficial;
- b) massa unitária elevada (máxima massa do bloco possível);
- c) trabalhabilidade:

A quantidade de água de cada mistura experimental deve ser a maior possível, suficiente para que as peças não se esboquem, e não muito elevada, a ponto de dificultar a desforma por aderência da mistura aos moldes ou perda do formato.

Normalmente, a quantidade de água ideal ou umidade ótima (hót) é aquela que permite moldar-se uma pelota de concreto com as mãos, sem que essa se esboque (falta de água) ou suje excessivamente as mãos (excesso de água); esse ponto é comumente chamado de “ponto de pelota”.

5º passo: confecção das misturas experimentais.

De posse dos elementos numéricos necessários, os traços rico, médio e pobre podem ser devidamente confeccionados empregando-se:

- a) teor de argamassa seco ideal (α) definido no 4º passo;

- b) teores de agregado/cimento definidos no 3º passo;
- c) umidade ótima próxima ao valor definido no 4º passo, sendo que, de preferência, deve-se determinar a umidade ideal de cada um dos traços experimentais a serem produzidos. Em todos as misturas, deve-se regular os parâmetros de produção para obter-se blocos com a maior massa possível.

6º passo: traçado e emprego do diagrama de dosagem

Com os resultados de resistência a compressão das peças confeccionadas no passo anterior, pode-se traçar o diagrama de dosagem adaptado (Figura 07) para determinação dos traços desejados em função das resistências características, ou determiná-los, empregando-se o método de mínimos quadrados, através das seguintes expressões genéricas:

Eq. (1)

$$f_{cb} = \frac{k_1}{k_2^x}$$

Eq. (2)

$$= k_3 + k_4 \cdot x$$

Eq. (3)

$$= \frac{1}{(k_5 + k_6 \cdot m)},$$

Eq. (4)

$$c_c = \frac{1}{[k_7 + k_8 \cdot \log(f_{cb})]}$$

Onde:

k1 a k8 = constantes inferidas a partir dos resultados experimentais;

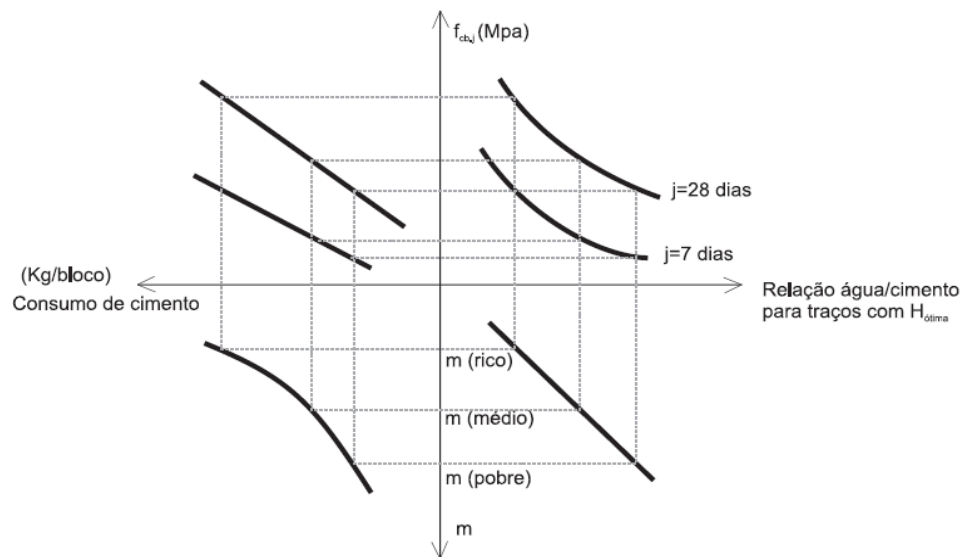
m = relação agregado/cimento;

x = relação água/cimento;

fcb = resistência média dos blocos.

Pode-se calcular ou determinar graficamente através da figura 7, o valor de “m” e de “x”, necessários para a obtenção de qualquer resistência dentro do campo pesquisado, e, a partir do teor de argamassa (α), definir o traço a ser utilizado.

Figura 7 – Diagrama de dosagem IPT adaptado – peças estruturais de concreto.



Fonte: CT – 10 REVISTA PRISMA, nº 25.

3.6.5 Método de dosagem proposto por Fernandes (2012)

O método é simples e baseia-se numa sequência de procedimentos que permitam determinar as quantidades e proporções adequadas de aglomerante e de agregados para a produção de blocos, sendo avaliados por três passos principais:

- a) curva de finos;
- b) curva de umidade;
- c) curva de consumo;

A curva de finos pode ser utilizada quando não se tem a granulometria dos materiais e serve para fazer a otimização dos mesmos, mas o ideal é que se tenha a granulometria para facilitar a obtenção do M.F da mistura e traçar a curva otimizada na faixa granulométrica indicada para a produção de blocos (figura 7). Para montar a curva de finos, deve-se buscar na região, entre os materiais disponíveis, dois ou mais materiais com granulometrias diferentes e que se completem, como por exemplo areia, pó de pedra ou pedrisco, sendo diâmetro máximo ($D_{max.}$) do agregado graúdo para a produção dos blocos, igual a 9,5 mm. Em seguida fazer misturas experimentais

variando a quantidade de agregado graúdo, iniciando com 10% ou 15% e seguida deve-se ir aumentando a proporção até descobrir uma com maior teor de agregado graúdo, cujo acabamento da peça ainda seja satisfatório.

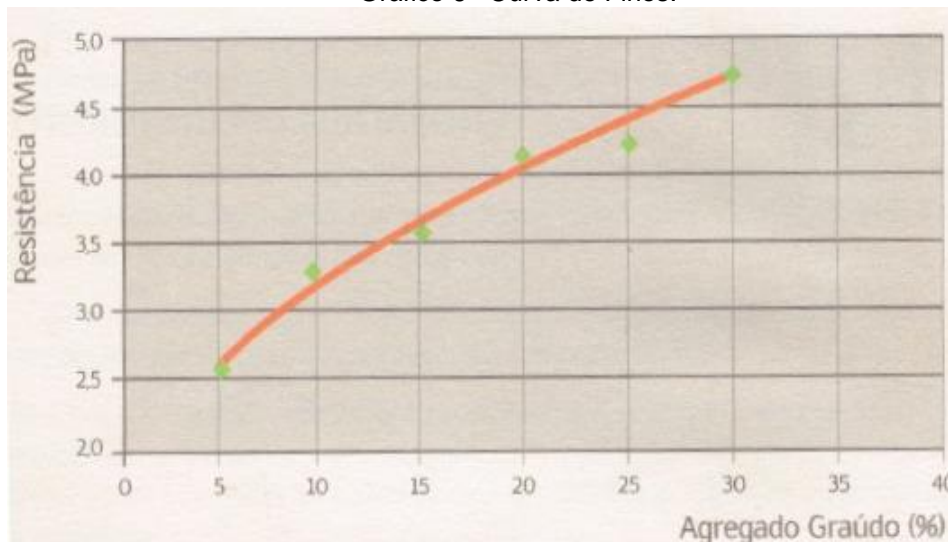
O autor recomenda que o M.F (módulo de finura), de acordo com o quadro 9, da mistura para blocos seja:

Quadro 9 – Módulo de finura recomendado.

Bloco aparente	M.F < 3.0
Bloco até 10 Mpa	M.F < 3,4
Blocos acima de 10 Mpa	3,4 <M.F < 4.0

Fonte: FERNANDES, 2012.

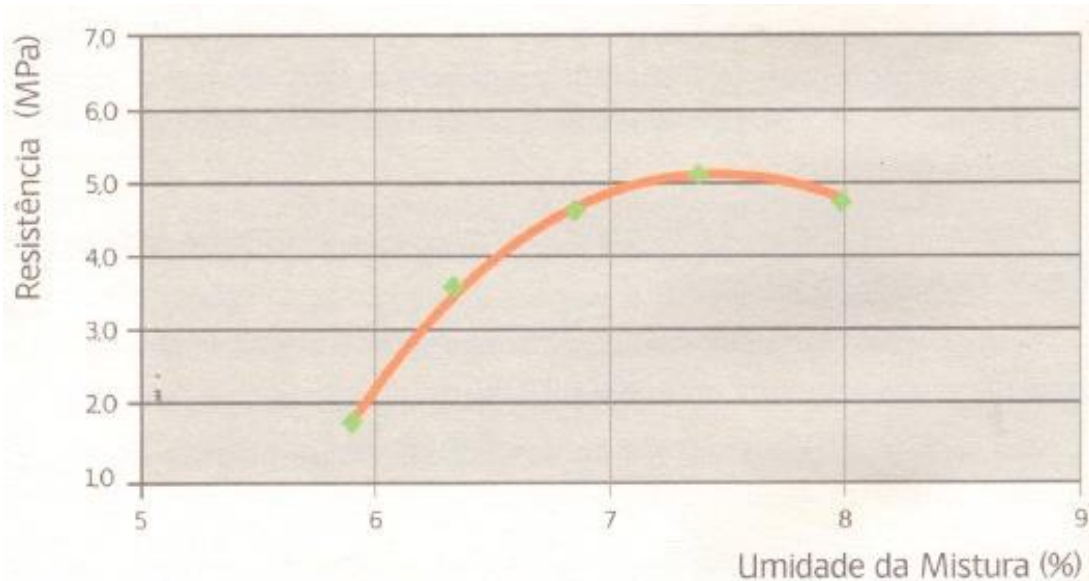
Gráfico 6 –Curva de Finos.



Fonte: FERNANDES, 2012.

A curva de umidade representada no gráfico 7 correlaciona a resistência dos blocos com a água utilizada no traço, para isso deve-se adotar um traço fixo como por exemplo 1:10, em seguida fazer de três a cinco misturas experimentais com quantidades de água variada e controlada sendo, por exemplo, 5%, 6%, 7% e 8% de umidade na mistura, mantendo-se todos os outros parâmetros constantes. Deve-se sempre fazer as correções necessárias em relação ao teor de umidade dos agregados miúdos.

Gráfico 7 – Curva de Umidade.



Fonte: FERNANDES, 2012.

a) a curva de consumo é a proporção ideal entre os agregados e a umidade ótima da mistura, faltando determinar o consumo de cimento que proporcionara a resistência almejada, é importante lembrar que o tipo de equipamento irá influenciar fortemente na definição desta etapa.

b) o ideal para uma curva de consumo para blocos estruturais é que ela possa abranger desde 4 Mpa, até 20,0 Mpa, ou mais.

c) isto significará uma relação cimento: agregados (C:ms) da ordem de 1:20 até 1:4 aproximadamente.

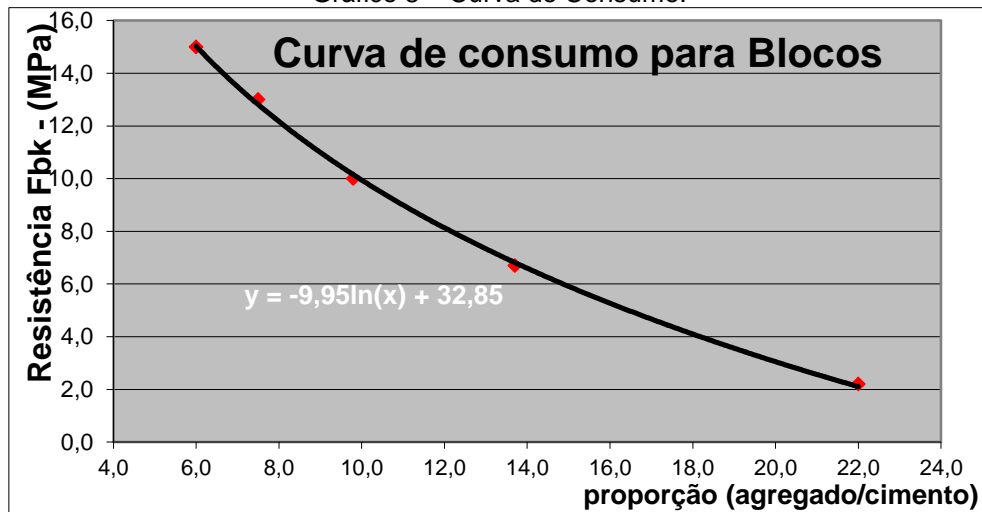
d) já para blocos de vedação esta relação deverá estar entre 1:18 a 1:12.

e) para moldar a curva de consumo comece por resgatar a as proporções definidas na curva de finos.

NOTA: é impossível presumir o traço que vai dar uma resistência de 4 Mpa, porém isto não importa porque não precisa necessariamente de um traço para esta resistência e sim uma faixa que vai variar aproximadamente entre 4,0 e 20,0 Mpa, e de onde deverá ser obtido o traço de acordo com a resistência requerida, ou seja, será necessário testar todos os traços dessa faixa para aferir a resistência.

A sugestão do autor é que se comece a curva com o traço de 1:6 (cimento: agregado) e depois faça também traços de 1:8; 1:11; 1:15; e 1:20.

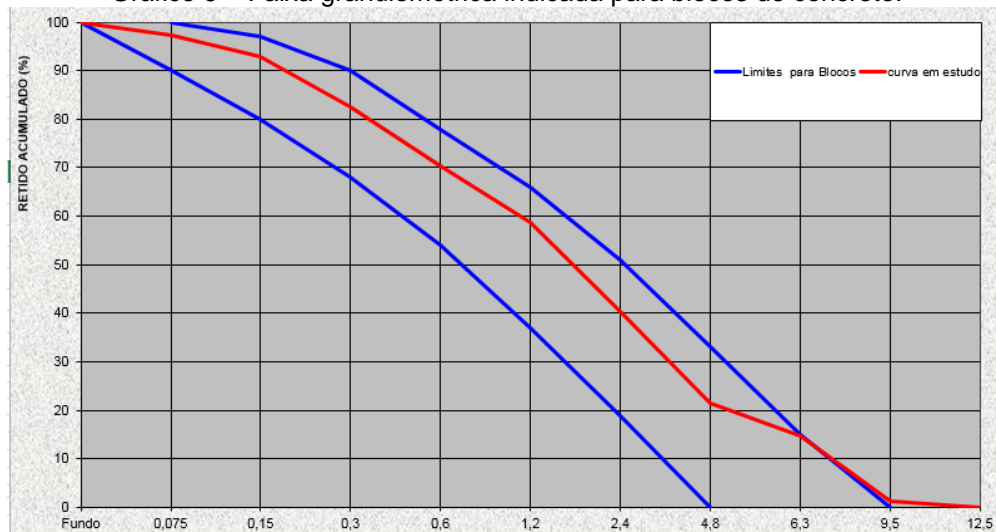
Gráfico 8 – Curva de Consumo.



Fonte: FERNANDES, 2012.

A água a ser adicionada deve ser o suficiente para proporcionar a compactação adequada para a mistura; em geral a umidade final fica em torno de 7% do total de material seco, lembrando que isso dependerá da capacidade do equipamento.

Gráfico 9 – Faixa granulométrica indicada para blocos de concreto.



Fonte: FERNANDES, 2012.

Todos o métodos descritos baseiam-se em elaborar misturas experimentais visando a obtenção da melhor compactidade, da faixa granulométrica ideal e do teor de umidade ótimo. Este trabalho, como já citado anteriormente, não tem como objetivo propor novos métodos nem tentar comparar qual é melhor ou mais eficaz optou-se por utilizar o método proposto por Fenandez devido maior ser de maior domínio pelo aultor na aplicabilidade do mesmo.

4 ESTUDO EXPERIMENTAL – MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo experimental foi desenvolvido a partir da caracterização dos agregados utilizados nas indústrias de produção de artefatos de concreto na cidade de Santarém, visando facilitar a obtenção do M.F (módulo de finura) recomendado por Fernandes (2012). Buscou-se caracterizar as áreas de exploração, sua localização, distância média dos locais de consumo, o tipo de agregado explorado, suas características granulométricas, suas propriedades físicas e químicas, sua comparação com os requisitos das normas brasileiras. O passo seguinte foi a elaboração de traços otimizados e a produção de blocos de concreto, comparando-os através de ensaios de compressão, as resistências obtidas àquelas usualmente conseguidas pelos fabricantes, produzidas por traços empíricos.

Os blocos foram moldados em três empresas situadas na área urbana da cidade de Santarém, denominadas simplesmente de “A”, “B” e “C”. A opção pela produção em três empresas diferentes deveu-se em razão de testar a condição de não linearidade entre características técnicas de equipamentos e processos produtivos em cada uma, o que segundo Fernandes (2012) interfere fortemente no resultado final. Foram moldados, para os ensaios 15 (quinze) blocos para cada traço para cada empresa, sendo 06 (seis) para ensaios de resistência, 03 para análise dimensional, 03 (três) para contra prova e 03 (três) testemunhas. Na Empresa “A”, que produz artefatos de concreto, blocos para pisos intertravados, em uma máquina vibro-prensa pneumática com capacidade de produção de 03 (três) blocos por ciclo, a produção do concreto foi feita em betoneiras comuns, transportado por correias até o alimentador da prensa. Depois de moldados os blocos foram cobertos com lona por 24 horas para a realização da cura, depois de três dias foram transportados para o L.ed – Laboratório de Edificações do IFPA/STM onde foram realizados os ensaios de caracterização sendo: análise dimensional, testes de absorção de umidade, e resistência à compressão, em seguida foram capeados com enxofre e executados os ensaios de verificação de resistência à compressão na prensa SOLOCAP 1000 KN do L.ed – IFPA/STM. Foram produzidos quatro lotes, com um total de 60 (sessenta) blocos, sendo um com um traço de referência utilizado usualmente pelo fabricante, e mais 03 (três) lotes produzidos com traços experimentais para verificação dos requisitos de desempenho, foram produzidos blocos M-15 da família 29.

Foram também produzidos, na empresa “B”, blocos M-15 da família 39, em uma

vibro-prensa hidráulica com capacidade de produção de 04 (quatro) blocos por ciclo, concreto homogeneizado em um misturador com capacidade para 500 kg, transportado por esteira até o silo alimentador da prensa, os blocos foram fabricados no próprio canteiro onde a empresa estava realizando obras de edificações de interesse social.

Foram produzidos 04 (quatro) lotes, com um total de 60 (sessenta) blocos, sendo um para traço de referência utilizado pela empresa e 03 (três) para traços experimentais, objeto deste estudo e para fins de comparação e verificação dos requisitos de desempenho.

A terceira, empresa “C” é uma concreteira que está investindo na produção de blocos, a empresa tem equipamentos similares, inclusive do mesmo fabricante, da empresa “B”, ali foram produzidos 05 (cinco) lotes, perfazendo um total de 75 (setenta e cinco) blocos, sendo um para traço de referência utilizado pela empresa e três para traços teóricos objeto deste estudo e para fins de comparação e verificação dos requisitos de desempenho

4.1 Materiais utilizados nos traços otimizados

Na composição do traço do concreto seco para a produção dos blocos de concreto utilizou-se cimento *Portland* composto adicionado de pozolana, resistência de 32 Mpa aos 28 dias (CP II Z-32), caracterizado no quadro 10, esse tipo de cimento foi utilizado em todos os traços devido ser o único disponível no mercado na cidade. Os agregados miúdos e pedrisco extraídos na região de Santarém, pó de pedra e agregados graúdos provenientes da cidade de Monte Alegre na região do Baixo-Amazonas.

Quadro 10 – Características do aglomerante.

Tipo de ensaios	Cimento <i>Portland</i> (CP II –Z – 32)
Finura – peneira 75 µm	3,3%
Finura – peneira 150 µm	13,3%
Massa específica real (g/cm ³)	3,04 g/cm ³
Massa unitária (g/cm ³)	1,29
Área específica	371 m ² /kg
Água na pasta de consistência normal	29,9%
Tempo de início de pega	190 mim
Tempo de fim de pega	255 mim
Expansibilidade de Lê Chatelier a quente	0,5 mm
Resistência à compressão (1 dia)	15,9 Mpa

Resistência à compressão (3 dia)	24,0 Mpa
Resistência à compressão (7 dia)	27,8 Mpa
Resistência à compressão (28 dia)	34,5 Mpa

Fonte: NASSAU, 2014.

4.1.1 Propriedades físicas

De acordo com Cohen, citado por Padilha (1997) e por Andrade (2010), os materiais são substâncias com propriedades que os tornam úteis na engenharia, tendo uma aplicação direta na construção de máquinas, estruturas, dispositivos e produtos.

Massa específica – A massa específica tem uma grande importância em várias aplicações na engenharia. Segundo Van Vlack (1970) citado por Andrade (2010), essa propriedade tem uma influência significativa do núcleo do átomo, da sua estrutura química, da organização molecular e da eficiência do empacotamento.

A massa específica de um material é representada pela equação abaixo, expressa em kg/m³, contudo podendo ser expressa também em g/cm³ ou kg/dm³.

$$\mu = m / v$$

onde:

μ = massa específica;

m = massa;

v = volume.

Para a determinação da massa específica dos agregados foram utilizados os procedimentos recomendados na NBR-NM 52. O resultado adotado foi a média de três determinações.

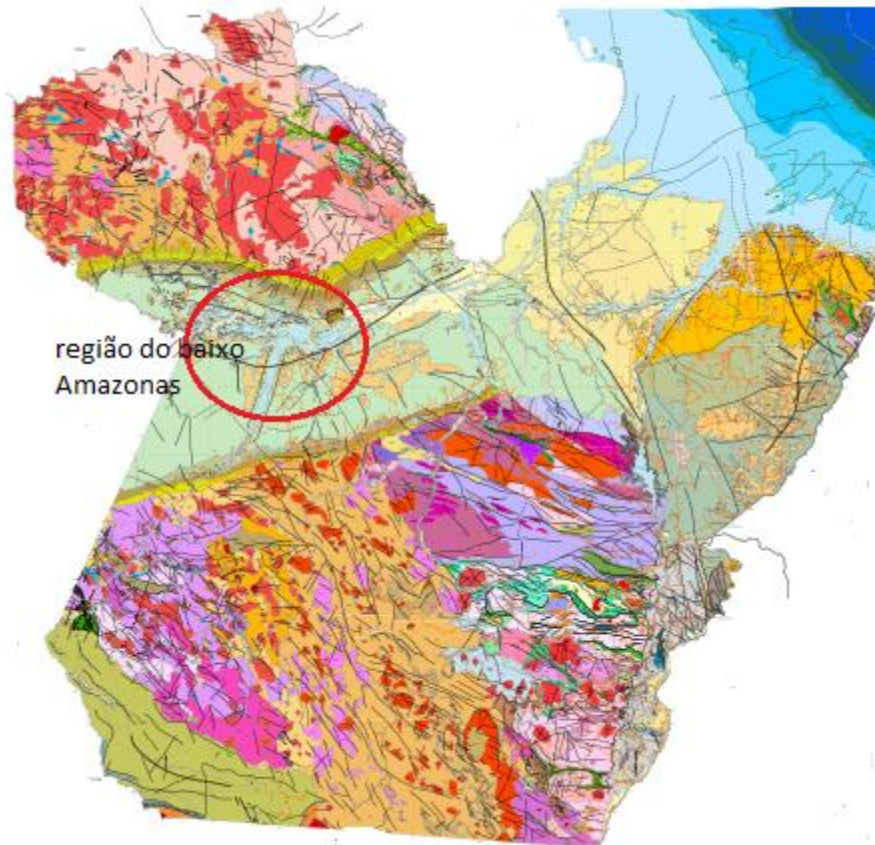
Massa Unitária – Determinou-se a massa unitária através do procedimento descrito na NBR-NM 53. O resultado adotado foi a média de três determinações.

Para a determinação da composição granulométrica do agregado miúdo – areia fina – foi utilizada a NBR 7211/2009, onde se utilizou da série normal de peneiras com amostra seca em estufa à temperatura de 105 °C ± 5, depois de retirada da estufa esfriada até o equilíbrio com a temperatura ambiente. Na sequência determinou-se o módulo de finura, dimensão máxima característica e volume de vazios da areia.

4.1.2 Caracterização mineral das áreas exploradas na região do Baixo Amazonas

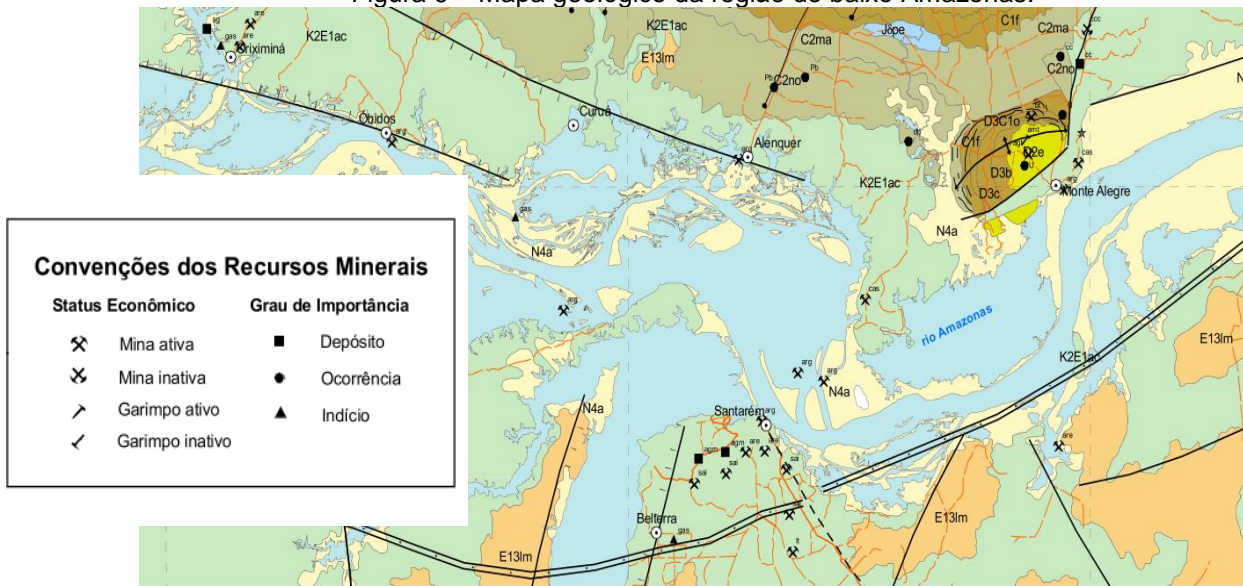
Todas as amostras de agregadas, coletados nas diversas fontes de exploração, serão apresentados por local, georreferenciamento através de coordenadas UTM – Universal Transversa Mercator, distância média até o centro da cidade de Santarém, contendo as características especificadas nos parágrafos anteriores. A localização das fontes de exploração dos agregados utilizados encontra-se no apêndice. Nas figuras 17 e 18 são apresentadas uma visão geral do estado do Pará e em destaque a região do baixo Amazonas onde foi desenvolvida esta pesquisa.

Figura 8 – Mapa geológico do Estado do Pará –visão geral.



Fonte: DNPM.

Figura 9 – Mapa geológico da região do baixo Amazonas.



Fonte: DNPM.

4.2 Caracterizações dos agregados

Nas tabelas abaixo estão explicitados os valores dos ensaios realizados na caracterização dos agregados, e a comparação com os limites máximos e mínimos previsto pelas normas de referência, obtidos na cidade de Santarém e da região do baixo Amazonas.

Tabela 1 – Características do agregado Graúdo-Seixo-Parião / M.A.

Origem do Agregado: Monte alegre

AMOSTRA: Granulometria Agregado graúdo. SEIXO ROLADO								
Peneiras (mm)	Pesos (g)	Porcentagens		Cálculo M.F	Limites da ABNT-NBR 7211 (% - PORCENTAGENS ACUMULADAS)			
		% Retido	% Acumulado		Graduação 0	Graduação 1	Graduação 2	Graduação 3
25	0,00	0,00	0,00	0,00	--	0	0 - 25	87 - 100
19	36,00	1,80	1,80	1,80	--	0 - 10	75 - 100	95 - 100
12,5	685,32	34,27	36,07	////////	0	--	90 - 100	--
9,5	877,32	43,87	79,93	79,93	0 - 10	80 - 100	95 - 100	--
6,3	360,00	18,00	97,93	////////	--	92 - 100	--	--
4,8	33,32	1,67	99,60	99,60	80 - 100	95 - 100	--	--
2,4	0,00	0,00	99,60	99,60	95 - 100	--	--	--
Fundo	8,00	0,40	100,00	100	--	--	--	--
Totais	1999,96	100,00	////////		////////	////////	////////	////////
Classificação		seixo 1		DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:				19 mm
NBR NM 53 // DNER-ME 195/97	NBR - 7251	NBR-7218	NBR-7220	NBR-7220	DNER-ME 195/97			
Massa Especifica Real	Massa Unitária	Torroes de Argila	Material Pulverulento	Absorção	Abrasão Los Angeles			
(Kg/dm ³)	(kg/dm ³)	(%)	(%)	(%)	(%)			
2,61	1,63	-----	0,40	-----	37,32	-----	-----	-----
LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS NAS ESPECIFICAÇÕES DA ABNT - NBR - 7211								
2,55 a 2,65	1,40 a 1,65	≤ 3%	≤ 1%	≤ 1%	≤ 50%			

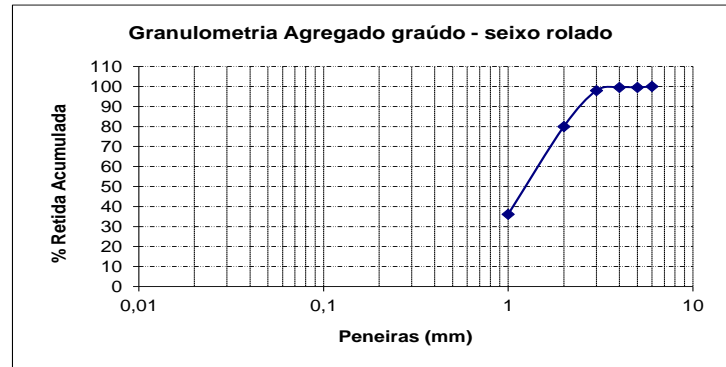


Tabela 2 – Características do agregado Graúdo-Brita – Mulata/M.A.

AMOSTRA: Granulometria Agregado graúdo. Pedra britada								
Peneiras (mm)	Pesos (g)	Porcentagens		Cálculo M.F	Limites da ABNT-NBR 7211 (% - PORCENTAGENS ACUMULADAS)			
		% Retido	% Acumulado		Graduação 0	Graduação 1	Graduação 2	Graduação 3
50	0,00	0	0	////////	--	--	--	0
37	0,00	0	0	0	--	--	--	0 - 30
32	0,00	0,00	0,00	////////	--	--	0	75 - 100
25	0,00	0,00	0,00	////////	--	0	0 - 25	87 - 100
19	0,00	0,00	0,00	0,00	--	0 - 10	75 - 100	95 - 100
12,5	1,33	0,07	0,07	////////	0	--	90 - 100	--
9,5	10,67	0,53	0,60	0,60	0 - 10	80 - 100	95 - 100	--
6,3	431,33	21,60	22,20	22,20	--	92 - 100	--	--
4,8	474,67	23,77	45,98	45,98	80 - 100	95 - 100	--	--
2,4	926,00	46,38	92,35	92,35	95 - 100	--	--	--
1,2	80,67	4,04	96,39	96,39				
600	22,00	1,10	97,50	97,50				
300	10,67	0,53	98,03	98,03				
150	8,00	0,40	98,43	98,43				
75	19,33	0,97	99,40	////////				
Fundo	12,00	0,60	100,00	100	--	--	--	--
Totais	1996,67	100,00	100,00	////////	////////	////////	////////	////////
Graduação		Brita 0		5,29	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:			9,5
NBR-6458 // DNER-ME 195/97	NBR - 7251	NBR-7218			NBR-7220	DNER-ME 195/97	NBR - 6465	
Massa Específica Real (Kg/dm³)	Massa Unitária (kg/dm³)	Torroes de Argila (%)	Material Pulverulento (%)		Absorção (%)	Abrasão Los Angeles (%)		
2,66	1,41							
LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS NAS ESPECIFICAÇÕES DA ABNT - NBR - 7211								
2,55 a 2,65	1,40 a 1,65	≤ 3%			≤ 5%	≤ 0,3 a 2,0	≤ 50%	



Tabela 3 – Características do agregado miúdo – pó de Brita – Mulata/M.A
Ensaio de caracterização granulométrica

Origem do Agregado: Mulata Monte Alegre

AMOSTRA: Granulometria Agregado Miúdo - Pó de brita							
Peneiras (mm)	Pesos (g)	Porcentagens		Limites da ABNT-NBR 7211 (PORCENTAGENS ACUMULADAS)			
		% Retido	% Acumulado	MUITO FINA	FINA	MÉDIA	GROSSA
6,3	0,00	0	0	0 - 3	0 - 7	0 - 7	0 - 7
4,8	2,67	0,27	1,40	0 - 5	0 - 10	0 - 11	0 - 12
2,4	126,67	12,67	14,07	0 - 5	0 - 15	0 - 25	0 - 40
1,2	317,33	31,73	45,80	0 - 10	0 - 25	10 - 45	30 - 70
0,6	225,33	22,53	68,33	0 - 20	21 - 40	41 - 65	66 - 85
0,3	122,67	12,27	80,60	50 - 85	60 - 68	70 - 92	80 - 95
0,15	80	8,00	88,60	85 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100
0,075	102	10,20	98,80	////////	////////	////////	////////
Fundo	23,33	2,33	101	100	100	100	100
Totais	1000,00	100,00	////////	////////	////////	////////	////////
MÓDULO DE FINURA:			2,99	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:			4,8 mm
NBR-6458 // DNER-ME 195/97	NBR - 7251	NBR-7218	NBR-7220	DNER-ME 195/97	NBR - 6465		
Massa Específica Real	Massa Unitária	Torroes de Argila	Material Pulverulento	Absorção	Abrasão Los Angeles	índice de vazios	
(Kg/dm ³)	(kg/dm ³)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
2,6	1,44	--	2,33	--	--	55,4	
LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS NAS ESPECIFICAÇÕES DA ABNT - NBR - 7211							
2,55 a 2,65		1,40 a 1,65		≤ 3%	≤ 5%	≤ 0,3 a 2,0	
						≤ 50%	

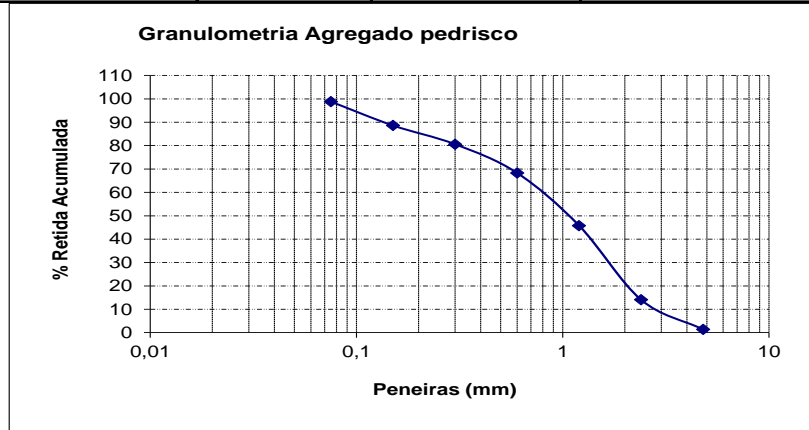


Tabela 4 – Características do agregado – Areia lavada – Santana do Tapará/M.A.

AMOSTRA: Granulometria Agregado Miúdo - Areia Santana/M.A							
Peneiras (mm)	Pesos (g)	Porcentagens		Limites da ABNT-NBR 7211 (PORCENTAGENS ACUMULADAS)			
		% Retido	% Acumulado	MUITO FINA	FINA	MÉDIA	GROSSA
9,5	0,00	0	0	0	0	0	0
6,3	0,00	0	0	0 - 3	0 - 7	0 - 7	0 - 7
4,8	14	1,40	1,40	0 - 5	0 - 10	0 - 11	0 - 12
2,4	53	5,30	6,70	0 - 5	0 - 15	0 - 25	0 - 40
1,2	113	11,30	18,00	0 - 10	0 - 25	10 - 45	30 - 70
0,6	222	22,20	40,20	0 - 20	21 - 40	41 - 65	66 - 85
0,3	372	37,20	77,40	50 - 85	60 - 68	70 - 92	80 - 95
0,15	20	2,00	79,40	85 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100
0,075	204	20,40	99,80	///////	///////	///////	///////
Fundo	1,98	0,20	100	100	100	100	100
Totais	999,98	100,00	///////	///////	///////	///////	///////
MÓDULO DE FINURA:			2,23	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA: 4,8 mm			
NBR-6458 // DNER-ME 195/97	NBR - 7251	NBR-7218	NBR-7220	DNER-ME 195/97	NBR - 6465		
Massa Específica Real	Massa Unitária	Torroes de Argila	Material Pulverulento	Absorção	Abrasão Los Angeles	índice de vazios	
(Kg/dm ³)	(kg/dm ³)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
2,59	1,50	--	0,20	--	--	57,9	
LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS NAS ESPECIFICAÇÕES DA ABNT - NBR - 7211							
2,55 a 2,65	1,40 a 1,65	≤ 3%	≤ 5%	≤ 0,3 a 2,0	≤ 50%		

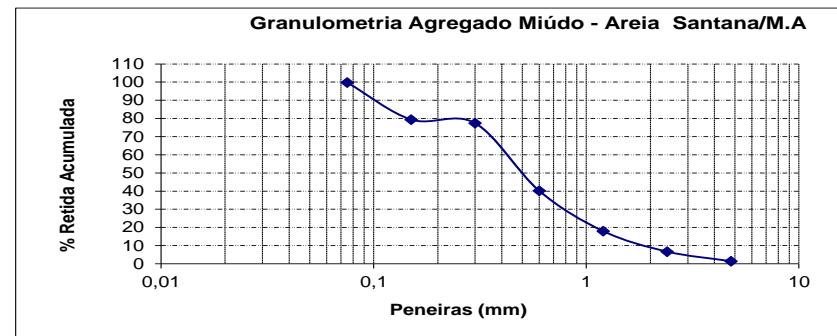


Tabela 5 – Características, Agregado miúdo – Areia natural Oriximiná.
Ensaio de caracterização granulométrica

Interessado: Consutec - Óbidos

Origem do Agregado: Oriximiná

Fornecedor: Material fornecido pelo interessado

07/03/2014

AMOSTRA: Granulometria Agregado Miúdo - Areia Natural							
Peneiras (mm)	Pesos (g)	Porcentagens		Limites da ABNT-NBR 7211 (PORCENTAGENS ACUMULADAS)			
		% Retido	% Acumulado	MUITO FINA	FINA	MÉDIA	GROSSA
9,5	0,00	0	0	0	0	0	0
6,3	0,00	0	0	0 - 3	0 - 7	0 - 7	0 - 7
4,8	0	0,00	0,00	0 - 5	0 - 10	0 - 11	0 - 12
2,4	15,00	1,51	1,51	0 - 5	0 - 15	0 - 25	0 - 40
1,2	123,00	12,35	13,86	0 - 10	0 - 25	10 - 45	30 - 70
0,6	259,00	26,00	39,86	0 - 20	21 - 40	41 - 65	66 - 85
0,3	302,00	30,32	70,18	50 - 85	60 - 68	70 - 92	80 - 95
0,15	200,00	20,08	90,26	85 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100
0,075	75,00	7,53	97,79	///////	///////	///////	///////
Fundo	22,00	2,21	100	100	100	100	100
Totais	996,00	100,00	///////	///////	///////	///////	///////
MÓDULO DE FINURA:			2,16	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:			2,4 mm
NBR-6458 // DNER-ME 195/97	NBR - 7251	NBR-7218	NBR-7220	DNER-ME 195/97	NBR - 6465	umidade - NBR-	
Massa Específica Real	Massa Unitária	Torres de Argila	Material Pulverulento	Absorção	Abrasão Los Angeles		
(Kg/dm³)	(kg/dm³)	(%)	(%)	(%)	(%)		
2,63	1,57	--	2,21	--	--		
LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS NAS ESPECIFICAÇÕES DA ABNT - NBR - 7211							
2,55 a 2,65	1,40 a 1,65	≤ 3%	≤ 5%	≤ 0,3 a 2,0	≤ 5		

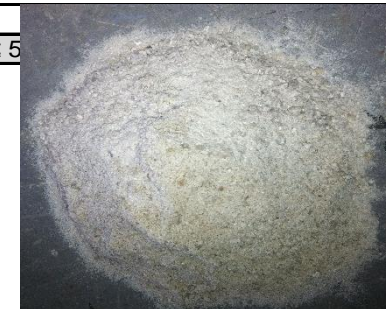
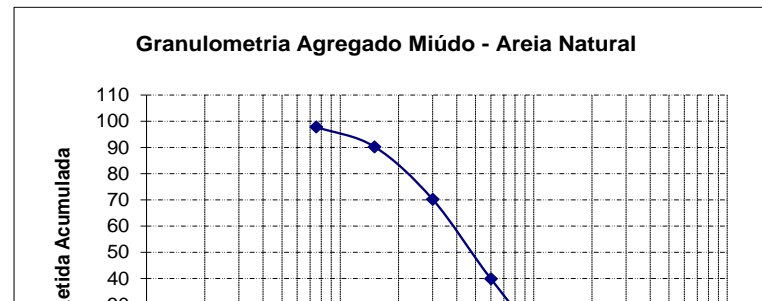


Tabela 6 – Características do agregado – Areia Branca – Barranco do Junval / STM. I

AMOSTRA: Granulometria Agregado Miúdo - Areia Branca								
Peneiras (mm)	Pesos (g)	Porcentagens		Limites da ABNT-NBR 7211 (PORCENTAGENS ACUMULADAS)				
		% Retido	% Acumulado	MUITO FINA	FINA	MÉDIA	GROSSA	
9,5	0	0	0	0	0	0	0	
6,3	0	0	0	0 - 3	0 - 7	0 - 7	0 - 7	
4,8	6,67	0,67	0,40	0 - 5	0 - 10	0 - 11	0 - 12	
2,4	22,67	2,27	2,67	0 - 5	0 - 15	0 - 25	0 - 40	
1,2	54,67	5,47	8,13	0 - 10	0 - 25	10 - 45	30 - 70	
0,6	174,00	17,40	25,53	0 - 20	21 - 40	41 - 65	66 - 85	
0,3	530,67	53,07	78,60	50 - 85	60 - 68	70 - 92	80 - 95	
0,15	185,33	18,53	97,13	85 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100	
0,075	24,67	2,47	99,60	////////	////////	////////	////////	
Fundo	1,33	0,13	100	100	100	100	100	
Totais	1000,00	100,00	////////	////////	////////	////////	////////	
MÓDULO DE FINURA:			2,12	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:				2,4 mm
NBR-6458 // DNER-ME 195/97	NBR - 7251	NBR-7218		NBR-7220	DNER-ME 195/97	NBR - 6465		
Massa Específica Real	Massa Unitária	Torroes de Argila		Material Pulverulento	Absorção	Abrasão Los Angeles		
(Kg/dm ³)	(kg/dm ³)	(%)		(%)	(%)	(%)		
2,56	1,48			0,13				
LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS NAS ESPECIFICAÇÕES DA ABNT - NBR - 7211								
2,55 a 2,65		1,40 a 1,65		≤ 3%	≤ 5%	≤ 0,3 a 2,0	≤ 50%	

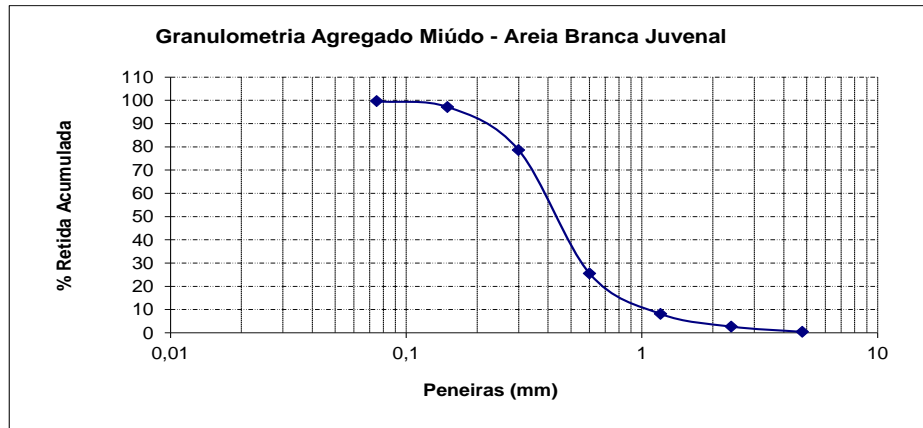


Tabela 7 – Características do agregado – Areia vermelha/STM.

Ensaio de caracterização granulométrica

Origem do Agregado: Serra Amparo/STM Cor: Avermelhada

Distancia do Centro:

AMOSTRA: Granulometria Agregado Miúdo - Areia Vermelha

Peneiras (mm)	Pesos (g)	Porcentagens		Limites da ABNT-NBR 7211 (PORCENTAGENS ACUMULADAS)				
		% Retido	% Acumulado	MUITO FINA	FINA	MÉDIA	GROSSA	
9,5	0,00	0	0	0	0	0	0	
6,3	0,00	0	0	0 - 3	0 - 7	0 - 7	0 - 7	
4,8	7	0,70	0,00	0 - 5	0 - 10	0 - 11	0 - 12	
2,4	29	2,90	2,90	0 - 5	0 - 15	0 - 25	0 - 40	
1,2	206	20,60	23,50	0 - 10	0 - 25	10 - 45	30 - 70	
0,6	546	54,60	78,10	0 - 20	21 - 40	41 - 65	66 - 85	
0,3	122	12,20	90,30	50 - 85	60 - 68	70 - 92	80 - 95	
0,15	81	8,10	98,40	85 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100	
0,075	0	0,00	98,40	///////	///////	///////	///////	
Fundo	9,00	0,90	99	100	100	100	100	
Totais	1000,00	100,00	///////	///////	///////	///////	///////	
MÓDULO DE FINURA:			2,93	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:				2,4 mm
NBR-6458 // DNER-ME 195/97	NBR - 7251	NBR-7218	NBR-7220	DNER-ME 195/97	NBR - 6465	índice de vazios		
Massa Especifica Real (Kg/dm ³)	Massa Unitária (kg/dm ³)	Torroes de Argila (%)	Material Pulverulento (%)	Absorção (%)	Abrasão Los Angeles (%)			
2,62	1,51	--	0,90	--	--	57,6		
LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS NAS ESPECIFICAÇÕES DA ABNT - NBR - 7211								
2,55 a 2,65	1,40 a 1,65	≤ 3%	≤ 5%	≤ 0,3 a 2,0	≤ 50%			

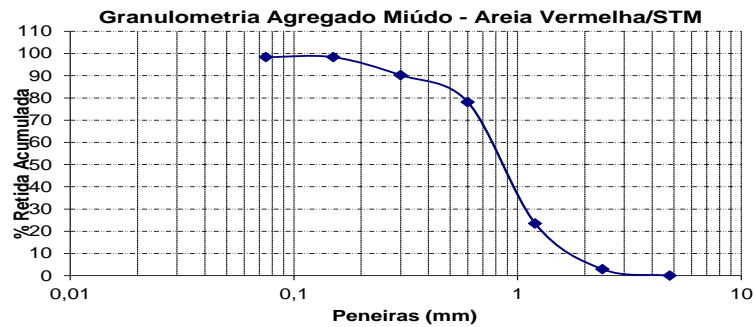


Tabela 8 – Características do agregado – Areia Leito do rio Amazonas/STM.

AMOSTRA: Granulometria Agregado Miúdo - Areia Leito do Rio Amazonas							
Peneiras (mm)	Pesos (g)	Porcentagens		Limites da ABNT-NBR 7211 (PORCENTAGENS ACUMULADAS)			
		% Retido	% Acumulado	MUITO FINA	FINA	MÉDIA	GROSSA
9,5	0,00	0	0	0	0	0	0
6,3	0,00	0	0	0 - 3	0 - 7	0 - 7	0 - 7
4,8	0	0,00	0,00	0 - 5	0 - 10	0 - 11	0 - 12
2,4	0	0,00	0,00	0 - 5	0 - 15	0 - 25	0 - 40
1,2	0	0,00	0,00	0 - 10	0 - 25	10 - 45	30 - 70
0,6	0	0,00	0,00	0 - 20	21 - 40	41 - 65	66 - 85
0,3	0	0,00	0,00	50 - 85	60 - 68	70 - 92	80 - 95
0,15	852,00	85,20	85,20	85 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100
0,075	143,00	14,30	99,50	//////////	//////////	//////////	//////////
Fundo	5,00	0,50	100	100	100	100	100
Totais	1000,00	100,00	//////////	//////////	//////////	//////////	//////////
MÓDULO DE FINURA:			0,85	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:			
NBR-6458 // DNER-ME 195/97	NBR - 7251	NBR-7218	NBR-7220	DNER-ME 195/97	NBR - 6465		
Massa Específica Real (Kg/dm ³)	Massa Unitária (kg/dm ³)	Torroes de Argila (%)	Material Pulverulento (%)	Absorção (%)	Abrasão Los Angeles (%)	índice de vazios (%)	
2,64	1,36	--	0,50	--	--	51,5	
LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS NAS ESPECIFICAÇÕES DA ABNT - NBR - 7211							
2,55 a 2,65	1,40 a 1,65	≤ 3%	≤ 5%	≤ 0,3 a 2,0	≤ 50%		

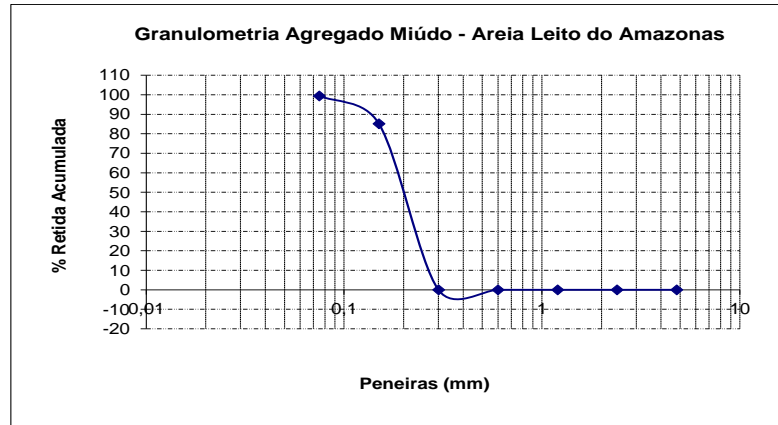


Tabela 9 – Características do agregado – Barranco do Freitas / STM.

AMOSTRA: Granulometria Agregado Miúdo - Areia barranco Freitas							
Peneiras (mm)	Pesos (g)	Porcentagens		Limites da ABNT-NBR 7211 (PORCENTAGENS ACUMULADAS)			
		% Retido	% Acumulado	MUITO FINA	FINA	MÉDIA	GROSSA
9,5	0	0	0	0	0	0	0
6,3	0	0	0	0 - 3	0 - 7	0 - 7	0 - 7
4,8	2,20	0,22	0,40	0 - 5	0 - 10	0 - 11	0 - 12
2,4	20,40	2,04	2,44	0 - 5	0 - 15	0 - 25	0 - 40
1,2	256,20	25,63	28,07	0 - 10	0 - 25	10 - 45	30 - 70
0,6	494,00	49,41	77,48	0 - 20	21 - 40	41 - 65	66 - 85
0,3	99,80	9,98	87,46	50 - 85	60 - 68	70 - 92	80 - 95
0,15	96,40	9,64	97,10	85 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100
0,075	25,00	2,50	99,60	////////	////////	////////	////////
Fundo	5,80	0,58	100	100	100	100	100
Totais	999,80	100,00	////////	////////	////////	////////	////////
MÓDULO DE FINURA:			2,93	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:			2,4 mm
NBR-6458 // DNER-ME 195/97	NBR - 7251	NBR-7218	NBR-7220	DNER-ME 195/97	NBR - 6465		
Massa Específica Real	Massa Unitária	Torres de Argila	Material Pulverulento	Absorção	Abrasão Los Angeles	Teor de Vazios	
(Kg/dm ³)	(kg/dm ³)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
2,59	1,67		0,58			64,48	
LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS NAS ESPECIFICAÇÕES DA ABNT - NBR - 7211							
2,55 a 2,65		1,40 a 1,65	≤ 3%	≤ 5%	≤ 0,3 a 2,0	≤ 50%	

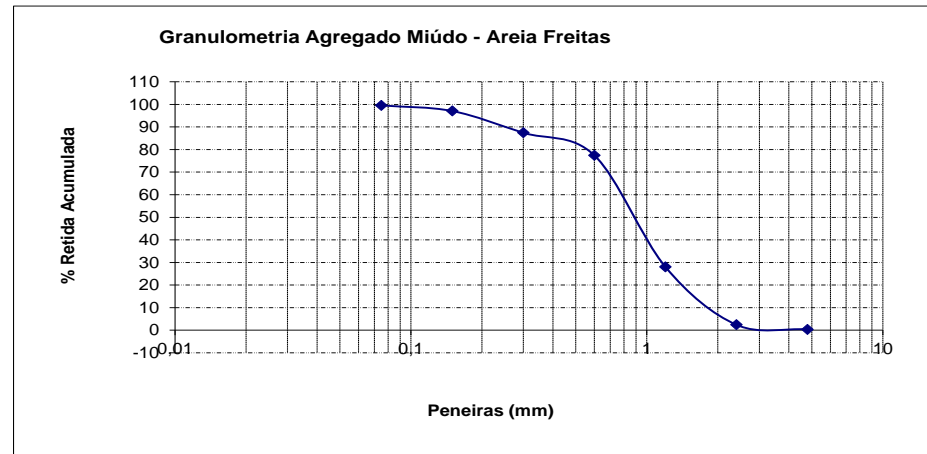


Tabela 10 – Características do agregado Areia– Barranco de Ponte Alta/STM.

AMOSTRA: Granulometria Agregado Miúdo - Areia Branca Ponte Alta								
Peneiras (mm)	Pesos (g)	Porcentagens		Limites da ABNT-NBR 7211 (PORCENTAGENS ACUMULADAS)				
		% Retido	% Acumulado	MUITO FINA	FINA	MÉDIA	GROSSA	
9,5	0,00	0	0	0	0	0	0	
6,3	0,00	0	0	0 - 3	0 - 7	0 - 7	0 - 7	
4,8	2	0,20	0,00	0 - 5	0 - 10	0 - 11	0 - 12	
2,4	4	0,40	0,40	0 - 5	0 - 15	0 - 25	0 - 40	
1,2	19	1,90	2,30	0 - 10	0 - 25	10 - 45	30 - 70	
0,6	82	8,20	10,50	0 - 20	21 - 40	41 - 65	66 - 85	
0,3	613	61,30	71,80	50 - 85	60 - 68	70 - 92	80 - 95	
0,15	268	26,80	98,60	85 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100	
0,075	11	1,10	99,70	////////	////////	////////	////////	
Fundo	1,00	0,10	100	100	100	100	100	
Totais	1000,00	100,00	////////	////////	////////	////////	////////	
MÓDULO DE FINURA:			1,84	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:				1,2 mm
NBR-6458 // DNER-ME 195/97	NBR - 7251	NBR-7218	NBR-7220	DNER-ME 195/97	NBR - 6465	índice de vazios		
Massa Específica Real	Massa Unitária	Torres de Argila	Material Pulverulento	Absorção	Abrasão Los Angeles			
(Kg/dm ³)	(kg/dm ³)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)		
2,59	1,50	--	0,10	--	--	57,9		
LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS NAS ESPECIFICAÇÕES DA ABNT - NBR - 7211								
2,55 a 2,65	1,40 a 1,65	≤ 3%	≤ 5%	≤ 0,3 a 2,0	≤ 50%			

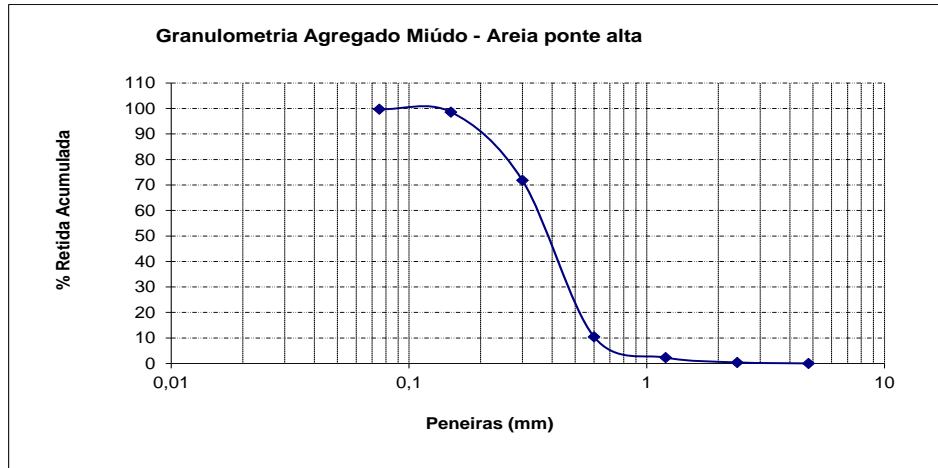


Tabela 11 – Características do agregado pedrisco “quebradinho” – Barranco de Ponte Alta/STM.

AMOSTRA: Granulometria Agregado Miúdo - (quebradinho) Ponte Alta							
Peneiras (mm)	Pesos (g)	Porcentagens		Limites da ABNT-NBR 7211 (PORCENTAGENS ACUMULADAS)			
		% Retido	% Acumulado	MUITO FINA	FINA	MÉDIA	GROSSA
9,5	0,00	0	0	0	0	0	0
6,3	0,00	0,00	0,00	0 - 3	0 - 7	0 - 7	0 - 7
4,8	16,00	1,60	1,60	0 - 5	0 - 10	0 - 11	0 - 12
2,4	65,00	6,51	8,11	0 - 5	0 - 15	0 - 25	0 - 40
1,2	355,00	35,54	43,64	0 - 10	0 - 25	10 - 45	30 - 70
0,6	419,00	41,94	85,59	0 - 20	21 - 40	41 - 65	66 - 85
0,3	91,00	9,11	94,69	50 - 85	60 - 68	70 - 92	80 - 95
0,15	42,00	4,20	98,90	85 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100
0,075	8,00	0,80	99,70	//////////	//////////	//////////	//////////
Fundo	3,00	0,30	100	100	100	100	100
Totais	999,00	100,00	//////////	//////////	//////////	//////////	//////////
MÓDULO DE FINURA:			3,33	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:			4,8 mm
NBR-6458 // DNER-ME 195/97	NBR - 7251	NBR-7218	NBR-7220	DNER-ME 195/97	NBR - 6465		
Massa Específica Real	Massa Unitária	Torroes de Argila	Material Pulverulento	Absorção	Abrasão Los Angeles	índice de vazios	
(Kg/dm ³)	(kg/dm ³)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
2,58	1,49	--	0,30	--	--	57,8	
LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS NAS ESPECIFICAÇÕES DA ABNT - NBR - 7211							
2,55 a 2,65	1,40 a 1,65	≤ 3%	≤ 5%	≤ 0,3 a 2,0	≤ 50%		

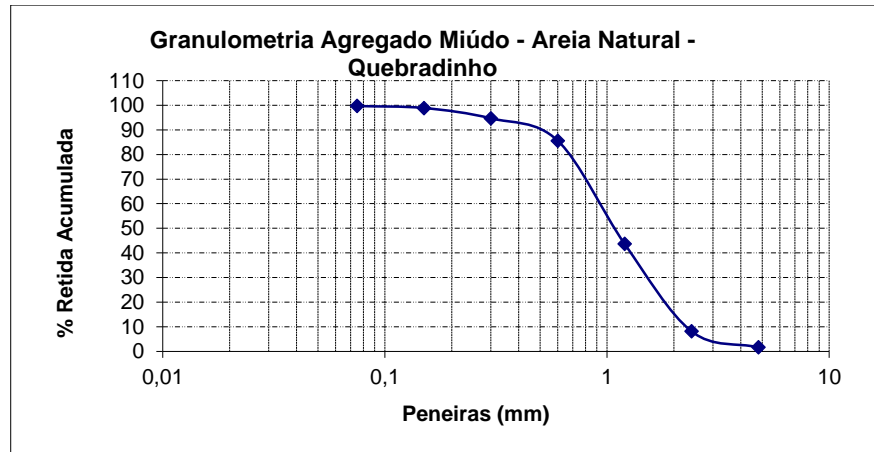


Tabela 12 – Características do agregado graúdo de Rurópolis.

AMOSTRA: Granulometria Agregado graúdo. Pedra britada - Rurópolis									
Peneiras (mm)	Pesos (g)	Porcentagens		Cálculo	Limites da ABNT-NBR 7211 (% - PORCENTAGENS ACUMULADAS)				
		% Retido	% Acumulado	M.F	Graduação 0	Graduação 1	Graduação 2	Graduação 3	
50	0,00	0	0	////////	--	--	--	0	
37	0,00	0	0	0	--	--	--	0 - 30	
32	0,00	0,00	0,00	////////	--	--	0	75 - 100	
25	0,00	0,00	0,00	////////	--	0	0 - 25	87 - 100	
19	5,33	0,27	0,27	0,27	--	0 - 10	75 - 100	95 - 100	
12,5	911,33	45,58	45,85	////////	0	--	90 - 100	--	
9,5	604,00	30,21	76,06	76,06	0 - 10	80 - 100	95 - 100	--	
6,3	385,33	19,27	95,33	////////	--	92 - 100	--	--	
4,8	58,00	2,90	98,23	98,23	80 - 100	95 - 100	--	--	
2,4	32,66	1,63	99,87	99,87	95 - 100	--	--	--	
Fundo	2,66	0,13	100,00	100	--	--	--	--	
Totais	1999,31	100,00	100,00	////////	////////	////////	////////	////////	
Graduação		Brita 1		4,16	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA:				19 mm
NBR-6458 // DNER-ME 195/97	NBR - 7251	NBR-7218	NBR 7211/2009	NBR-7220	DNER-ME 195/97				
Massa Especifica Real	Massa Unitária	Torroes de Argila	Material Pulverulento	Absorção	Abrásão Los Angeles				
(Kg/dm ³)	(kg/dm ³)	(%)	(%)	(%)	(%)				
2,62	1,48		0,13		23,68				
LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS NAS ESPECIFICAÇÕES DA ABNT - NBR - 7211									
2,55 a 2,65	1,40 a 1,65	≤ 3%	≤ 1%	≤ 5%	≤ 50%				



Tabela 13 – Características do agregado Areia Lavada de Rurópolis.

AMOSTRA: Granulometria Agregado Miúdo - Areia Lavada Rurópolis							
Peneiras (mm)	Pesos (g)	Porcentagens		Limites da ABNT-NBR 7211 (PORCENTAGENS ACUMULADAS)			
		% Retido	% Acumulado	MUITO FINA	FINA	MÉDIA	GROSSA
9,5	0,00	0	0	0	0	0	0
6,3	0,00	0	0	0 - 3	0 - 7	0 - 7	0 - 7
4,8	1,33	0,13	0,00	0 - 5	0 - 10	0 - 11	0 - 12
2,4	39,33	3,94	3,94	0 - 5	0 - 15	0 - 25	0 - 40
1,2	131,33	13,16	17,10	0 - 10	0 - 25	10 - 45	30 - 70
0,6	201,3	20,16	37,26	0 - 20	21 - 40	41 - 65	66 - 85
0,3	416	41,67	78,93	50 - 85	60 - 68	70 - 92	80 - 95
0,15	190,66	19,10	98,03	85 - 100	90 - 100	90 - 100	90 - 100
0,075	17,33	1,74	99,77	////////	////////	////////	////////
Fundo	1,00	0,10	100	100	100	100	100
Totais	998,28	100,00	////////	////////	////////	////////	////////
MÓDULO DE FINURA:			2,35	DIMENSÃO MÁXIMA CARACTERÍSTICA: 2,4 mm			
NBR-6458 // DNER-ME 195/97	NBR - 7251	NBR-7218	NBR-7220	DNER-ME 195/97	NBR - 6465	índice de vazios	
Massa Específica Real (Kg/dm³)	Massa Unitária (kg/dm³)	Torres de Argila (%)	Material Pulverulento (%)	Absorção (%)	Abrasão Los Angeles (%)		
2,59	1,50	--	0,10	--	--	57,9	
LIMITES MÁXIMOS PERMITIDOS NAS ESPECIFICAÇÕES DA ABNT - NBR - 7211							
2,55 a 2,65	1,40 a 1,65	≤ 3%	≤ 5%	≤ 0,3 a 2,0	≤ 50%		

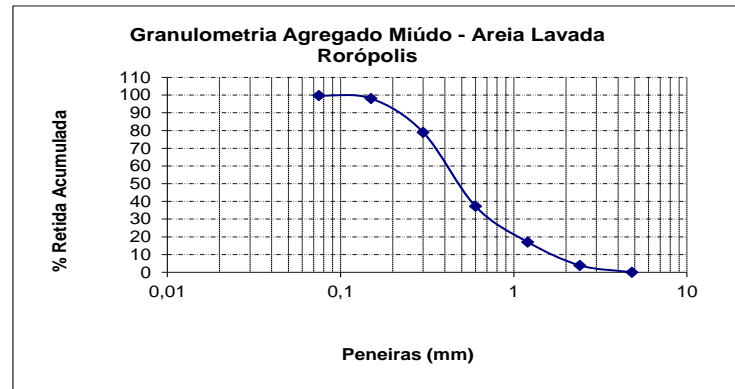


Tabela 14 – Resumo de Caracterização de agregados da região do Baixo Amazonas

Ensaio										
Município	Agregados		Massa esp.	Massa Unit.	D. máx	M.F	Abrasão	Mat. Pulv.	Localização Coordenadas UTM	Distância de Santarém
			(kg/dm ³)	(kg/dm ³)	Mm		%	%		
Monte Alegre	Miúdo	Areia, Santana	2,59	1,50	4,80	2,23	////	0,20	Zona 21M – 779715.46mE / 9756420.79mS;	~40 km
		Pó de brita	2,60	1,44	4,80	2,99	////	2,33	Zona 21M – 831430.71mE / 9809584.55mS;	~120 km
	Graúdo	Brita 0, Mulata	2,66	1,41	9,50	5,29	32,50	0,60	Zona 21M – 831430.71mE / 9809584.55mS;	~120 km
		Seixo, Pariçó	2,61	1,63	19,00	////	37,32	0,40	Zona 21M – 829896.84mE / 9780490.76mS;	~95 Km
Oriximiná	Miúdo	Areia	2,63	1,57	2,40	2,16	////	2,21	Zona 21M-31912.08mE / 9811971.71.79mS;	~147 km
Santarém	Miúdo	Areia, Juvenal	2,56	1,48	2,40	2,12	////	0,13	Zona 21M – 749798.27mE / 9727176.05mS;	////
		Areia Vermelha, Matinha	2,62	1,51	2,40	2,93	////	0,90	Zona 21M – 750674.26mE / 9726405.15mS;	////
		Areia, Rio Amazonas	2,64	1,36	////	0,85	////	0,50	Zona 21M – 771900.65mE / 9753716.48mS;	////
		Areia, Freitas	2,59	1,67	2,40	2,93	////	0,58	Zona 21M – 750625.71mE / 9727502.72mS;	////
		Areia, Ponte Alta	2,59	1,50	1,20	1,84	////	0,10	Zona 21M – 750663.00mE / 9726380.68mS;	~10 km
		Areia, Quebradinho	2,58	1,49	4,80	3,33	////	0,30	Zona 21M – 750663.00mE / 9726380.68mS;	~10 km
Rurópolis	Miúdo	Areia, Lavada	2,59	1,50	2,40	2,36	////	0,10	Zona 21M – 732046.65mE / 9546451.62mS;	~211 km
	Graúdo	Brita	2,62	1,48	19,00	4,16	23,68	0,13	Zona 21M – 732046.65mE / 9546451.62mS;	~211 km

5 METODOLOGIA

5.1 Métodos de obtenção de materiais constituintes do concreto para a produção dos blocos

Os agregados foram obtidos diretamente nas áreas de exploração nas cidades de Monte Alegre e comunidades, na cidade de Rurópolis, na cidade de Oriximiná e nas áreas de exploração na cidade de Santarém. Depois de coletados, em quantidade suficiente para a realização dos ensaios, os agregados foram selecionados por quarteamento de acordo com a NBR NM 27/2001, e as amostras preparadas para a caracterização, o cimento CII-Z 32, o mesmo utilizado em todo o experimento, foi comprado no mercado local.

Os traços foram elaborados a partir das características dos agregados e seguindo os procedimentos adotados por Fernandez (2012). Foram executadas 03 (três) misturas experimentais e mais o traço de referência utilizado na empresa “A”. Este procedimento foi repetido para a empresa “B” e para a empresa “C”.

5.2 Apresentação dos traços

5.2.1 Apresentação dos traços para a empresa “A”

Na empresa “A” os blocos foram produzidos em um equipamento vibro-prensa pneumático com capacidade para produção de 03 (três) blocos por ciclo, sendo os blocos retirados por carros garfo e transportados até pátio de estocagem para a realização da cura, devidamente lonados.

Foram produzidos 04(quatro) lotes, sendo 01 (um) lote de referência e 03 (três) lotes experimentais, de blocos M15 da família 29, apresentados na tabela 15. Foram retiradas 15 (quinze) amostras de cada lote para a caracterização em laboratório.

Tabela 15 – Traços para a produção de blocos Empresa “A”

Traço unitário em massa (kg)								
Materiais secos								
Traço	Cimento	Ab-F	Av-G	Q-Ag	Brita 0	C:ms	h%	%Am/Ag
Referência	1	3,60	////	4,77	////	1:8,37	7	100,00/00,00
Exp. 01	1	3,03	////	9,10	3,03	1:15,17	7	80,00/20,00
Exp. 02	1	5,00	////	7,00	////	1:12,00	7	100,00/00,00
Exp. 03	1	4,00	////	6,00	////	1:10,00	7	100,00/00,00

Onde:

Exp. Experimental;

Ab-F. Areia branca fina;

Av-G. Areia vermelha Grossa;

Q-ag. Quebradinho Areia grossa;

C:ms. Cimento / massa seca.

%Am/Ag. Relação de Agregado miúdo/agregado graúdo.

h%. Teor umidade da mistura

Nos gráficos 10, 11 e 12, está representada a curva da mistura em estudo e os limites superior e inferior, para enquadramento na faixa granulometria ideal proposta por Fernandes (2012)

Gráfico 10 – Curva otimizada traço experimental 01 – 1:8,37; M.F – 3,42.

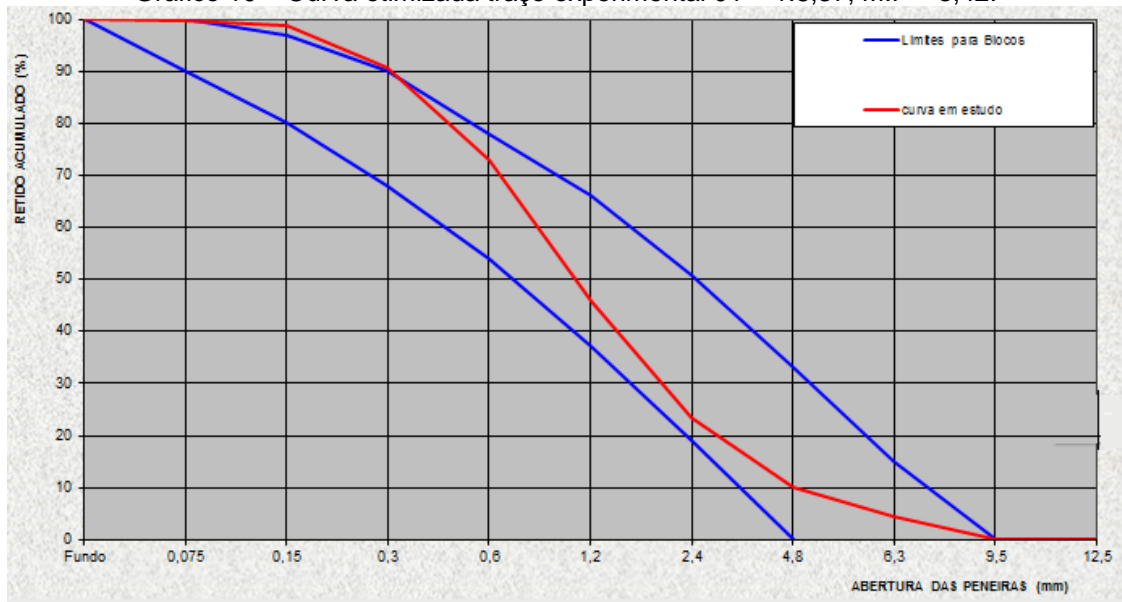


Gráfico 11 – Curva otimizada traço experimental 02 – 1:15,17; M.F – 2,71.

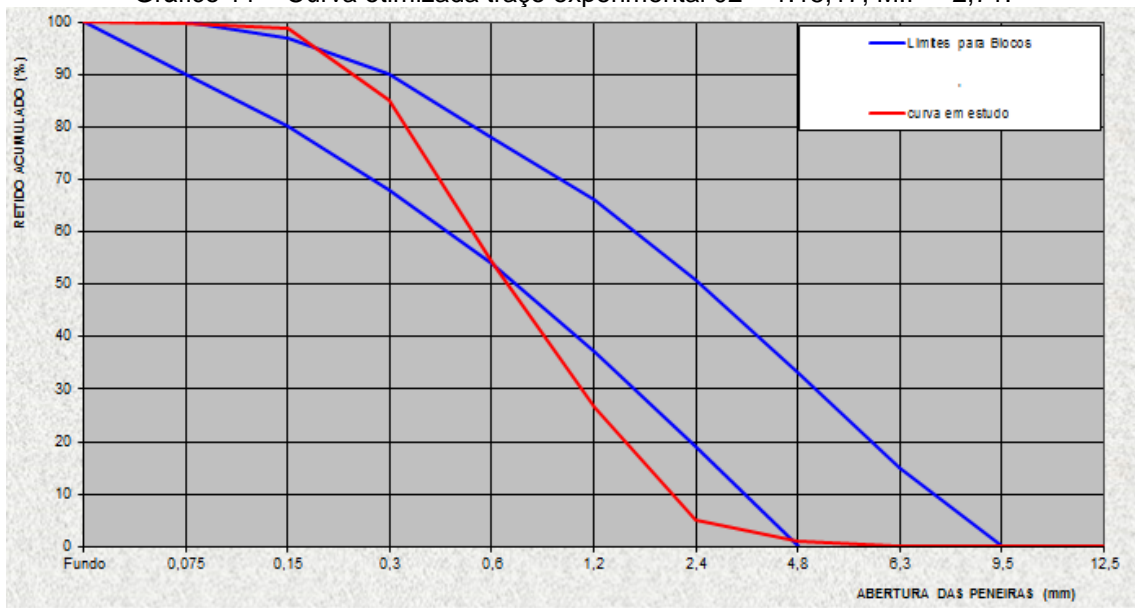
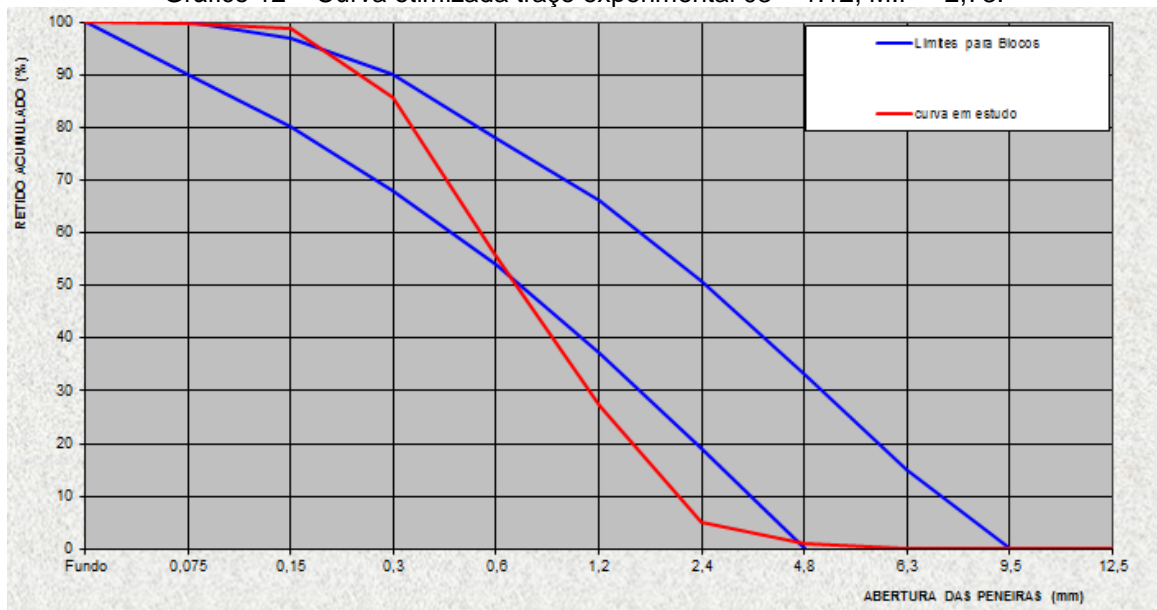


Gráfico 12 – Curva otimizada traço experimental 03 – 1:12; M.F – 2,73.



Nas figuras 10 a 13 os registros da produção, cura, preparo e ensaios de resistência e umidade dos blocos.

Figura 10– Vibro-prensa pneumática capacidade de produção 03 blocos por ciclo
 a) Máquina vibro prensa pneumática b) produção de blocos M-15, família 29



Fonte: NEVES, 2015 (arquivo pessoal).

Figura 11 – Cura dos blocos sob lona no pátio de estoque; Teste de permeabilidade através do método do cachimbo.

a) cura sob lona



b) permeabilidade, método do cachimbo



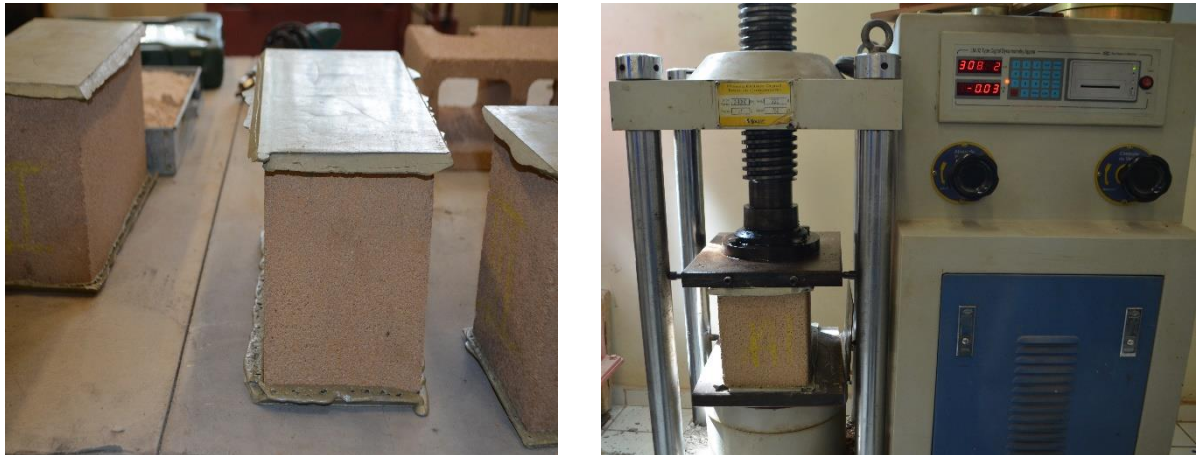
Fonte: NEVES, 2015 (arquivo pessoal).

Figura 12 – Textura superficial dos blocos, Caracterização dimensional dos blocos
 a) textura superficial do bloco b) análise dimensional



Fonte: NEVES, 2015 (arquivo pessoal).

Figura 13 – Capeamento e ensaio de resistência à compressão.
a) capeamento com enxofre b) ensaio de resistência a compressão



Fonte: NEVES, 2015 (arquivo pessoal).

5.2.2 Apresentação dos traços para a empresa “B”

Na empresa “B” os blocos foram produzidos em um equipamento vibro-prensa hidráulico com capacidade para produção de 04 blocos por ciclo, sendo os blocos inicialmente retirados por dois funcionários, manualmente, e transportados até pátio de estocagem onde posteriormente era coberto por lonas para a realização da cura. Este procedimento foi posteriormente substituído por extração através de pinças elétricas e prateleiras metálicas onde então ficavam aguardando a cura, devidamente lonados.

Foram produzidos 04(quatro) lotes, sendo 01 (um) lote de referência e 03 (três) lotes experimentais, de blocos M15 da família 39, apresentado na tabela 16. Foram retiradas 15 (quinze) amostras de cada lote, para a caracterização em laboratório.

Tabela 16 – Traços para a produção de blocos Empresa “B”.

Traço unitário em massa (kg)								
Materiais secos								
Traço	Cimento	Ab-F	Av-G	Q-Ag	Brita 0	C:ms	h%	%Am/Ag
Referência	1	2	2	3	1	1:8,00	6	85/15
Exp. 01	1	3,14	2,36	7,86	2,36	1:15,72	6	82,34/17,66
Exp. 02	1	3,17	2,38	9,53	0,79	1:15,87	6	94,77/05,23
Exp. 03	1	7,86	////	4,72	3,14	1:15,72	6	75,04/24,96

Onde:

Exp. Experimental;
 Ab-F. Areia branca fina;
 Av-G. Areia vermelha Grossa;
 Q-ag. Quebradinho Areia grossa;
 C:ms. Cimento / massa seca.
 %Am/Ag. Relação de Agregado miúdo/agregado graúdo.
 h%. Teor de umidade

Nos gráficos 13, 14 e 15, está representada a curva da mistura em estudo e os limites superior e inferior, para enquadramento na faixa granulometria ideal proposta por Fernandes (2012).

Gráfico 13 – Curva otimizada traço experimental 01-1:15,72.

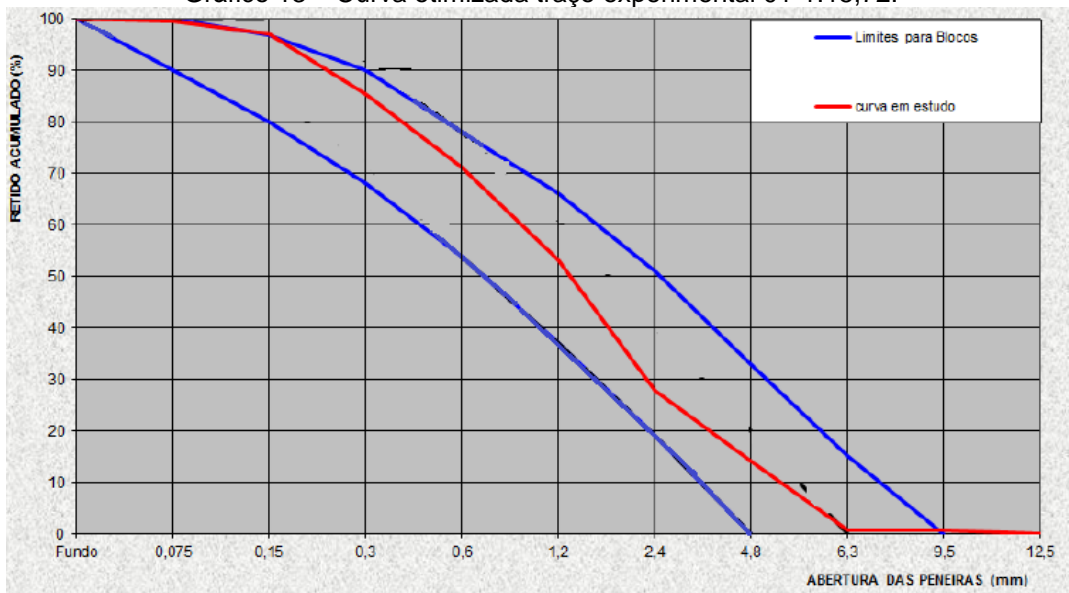


Gráfico 14 – Curva otimizada traço experimental 02-1:15,87.

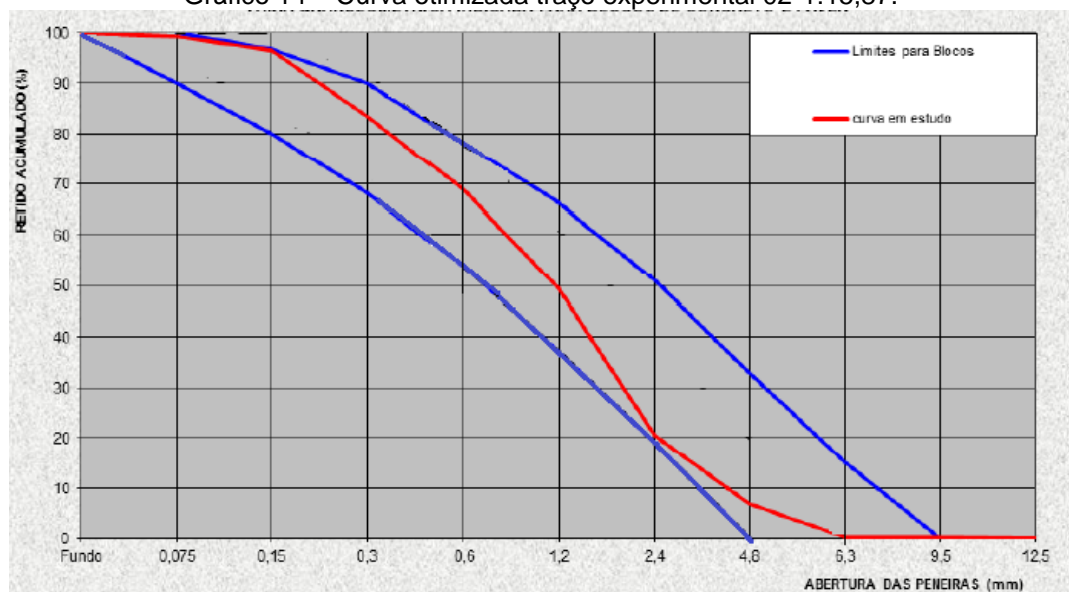
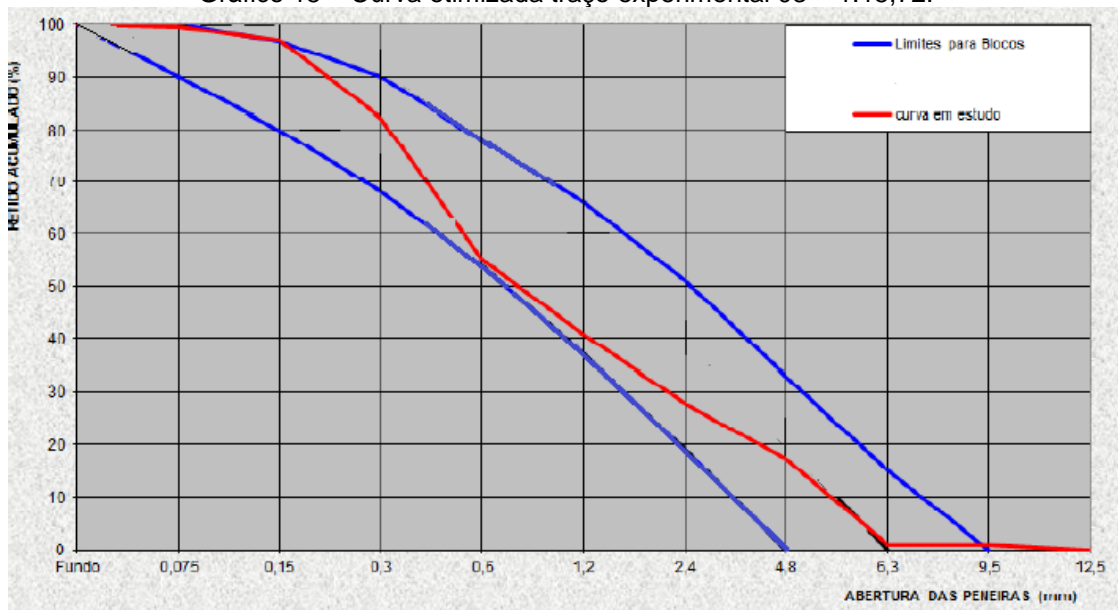


Gráfico 15 – Curva otimizada traço experimental 03 – 1:15,72.



5.2.3 Apresentação dos traços para a empresa “C”

Na empresa “C” os blocos foram produzidos em um equipamento vibro-prensa hidráulico com capacidade para produção de 04 (quatro) blocos por ciclo, sendo os blocos retirados por pinça elétrica e transportados até as câmaras de cura, sob condições ideais de cura, ambiente com umidade controlada, totalmente fechado e com aspersão de água sob forma de neblina.

A umidade da mistura foi determinada através do “speedy test” de acordo com recomendações da NBR-ABNT 16097:2012.

Foram produzidos 05(cinco) lotes, sendo 01 (um) lote de referência e 04 (quatro) lotes experimentais de blocos M15 da família 39, foram retiradas 15 (quinze) amostras de cada lote para a caracterização em laboratório.

Dos 04 (quatro) lotes experimentais, o terceiro foi dosado com dois teores de umidade para verificação da influência da mesma na resistência final dos blocos produzidos, sendo esses teores de 6,8% e 7,5% respectivamente, determinados na saída do misturador através do “speedy test”.

Tabela 17 – Traços para a produção de blocos Empresa “C”.

Traço unitário em massa (kg)									
Materiais secos									
Traço	Cimento	Ab	Av-G	Pó-br	Q-Ag	Brita 0	C:ms	h%	%Am/Ag
Referência	1	2,50	////	4,00	////	3,50	1:10,00	6,5	65,00/35,00
Exp. 01	1	2,50	////	4,00	////	3,50	1:10,00	6,5	65,00/35,00
Exp. 02	1	3,60	////	////	4,77	////	1:8,37	6,0	65,00/35,00
Exp. 03	1	3,03	////	////	9,10	3,03	1:15,17	7,5	80,00/20,00
Exp. 3.1	1	3,03	////	////	9,10	3,03	1:15,17	6,8	80,00/20,00

Onde:

Exp. Experimental;

Ab-F. Areia branca;

Av-G. Areia vermelha Grossa;

Pó-br. Pó de brita;

C:ms. Cimento / massa seca.

%Am/Ag. Relação de Agregado miúdo/agregado graúdo.

h%. teor de umidade.

Gráfico 16 – Curva otimizada traço de referencia 01 – 1:10; M.F – 3,51.

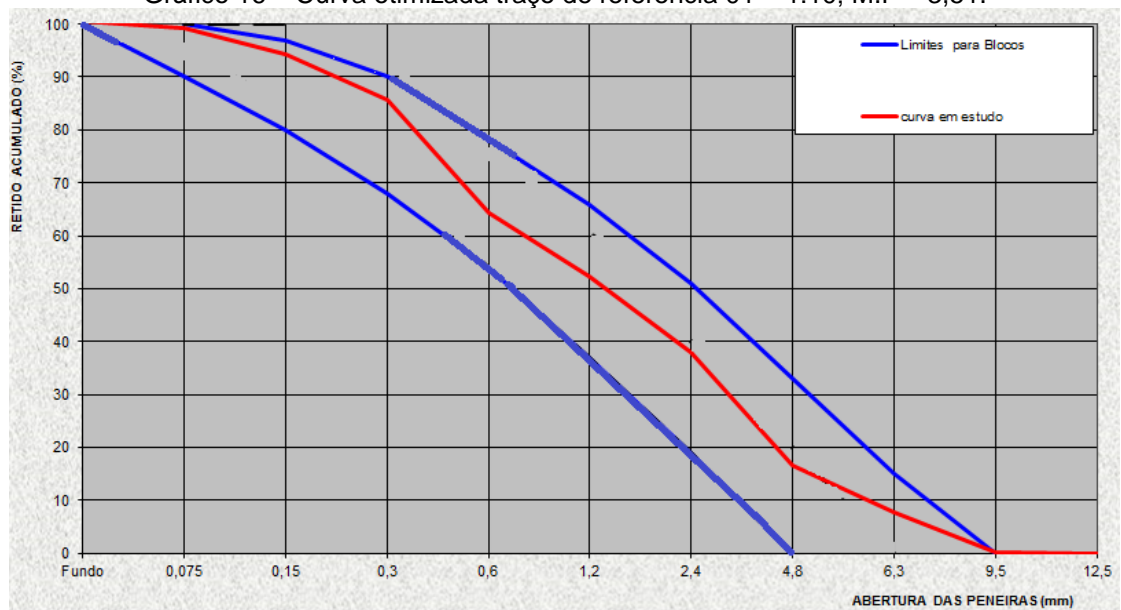


Gráfico 17 – Curva otimizada traço experimental 02-1:8,37; M.F – 3,41.

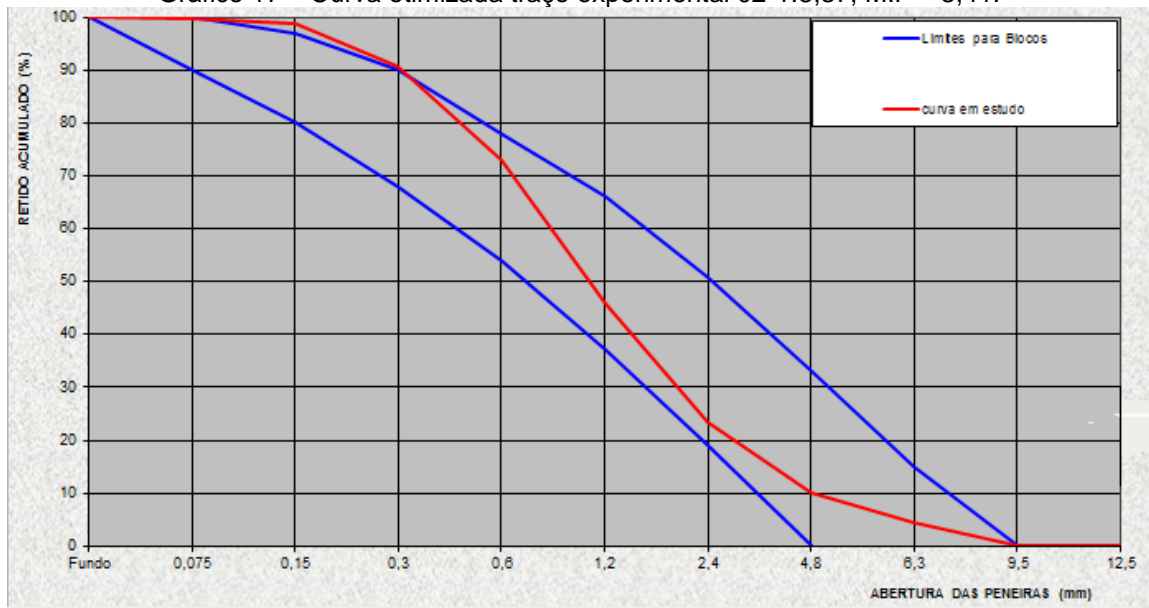
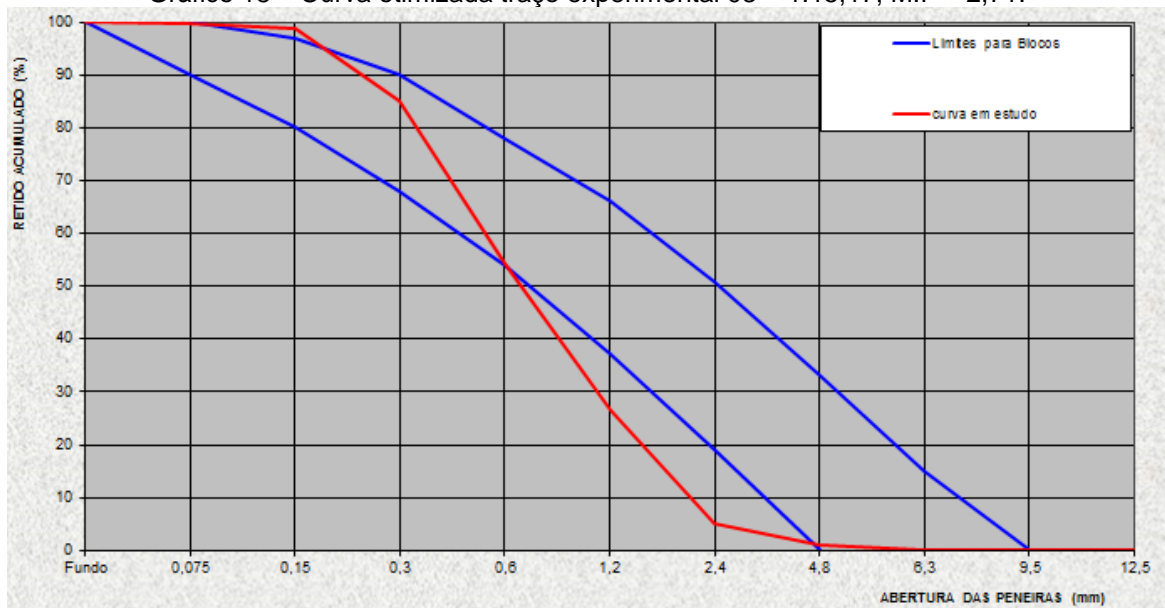


Gráfico 18 – Curva otimizada traço experimental 03 – 1:15,17; M.F – 2,71.



Nas figuras 14 até 17, detalhes da produção e caracterizações dos blocos, como: a determinação do teor de umidade, produção e retirada do equipamento de produção, textura superficial e análise dimensional.

Figura 14 – Ensaio “speedy test”, para determinação da umidade da mistura.
a) determinação da massa úmida B) speed test



Fonte: NEVES, 2015 (arquivo pessoal).

Figura 15 – Equipamento vibro-prensa hidráulico com CLP, extração através de pinça elétrica.
a) maquina vibro prensa automática b) produção dos blocos, extração com pinça



Fonte: NEVES, 2015 (arquivo pessoal).

Figura 16 – Textura superficial e análise dimensional
a) textura superficial do bloco b) análise dimensional



Fonte: NEVES, 2015 (arquivo pessoal).

Figura 17 – Teste prático de permeabilidade – análise visual.
a) teste pratico de absorção – análise visual b) impermeabilidade do bloco



Fonte: NEVES, 2015 (arquivo pessoal).

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DO RESULTADOS

Neste capítulo, têm-se os resultados e as discussões necessárias, no sentido de analisar os dados obtidos, como também, discutir a possibilidade de utilização dos agregados nas misturas utilizadas nos traços de concreto quanto a produção dos blocos e a obtenção de resultados acima da resistência mínima requerida para blocos com função estrutural, conforme objetivo principal deste trabalho e já descrito nos capítulos anteriores.

6.1 Primeira parte – resultados dos blocos produzidos na Empresa “A”

A tabela 18 apresenta os resultados obtidos no ensaio de resistência a compressão aos 7 dias e aos 28 dias, para o traço de referência e para os traços experimentais.

No traço de referência, onde foi utilizado Ab-F – areia branca fina e Q-Ag – pedrisco “quebradinho” na proporção C:ms 1:8,37. A resistência obtida de fbk=5,04 MPa ficou acima do limite estabelecido pela NBR 6136/2014.

Tabela 18 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão, empresa “A”.

Traço	Fbk individual 07 dias (MPa)	Fbk individual 28 dias (MPa)	Média aos 07 dias (MPa)	Média aos 28 dias (MPa)	Fbk estimado aos 28 dias (MPa)	ψ *Fbk1, sendo ψ =0,89 (MPa)	Fbk adotado Fbk(média)*85% (MPa)
Referência	3,41	5,22	4,33	5,94	5,18	4,65	5,04
	3,76	5,63					
	3,90	5,67					
	4,09	6,01					
	5,27	6,14					
	5,53	6,94					
Experimental 01	2,73	3,48	3,48	4,38	2,82	3,10	3,73
	3,33	3,37					
	3,57	4,03					
	3,65	4,54					
	3,68	5,43					
	3,92	5,45					
Experimental 02	2,65	3,12	3,62	4,66	2,29	2,78	3,96
	2,84	3,52					
	3,45	4,35					
	3,77	4,76					
	4,17	5,88					
	4,84	6,31					

	3,62	5,42					
	3,91	5,42					
Experimental 03	4,05	7,25	4,15	6,75	3,59	4,82	5,74
	4,14	7,32					
	5,04	7,51					
	perda	7,60					

6.2 Resultados dos blocos produzidos na Empresa “B”

A tabela 19 apresenta os resultados obtidos no ensaio de resistência a compressão aos 7 dias e aos 28 dias, para o traço de referência e para os traços experimentais.

No traço de referência, onde foram utilizados 04 (quatro) tipos de agregados, sendo: Ab-F – areia branca fina, Av-G – areia vermelha grossa, Q-Ag – “quebradinho” e brita 0, na proporção C:ms 1:8,0. A resistência obtida de fbk=4,53 MPa ficou acima do limite estabelecido pela NBR 6136/2014

Tabela 19 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão, empresa “B”.

Traço	Fbk individual 07 dias (MPa)	Fbk individual 28 dias (MPa)	Média aos 07 dias (MPa)	Média aos 28 dias (MPa)	Fbk estimado aos 28 dias (Mpa)	Ψ *Fbk1, sendo $\Psi = 0,89$ (MPa)	Fbk adotado Fbk(média)*85 % (MPa)
Referência	2,83	4,34	3,54	5,33	3,76	3,86	4,53
	3,42	4,69					
	3,54	5,25					
	3,68	5,34					
	3,86	6,04					
	3,96	6,26					
Experimental 01	3,92	4,20	4,83	6,51	4,36	4,00	5,53
	4,08	4,50					
	4,97	5,69					
	5,06	5,83					
	5,11	5,89					
	5,16	6,34					
Experimental 02	1,54	2,70	2,13	3,22	2,69	2,41	2,74
	1,72	3,01					
	2,01	3,02					
	2,22	3,11					
	2,49	3,25					
	2,78	4,25					

	2,89	3,45					
	3,13	4,38					
Experimental	3,20	4,50	3,55	4,57	3,33	3,07	3,88
03	3,92	4,78					
	3,97	5,10					
	4,16	5,22					

6.3 Resultados dos blocos produzidos na Empresa “C”

A tabela 20 apresenta os resultados obtidos no ensaio de resistência a compressão aos 7 dias e aos 28 dias, para o traço de referência e para os traços experimentais.

No traço de referência, onde foram utilizados 03 (três) tipos de agregados, sendo: Ab-F – areia branca fina, Pó-br – pó de brita e brita 0, na proporção C:ms 1:10. A resistência obtida de $f_{bk}=3,58$ MPa ficou abaixo do limite estabelecido pela NBR 6136/2014.

Tabela 20 – Resultados dos ensaios de resistência à compressão, empresa “C”.

Traço	Fbk individual 07 dias (MPa)	Fbk individual 28 dias (MPa)	Média aos 07 dias (MPa)	Média aos 28 dias (MPa)	Fbk estimado aos 28 dias (MPa)	ψ *Fbk1, sendo ψ =0,89 (MPa)	Fbk adotado Fbk(média)*85 % (MPa)
Referência	2,99	2,38	3,12	4,21	1,81	2,12	3,58
	3,02	3,74					
	3,09	4,31					
	3,15	4,45					
	3,21	4,76					
	3,25	5,62					
Experimental 01	5,30	8,12	6,18	9,31	7,99	7,23	7,91
	5,66	9,11					
	6,03	9,24					
	6,43	9,56					
	6,78	9,89					
	6,89	9,91					
Experimental 02	3,05	3,21	3,39	4,04	2,95	2,86	3,43
	3,10	3,63					
	3,23	3,89					
	3,54	4,04					
	3,67	4,67					
	3,73	4,78					

	4,57	8,42					
	4,87	8,77					
Experimental	5,25	9,54	5,35	9,31	7,65	7,49	7,91
03- h=7,5%	5,51	9,63					
	5,89	9,67					
	6,02	9,80					
<hr/>							
	4,20	7,93					
	4,35	8,16					
Experimental	4,38	8,35	4,90	8,28	7,74	7,06	7,04
03- h=6,8%	5,12	8,37					
	5,66	8,43					
	5,70	8,45					

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com relação aos agregados pesquisados e analisados, provenientes da região do Baixo Amazonas, todos encontram-se dentro da faixa de utilização recomendada pela NBR 7211, exceto o agregado extraído no leito do rio Amazonas próximo a comunidade de Tapará Grande, que apresentou elevado teor de finos sendo portanto impróprio para o uso na produção de blocos de concreto.

A escolha e utilização, no entanto, desses agregados na indústria de blocos na cidade de Santarém, passa a ser de cunho econômico, devendo-se analisar os custos com transporte das áreas de exploração até os pátios das indústrias.

O único agregado que não se encontra com facilidade no município santareno é o graúdo. Há, porém, a alternativa de utilização de um agregado miúdo denominado na região como “quebradinho”, que encontra-se na faixa de utilização superior de acordo com NBR 7211, e tem seu D.max variando sempre entre 6,3 mm e 4,8 mm, e M.F variando na faixa de 3,0 a 3,5, resultados apresentados nos capítulos anteriores. Os resultados da utilização desse agregado mais a areia apresentou resultados satisfatórios tanto para a produção de blocos em equipamentos vibro-prensas hidráulicas como pneumáticas.

Na Empresa “A”, no traço Experimental 02 e 03, os resultados com a utilização do “quebradinho” e areia, portanto uma mistura de 100% de agregados miúdos, apresentou resultados de **3,96** e **5,74** Mpa. No traço de referência já utilizado pela empresa, porém com um consumo maior de cimento, o resultado apresentou valor de **5,04** Mpa, mostrando que para vibro prensas pneumáticas o pedrisco “quebradinho” teve um bom desempenho, inclusive apresentado boa coesão devido o teor de finos e textura superficial adequada dos blocos produzidos. Ressalta-se, porém que o teor de umidade da mistura final ficou situado próximo a 7,5%, o que influencia positivamente na resistência final e conferindo alta impermeabilidade no bloco. No traço experimental 01, foi usado 20% de agregado graúdo (brita 0) com diâmetro máximo de 9,5 mm, com uma relação de massa seca elevada o que torna o traço bastante econômico, porém a resistência foi de **3,73** MPa ficando abaixo do esperado que era de 4,0 MPa. No entanto pode ser ajustado para a produção de blocos com finalidade de vedação.

Na empresa “**B**” o traço de referência apresentou um consumo elevado de cimento com uma massa seca na proporção de C:ms – 1:8, utilizando 04 (quatro) tipos de agregados diferentes, sendo: Areia branca fina, areia vermelha grossa, Pedrisco “quebradinho” e Brita 0 (9,5 mm) apresentando um resultado de **4,53** MPa, dentro portanto da expectativa de 4,0 MPa. No traço experimental 02 foi também utilizando 04 (quatro) tipos de agregados diferentes, os mesmos do traço de referência, entretanto com proporções diferentes e uma relação de C:ms de 1:15,72 apresentando uma resistência de **5,53** MPa, sendo portanto mais eficiente e econômico para a empresa. No traço experimental 02 foi aumentado o consumo de pedrisco “quebradinho” e reduzido o consumo de brita 0, com uma proporção de C:ms de 1:15,87, no entanto a resistência diminuiu consideravelmente caindo para **2,74** MPa, muito aquém da referência de 4,0 MPa, podendo ser estudada a possibilidade de ajustes para blocos de vedação, já que é um traço bastante econômico. No traço experimental 03, foi suprimida a utilização da areia grossa vermelha e aumentado o percentual de areia branca e de brita 0, o resultado do $f_{bk}=3,88$ MPa foi insatisfatório, e o traço com um custo maior devido o consumo elevado de brita 0 (já explanado nos capítulos anteriores devido, a distância do local de produção até os pontos de produção), o inviabiliza financeiramente. Ressalta-se ainda que o equipamento utilizado pela empresa não admite teores de umidade maiores que 6%, pois dificulta a alimentação do molde e a desmoldagem, o que também influencia na baixa densidade e baixa impermeabilidade e consequentemente na resistência final do bloco.

Na empresa “**C**”, o traço de referência com a relação C:ms foi de 1:14 proporção de 57,3%, 21,3%, 21,3% de areia, pó de pedra e brita 0 respectivamente, foi obtido uma resistência de **3,58** MPa, abaixo portanto da meta esperada de 4,0 MPa. As misturas experimentais foram as mesmas dosadas na empresa “A”, que já tinham apresentado resultados satisfatórios e seria interessante para o trabalho fazer uma comparação pois são equipamentos diferentes, pneumático X hidráulico, e sistemas de cura também diferentes, cura sob lona X cura em câmara úmida. A seguir serão apresentados os resultados para comparação com o traço de referência usado pela empresa e depois a comparação será com os resultados da empresa “A”.

O traço experimental 1 com uma relação C:ms de 1:10 utilizando 03(três) tipos de agregados, a saber, areia branca, pó de brita e brita 0 nas proporções de 25%,

40% e 35% respectivamente, apresentando um resultado de resistência à compressão de 7,91 MPa, portanto muito acima do resultado almejado de 4,0 MPa, podendo portanto ser redimensionado com a finalidade de torna-lo mais econômico.

O traço experimental 2 foi dosado com apenas 02 tipos de agregados a saber, areia branca e pedrisco “quebradinho”, em uma relação C:ms de 1:8,37, nas proporções de 43%, 57% respectivamente, apresentando um resultado de 3,43 MPa, resultado inferior ao esperado de 4,0 MPa.

O traço experimental 3 foi dosado com 03 (três) tipos de agregados a saber areia branca, pedrisco “quebradinho” e brita 0, em uma relação C:ms de 1:15,17, nas proporções de 20%, 60%, 20% respectivamente, sendo que para esta mistura foram realizados duas betonadas com teores de umidade diferentes, a primeira com 7,5% apresentando um resultado de 7,91 MPa e a segunda com um teor de umidade de 6,8 % apresentado um resultado de 7,04 MPa, no entanto o equipamento, nos dois teores de umidade, foi levado ao limite, com dificuldades de desmoldagem por aderência do concreto à forma, sendo inclusive perdidos diversos blocos devido à forte impacto na hora da desmoldagem o que leva os blocos a deformarem-se excessivamente.

Em comparação com as misturas executadas na empresa “A”, os resultados serão apresentados abaixo na tabela 21.

Tabela 21 – Comparação de resultados “A” x “C”.

EMPRESA									
Empresa "A"					Empresa "C"				
Tipo de equipamento:	Vibro-prensa pneumática				Tipo de equipamento:	Vibro-prensa hidráulica			
Traço	Relação C:ms	Agregados %	Umidade %	Resistência Mpa	Traço	Relação C:ms	Agregados %	Umidade %	Resistência Mpa
Traço de referência	1:8,37	43 - 57	7,5	5,04	Experimental 02	1:8,37	43 - 57	6	3,43
Experimental 01	1:15,17	20 - 60 - 20	7,5	3,73	Experimental 03	1:15,17	20 - 60 - 20	6,8	7,04
Experimental 03	1:10	40 - 60	7,5	5,74	Experimental 01	01:10	25 - 40 - 35	6,5	7,91

Pode-se verificar divergências de resultados entre a produção nas duas empresas, isto deve-se ao fato de ser muito difícil uniformizar um traço para empresas diferentes ou equipamentos diferentes, pois são muitas as variáveis envolvidas, e segundo Fernandes (2012) isto ocorre pois existe uma variação muito grande na densidade da mistura provocada pela diferença de desempenho dos equipamentos utilizados na sua compactação. Outro fator importante é o teor de

umidade da mistura. No equipamento da empresa “A” é possível elevar esse teor até próximo à umidade ótima de 8% o que dá um incremento de resistência, já o equipamento da empresa “B” e da empresa “C”, esse limite situa-se próximo a 6,5%, sendo muito baixo e havendo a necessidade de utilização de aditivos facilitadores de desmoldagem, o que é compensado pela capacidade de prensagem e vibração dos mesmos, no entanto com prejuízo ao incremento de umidade na mistura. Essa diferença pode ser observada nas figuras 36 – (a). aspecto arranhado na textura superficial do bloco da empresa “A”, indicativo de umidade ótima (7,5%) na mistura final de produção, (b). aspecto ressecado na textura superficial do bloco da empresa “B” – indicação de umidade baixa na mistura (6%) e alta absorção, e (c). textura superficial do bloco da empresa “C”, indicação de produção com teor de umidade boa (6,8%) e baixa absorção.

Figura 18 – (a, b, c.) aspectos visuais de indicação de teor de umidade na produção.
a. b. c.



Fonte: NEVES, 2015 (arquivo pessoal).

7.1 Sugestões de trabalhos futuros

Este trabalho foi uma contribuição no sentido de propiciar um conhecimento maior dos agregados para concreto na região do baixo Amazonas, identificando as áreas de exploração e caracterizando os agregados disponíveis, bem como sua viabilidade na produção de blocos estruturais para alvenaria.

Como sugestão para trabalhos futuros podemos citar:

- a) análise de prismas, paredinhas e paredes com o objetivo de verificar o comportamento estrutural dos blocos produzidos com os agregados da região do baixo Amazonas;

- b) avaliação do custo de produção com a utilização dos agregados proveniente das diversas áreas de exploração identificado os com melhor custo/benefício, para a produção de blocos estruturais de concreto;
- c) estudo da argamassa de assentamento produzida com agregados proveniente de áreas de exploração do baixo Amazonas e sua influência na resistência de prismas e paredes de bloco de concreto estrutural.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Jairo José de Oliveira. Propriedades físicas e mecânicas dos materiais. In: ISAIA, Geraldo. **Materiais de construção civil: e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: IBRACON, 2010. p.207-240.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- _____. **NBR 16097**: Determinação do teor de umidade – Métodos expeditos de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.
- _____. **NBR 6136**: Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural – Especificação. Rio de Janeiro, 2014.
- _____. **NBR 7211**: Agregados para concreto – especificação. Rio de Janeiro 2009.
- _____. **NBR 7215**: Cimento Portland determinação da resistência a compressão. Rio de Janeiro 1997
- _____. **NBR NM 45**: Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro 2006.
- _____. **NM – 27**: Redução de amostras de campo para ensaios de laboratório, rio de Janeiro 2001
- BALLOU, R. H. **Logística empresarial: Transporte, administração de materiais e distribuição física**. Tradução de Hugo Y. Yoshizaki, São Paulo: Atlas 1993. 388p
- BRASIL. Departamento nacional de produção mineral: **Relatório de gestão 2009**. Brasília: DNPM, 2009. Disponível em: <http://www.dnpm.gov.br/mostra_arquivo.asp?IDBancoArquivo=4094>. Acesso em: 04 jul. 2014.
- CINEXPAN. **Argila expandida e vermiculita expandida**. 2014. Disponível em: <<http://www.cinexpan.com.br/argila-expandida-1506-cinexpan.html>>. Acesso em: 27 abr. 2014.
- CUNHA, F.M.B. da, CAPUTO, M.V. **Novos aspectos da geologia de Monte Alegre e áreas circunvizinhas**. /S.11 PETROBRÁS-RENOR, 1974. 20p.il. (Relatório Interno, 690-A).
- FELIPE, Alexandro dos Santos. **Contribuição para a otimização de traços de concreto utilizados na produção de blocos estruturais**. Ilha Solteira: [s.n.], 2010.158 f.

FERNANDES, Idário. **Blocos e Pavers**: produção e controle de qualidade. 3 ed. Santa Catarina, 2012.

FERREIRA JUNIOR, Sylvio. **Produção de blocos de concreto para alvenaria**: Prática recomendada. 3. ed. São Paulo: ABCP – Boletim Técnico 103, 1995.

FRASSON JUNIOR, Artemio A. Metodologia de dosagem para blocos de concreto empregados em alvenaria estrutural. **Revista Prisma**, São Paulo, n. 25, p.31-8, jan. 2008.

FRASSON JUNIOR, Artemio A. **Proposta de metodologia de dosagem e controle do processo produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural**. 2000. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

GOOGLE. **Mapas**. Santarém. Disponível em:
<<https://maps.google.com.br/maps?sll=-2.4515907,-54.7377387&sspn=0.131724,0.175802&q=Santar%C3%A9m+-+PA&output=classic&dg=ntvb>> Acesso em: 16 de jun. 2014.

HELENE, P. L.; TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: PINI, 1993.

IKEMATSU, Paula; LAGUNA, Antonio. A importância da combinação granulométrica para blocos de concreto. **Revista Prisma**, São Paulo, n. 40, p. 49 a 54, dezembro/2011.

ISAIA, Geraldo. **Concreto**: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON, 2011, v.1.

MEDEIROS, J. S. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto**. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia) apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1993.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto**. 2. ed. São Paulo: PINI, 1997.

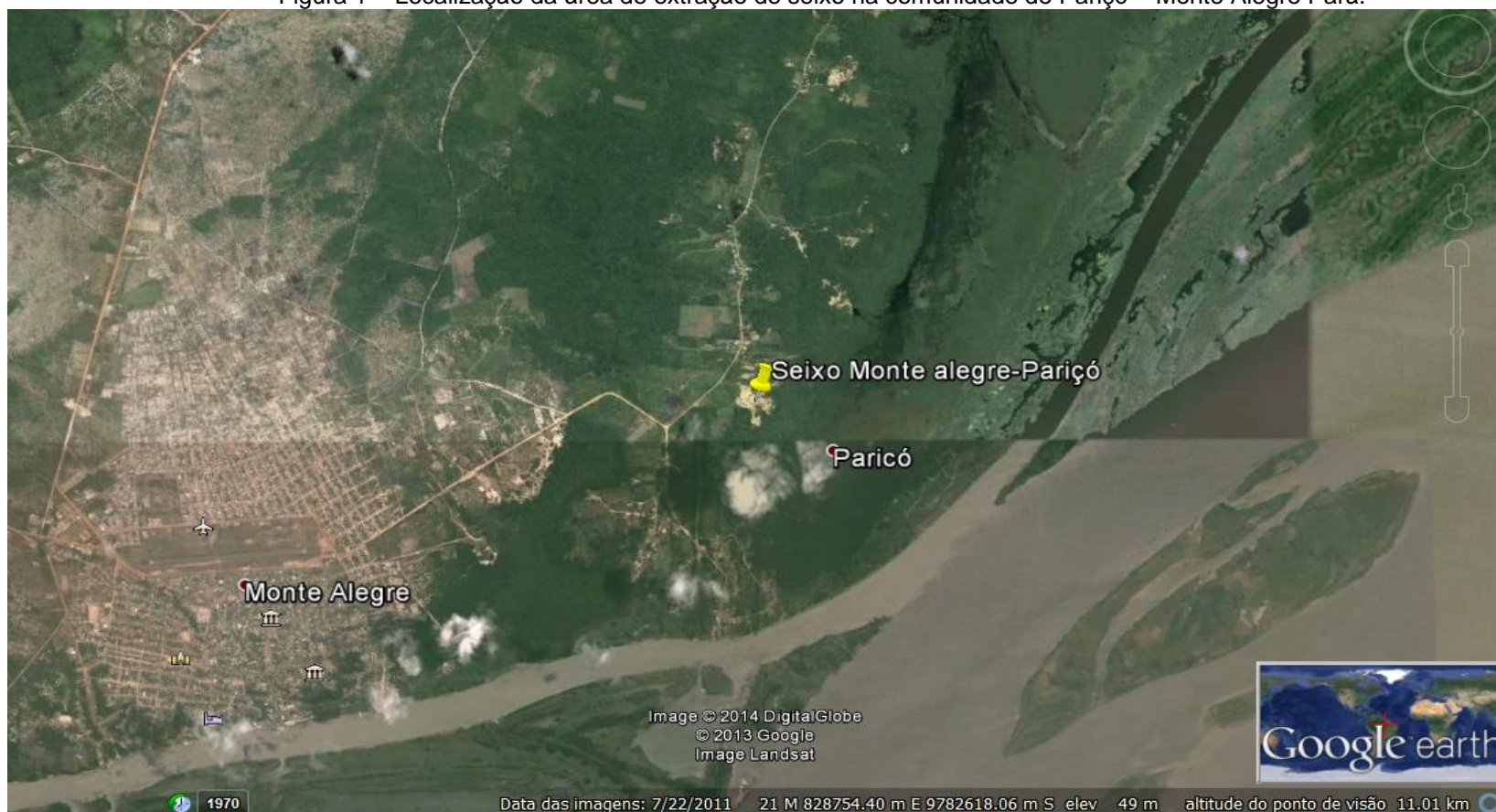
NTC BRASIL. **Vermiculita expandida**. 2014. Disponível em:
<<https://www.ntcbrasil.com.br/outros/vermiculita-expandida/>>. Acesso em: 27 abr. 2014.

PADILHA, A. F. **Materiais de Engenharia**. Microestrutura e propriedades. Curitiba: PR. Hemus 1997

- PIOROTTI, J. L. **Pavimentação intertravada**. 2. ed. Rio de Janeiro: Montana, 1989.
- RAMALHO, Marcio. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: PINI, 2003
- RODRIGUES, Púbio Penna Firme. **Fabricação de blocos pré-moldados de concreto para pavimentação: prática recomendada**. 2. ed. São Paulo: ABCP, 1995, 15p.
- SBRIGHI NETO, Claudio. **Agregados naturais, britados e artificiais para concreto. Concreto: ciência e tecnologia**. São Paulo: IBRACON, 2011, v.1. p.233 - 260.
- TANGO, C. E. S. Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estruturais. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON STRUCTURAL MASONRY FOR DEVELOPING COUNTRIES, 5th. **Anais...** Florianópolis, Brazil, Aug. 21 – 24, 1994, p. 21 – 30.
- TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2010.
- VALVERDE, F.M, **Agregados para construção civil**. Balanço mineral brasileiro, 2001.
- ZERPE PAISAGISMO E AGRICULTURA LTDA. **Drenagem e calçamento**. 2014. Disponível em: <<http://zerpepaisagismo.wix.com/zerpe>>. Acesso em: 27 abr. 2014.

**APÊNDICE A – SEIXO ROLADO EXTRAÍDOS DE BARRANCOS NA ZONA RURAL, COMUNIDADE DE PARIÇÓ,
LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 829896.84 ME; LONGITUDE 9780490.76 MS, DISTANTE DE SANTARÉM ~ 95
KM.**

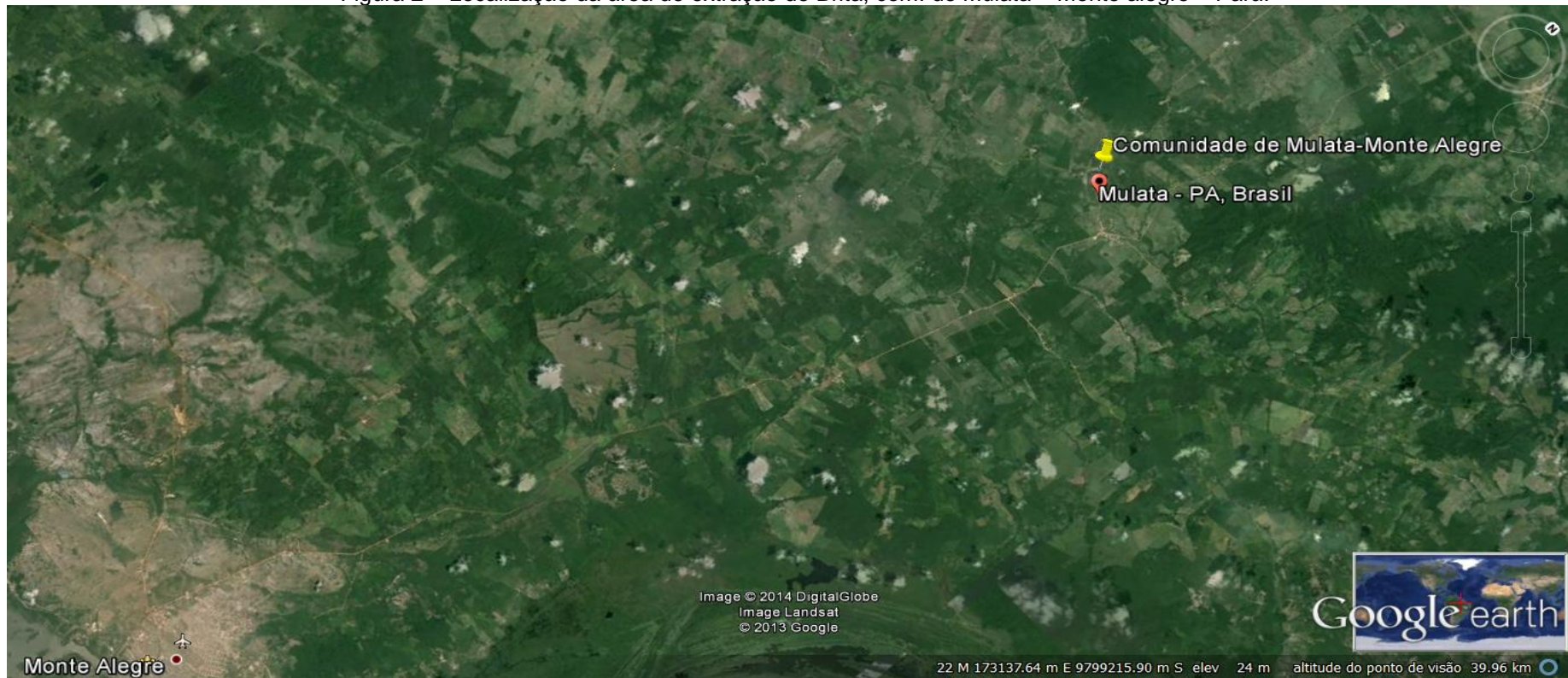
Figura 1 – Localização da área de extração de seixo na comunidade de Pariçó – Monte Alegre Pará.



Fonte: GOOGLE EARTH, acessado em 22/03/2014.

APÊNDICE B – ROCHA BRITADA EXTRAÍDA NA MINA DA COMUNIDADE DE MULATA, ZONA RURAL DA CIDADE DE MONTE ALEGRE, LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 831430.71 ME; LONGITUDE 9809584.55 MS, DISTANTE DE SANTARÉM ~120 KM.

Figura 2 – Localização da área de extração de Brita, com. de Mulata – Monte alegre – Pará.



Fonte: GOOGLE EARTH, acessado em 22/03/2014.

**APÊNDICE C – AREIA EXTRAÍDA DE LEITO DE IGARAPÉ NA ZONA RURAL, COMUNIDADE DE SANTANA DO TAPARÁ,
LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 779715.46 ME; LONGITUDE 9756420.79 M S, DISTANTE DE SANTARÉM ~40
KM**

Figura 3 – Localização comunidade de Santana do Tapará



Fonte: GOOGLE EARTH, acessado em 22/03/2014.

APÊNDICE D – AREIA EXTRAÍDA NO MUNICÍPIO DE ORIXIMINÁ, LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LATITUDE 631912.08 ME; LONGITUDE 9811971.71 MS, DISTANTE DE SANTARÉM ~147 KM.

Figura 4 – Área de exploração no município de Oriximiná-Pará.



Fonte: GOOGLE EARTH, acessado em 22/03/2014.

AGREGADOS COLETADOS NA CIDADE DE SANTARÉM.

APÊNDICE E – AREIA EXTRAÍDA DE BARRANCOS-ÁREAS DE EXPLORAÇÃO DO JUVENAL, NA ZONA PERIFÉRICA DA CIDADE DE SANTARÉM, LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 749798.27 ME; LONGITUDE 9727176.05 MS.

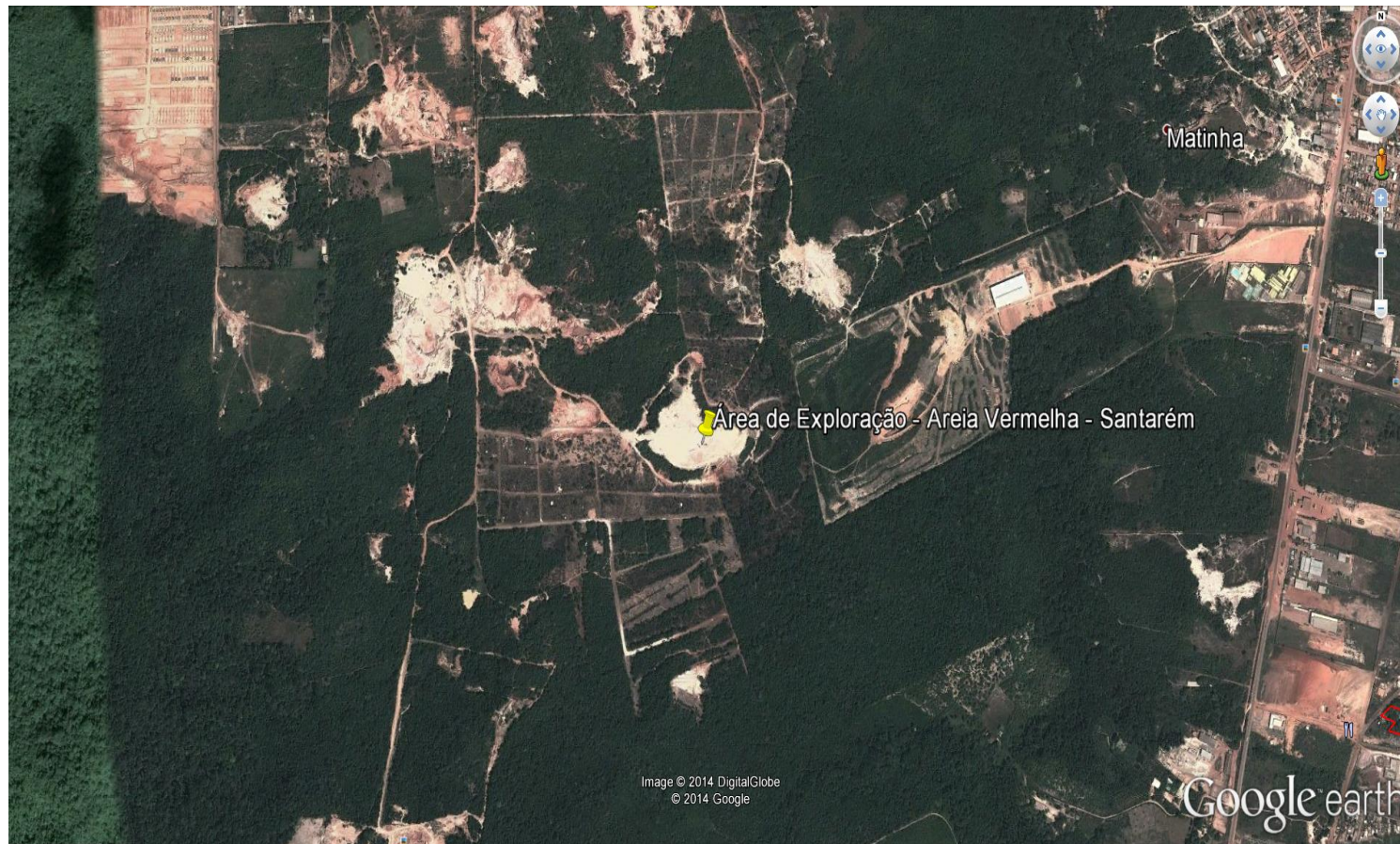
Figura 5- Área de extração Barranco do Juvenal – Areia Branca.



Fonte: GOOGLE EARTH, acessado em 22/03/2014.

APÊNDICE F – AREIA EXTRAÍDA DE BARRANCOS, AREIA VERMELHA – ÁREAS DE EXPLORAÇÃO DA MATINHA, NA ZONA PERIFÉRICA DA CIDADE DE SANTARÉM, LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 750674.26 ME; LONGITUDE 9726405.15 MS.

Figura 6 – Área de exploração – Areia vermelha



Fonte: GOOGLE EARTH, acessado em 22/03/2014.

APÊNDICE G – AREIA EXTRAÍDA DO LEITO DO RIO AMAZONAS, EM BANCOS DE AREIA CONHECIDOS COMO “TERRA CRESCIDA” ÀS PROXIMIDADES DA COMUNIDADE RURAL DE BARREIRAS DO TAPARÁ MUNICÍPIO DE SANTARÉM, LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 771900.65 ME; LONGITUDE 9753716.48 MS, DISTANTE DE SANTARÉM ~ 30 KM.

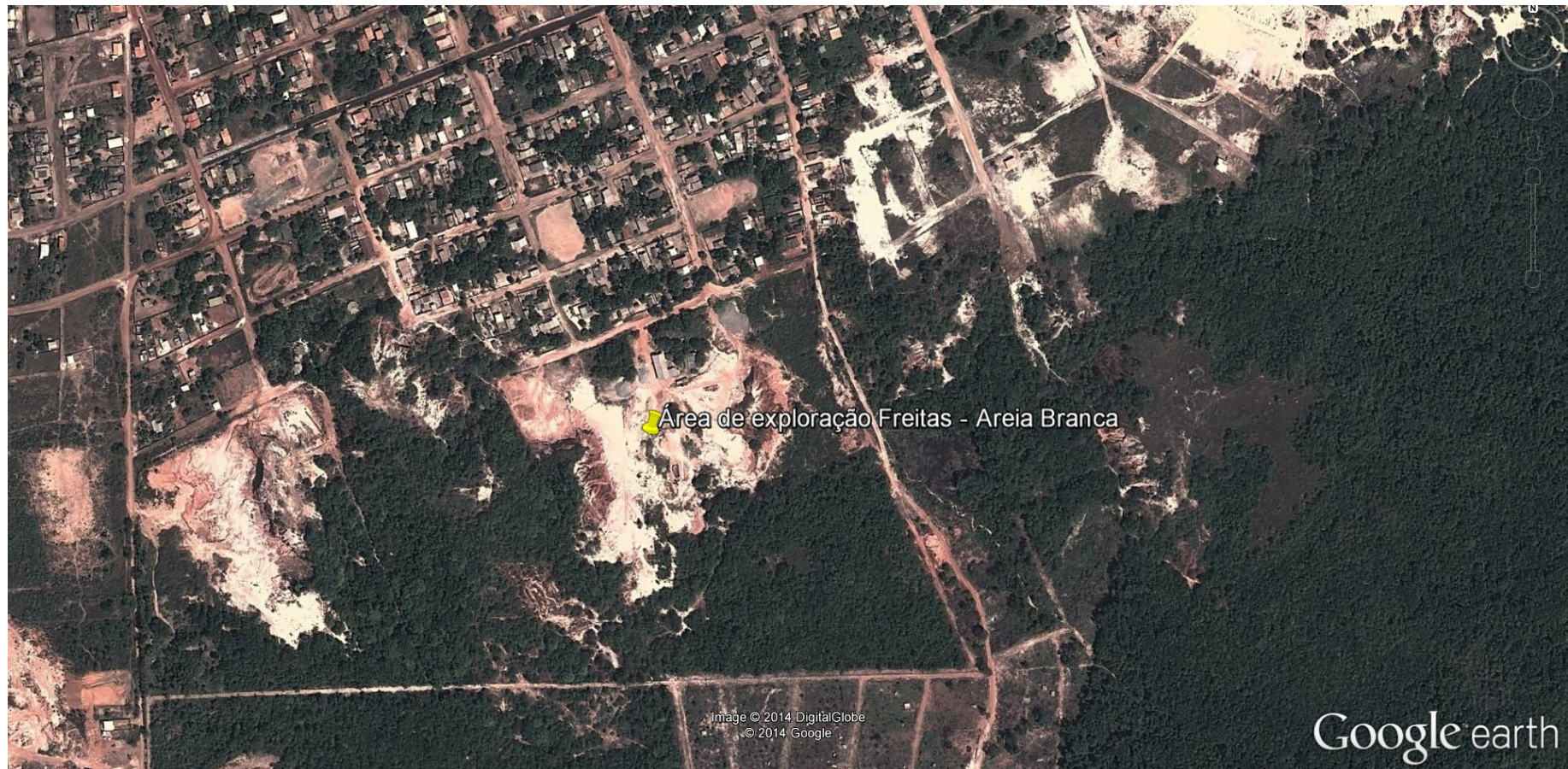
Figura 7 – Leito do Rio Amazonas – Região do Tapará Grande STM/Pá – Areia muito fina.



Fonte: GOOGLE EARTH, acessado em 22/03/2014.

APÊNDICE H – AREIA EXTRAÍDA DE BARRANCO – ÁREAS DE EXPLORAÇÃO DO FREITAS, NA ZONA PERIFÉRICA DA CIDADE DE SANTARÉM LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 750625.71 ME; LONGITUDE 9727502.72 MS.

Figura 8 – Área de exploração de areia branca – barranco do Freitas/STM.



Fonte: GOOGLE EARTH, acessado em 22/03/2014.

APÊNDICE H- AREIAS E (QUEBRADINHO) EXTRAÍDAS DE BARRANCO – ÁREAS DE EXPLORAÇÃO DA PONTE ALTA, NA ZONA METROPOLITANA DA CIDADE DE SANTARÉM LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 750663.00 ME; LONGITUDE 9726380.68 MS. DISTANCIA DO CENTRO URBANO ~10 KM

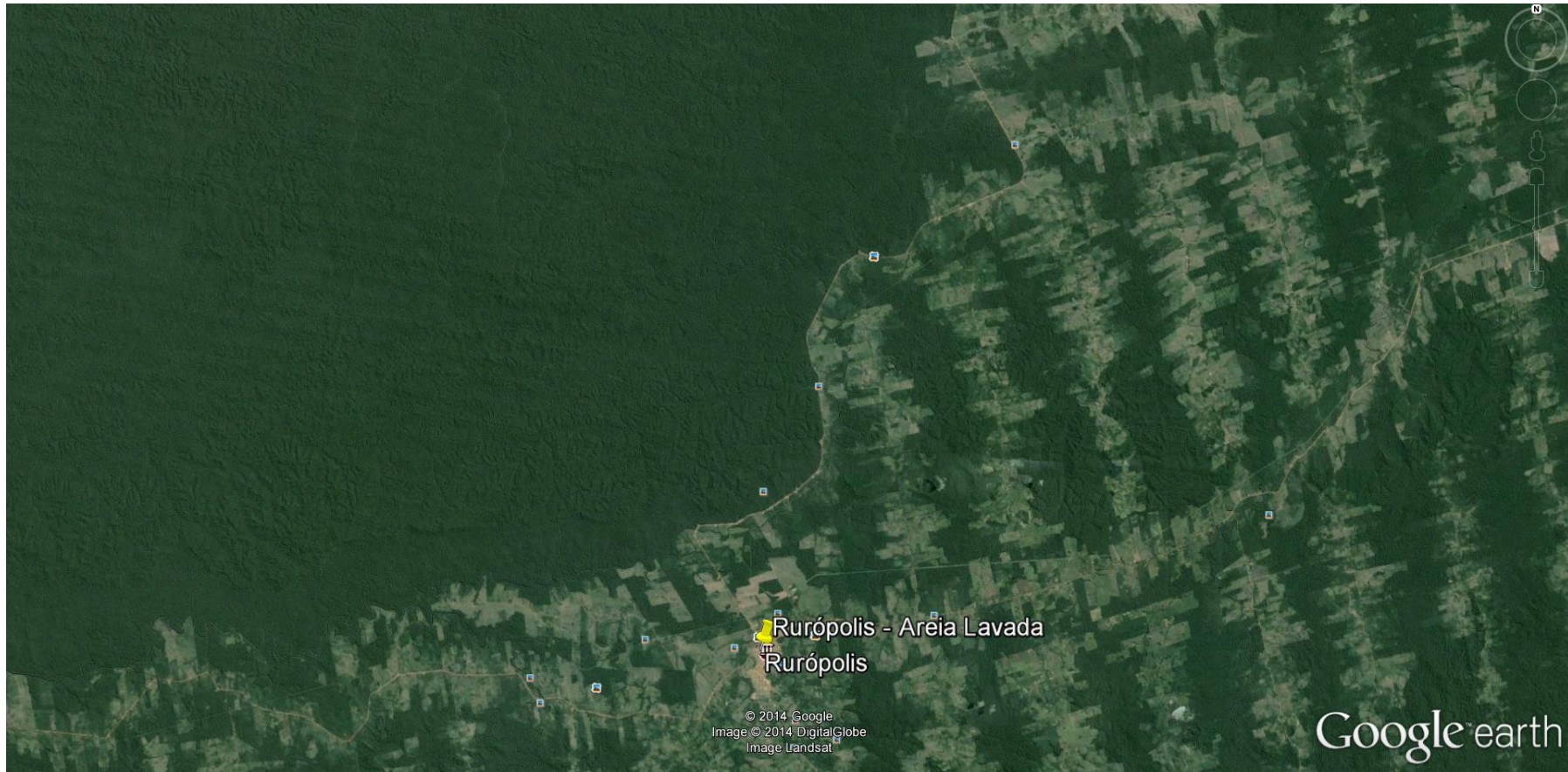
Figura 9 – área de exploração da Ponte alta – areia e e pedrisco.



Fonte: GOOGLE EARTH, acessado em 22/03/2014.

APÊNDICE I – AGREGADOS, GRAÚDO (BRITA) E AGREGADOS MIÚDO, AREIAS EXTRAÍDAS DE LEITOS DE IGARAPÉS – ÁREAS DE EXPLORAÇÃO NO MUNICÍPIO DE RURÓPOLIS, LOCALIZAÇÃO UTM: ZONA 21M, LONGITUDE 732046.65 ME; LONGITUDE 9546451.62 MS. DISTÂNCIA DO CENTRO URBANO DE SANTARÉM ~211 KM.

Figura 10 – Areia Rurópolis.



Fonte: GOOGLE EARTH, acessado em 22/03/2014.