UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL – UNIJUI

LUANA CAROLINE MÜLLER

ESTUDO DE PRODUÇÃO E DESEMPENHO DE BLOCOS DE CONCRETO

Ijuí

2015

LUANA CAROLINE MÜLLER

ESTUDO DE PRODUÇÃO E DESEMPENHO DE BLOCOS DE CONCRETO

Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado como requisito para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Lucas Fernando Krug

Ijuí

2015

LUANA CAROLINE MÜLLER

ESTUDO DE PRODUÇÃO E DESEMPENHO DE BLOCOS DE CONCRETO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo membro da banca examinadora.

Ijuí, 26 de novembro de 2015

Prof. Lucas Fernando Krug

Mestre pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS) - Orientador

Prof. Lia Geovana Sala

Coordenador (a) do Curso de Engenharia Civil/UNIJUÍ

BANCA EXAMINADORA

Prof. Jeancarlo Ribas (UNIJUÍ)

Mestre pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Dedico este trabalho aos meus pais Enio e Lelia, em agradecimento ao seu verdadeiro amor, carinho e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter permitido que tantas coisas maravilhosas acontecessem ao longo de minha vida. Por ter me abençoado, não somente nestes anos como universitária, mas em todos os momentos da minha trajetória, sempre me iluminando e guiando-me pelo melhor caminho, ensinando-me a cada dia o verdadeiro sentido da vida.

Aos meus pais Enio e Lelia Müller, meus verdadeiros heróis, meu porto seguro. A eles devo tudo que sou, e sou grata pelo apoio incansável e dedicação em todos os momentos. Agradeço pelo amor incondicional, pelas horas perdidas de sono, por todo o carinho e compreensão, enfim, agradeço por tudo que sempre fizeram para ver os meus sonhos serem realizados.

Aos meus irmãos Robinson e Alisson, juntamente com minhas cunhadas, que sempre estão ao meu lado me apoiando em todas as minhas decisões. Agradeço pelos ensinamentos, conselhos, e, principalmente, por terem sempre me incentivado a estudar e a nunca desistir. Agradeço por todo o amor e carinho.

Ao meu namorado William, meu melhor amigo, meu companheiro de todas as horas, com quem compartilho todas as alegrias e tristezas. Agradeço pela paciência durante todos esses anos e por todo o apoio, nunca medindo esforços para me ajudar no que precisei, sempre dedicando a mim todo o seu amor e carinho.

Aos mestres desta universidade pelos ensinamentos, em especial ao meu orientador Professor Me. Lucas Fernando Krug, por ter me apoiado na escolha do tema desse trabalho e ter me incentivado em todos os momentos. Agradeço por todas as horas que dedicou para me orientar, não medindo esforços para me auxiliar.

A toda a equipe do laboratório de Engenharia Civil da Unijuí, em especial ao técnico Luiz Donato, por todo o apoio e ensinamentos durante o período de ensaios, não esquecendo das dicas e puxões de orelha, os quais levarei para toda a vida profissional.

Agradeço de coração aos meus verdadeiros amigos, que sempre estão ao meu lado quando mais preciso, com quem compartilho os momentos bons e ruins. Agradecer pela paciência que

tiveram durante o período de graduação, suportando meus momentos de estresse ou minhas impossibilidades de visitá-los. Aos amigos que conheci durante esta caminhada, com os quais dividi muitos sentimentos, os quais, com certeza vão continuar presentes na minha vida.

Enfim, agradecer a todos que de uma ou outra forma estiveram ao meu lado durante esta caminhada, me incentivando, apoiando, me alegrando naqueles momentos difíceis e também aos que comemoraram comigo as vitorias. A todos os meus sinceros agradecimentos.

"Se um dia tiver que escolher entre o mundo e o amor lembre-se:
se escolher o mundo ficará sem o amor, mas se escolher o amor
com ele você conquistará o mundo."

Albert Einstein

RESUMO

MÜLLER, L. C. **Estudo de Produção e Desempenho de Blocos de Concreto**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2015.

Conforme a NBR 6136 (2014), blocos de concreto são peças confeccionadas com cimento Portland, água e agregados minerais, podendo ou não conter aditivos. Os blocos são produzidos com um concreto seco, ou seja, um concreto levemente umedecido de abatimento zero. A principal diferença entre o concreto seco e o plástico está na determinação da resistência da mistura, sendo que para o concreto plástico esta é proporcional a relação água/cimento, e para o concreto seco, a resistência depende do grau de compactação que os equipamentos proporcionam às peças. Para a fabricação dos blocos de concreto, muitas empresas utilizam uma dosagem empírica, ou seja, onde os traços, ou são passados de geração para geração, ou simplesmente são criados pelos proprietários, sem base técnica ou estudo. No entanto, conforme Fernandes (2013), a realização de um estudo de dosagem é de fundamental importância, sendo que com isso, pode-se obter maior resistência com um menor custo de produção. Ainda conforme este autor, os principais fatores que influenciam na qualidade dos blocos de concreto, são os materiais utilizados, os equipamentos e o sistema de cura adotado. Com base nisso, foi possível, com este trabalho, comparar em termos de resistência à compressão e absorção de água, os blocos produzidos a partir de traços empíricos e os blocos produzidos por meio de dosagens técnicas, onde verificou-se que a realização de um estudo técnico é muito importante para fabricação destes produtos, pois tem-se a garantia de qualidade do bloco, com uma grande economia de fabricação, levando-se em consideração um maior controle de produção.

Palavras-chave: Dosagem. Fabricação. Qualidade.

ABSTRACT

MÜLLER, L. C. **Estudo de Produção e Desempenho de Blocos de Concreto**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. Curso de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, Ijuí, 2015.

According to NBR 6136 (2014), concrete blocks are pieces made of Portland cement, water and mineral aggregates, which may or may not contain additives. The blocks are produced with a dry concrete, in other words, a slightly moistened concrete scratch reduction. The main difference between the dry and plastic concrete is the identification of the mixture resistance, since that for plastic concrete this is proportional to the water/cement ratio, and for dry concrete the resistance depends on the degree of compression that the equipment provides to the pieces. For manufacture of concrete blocks, many companies use an empirical dose, where the traits, either are passed from generation to generation or are simply created by the owners without technical or study basis. However, according to Fernandes (2013), the realization of a dosing study is of fundamental importance, and with it, you can achieve greater strength with a lower cost of production. Also according to this author, the main factors that influence the quality of concrete blocks are the materials used, the equipment and the curing system adopted. Based on these facts, it was possible with this study to compare in terms of resistance to water compression and absorption, blocks produced from empirical traits and blocks produced by techniques dosages, where it was found that the achievement of a technical study is very important for the manufacture of these products, for we have the guarantee of block quality, with a large manufacturing economy, taking into account a greater production control.

Keywords: Dosage. Manufacturing. Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista Aérea da Empresa 37
Figura 2 - Equipamentos para fabricação dos blocos 39
Figura 3 - Cimento 39
Figura 4 - Areia Média 40
Figura 5 - Brita Zero (Pedrisco) 40
Figura 6 - Pó de Pedra 40
Figura 7 - Silo de agregados 41
Figura 8 - Painel de controle 42
Figura 9 - Esteira transportadora de agregados 42
Figura 10 - Padiola contendo a mistura 43
Figura 11 - Silo rasga sacos de cimento 43
Figura 12 - Reservatórios de água 44
Figura 13 - Processo de Vibro - Prensagem Hidráulica 45
Figura 14 - Cura dos Blocos 45
Figura 15 - Estocagem dos blocos na fábrica 46
Figura 16 - Layout da Fábrica de Blocos 47
Figura 17 - Agregados na Estufa 49
Figura 18 - Massa Unitária Solta dos Agregados 49
Figura 19 - Densidade Real do Agregado Miúdo (Frasco de Chapmann) 51
Figura 20 - Quarteamento dos Agregados 54
Figura 21 - Granulometria dos Agregados 54
Figura 22 - Faixa granulométrica indicada para blocos de concreto 58
Figura 23 - Ensaio da Frigideira 59
Figura 24 - Análise Dimensional dos Blocos 61
Figura 25 - Secagem dos blocos em estufa 62
Figura 26 - Blocos imersos em água (Saturação) 63
Figura 27 - Capeamento dos blocos com argamassa 64
Figura 28 - Ensaio de Resistência à compressão 65
Figura 29 - Curva granulométrica de dosagem - traço 01 70
Figura 30 - Curva Granulométrica de dosagem - traço 02 74

Figura 31 - Curva granulométrica de dosagem - traço 03 78
Figura 32 - Resistências à compressão dos lotes de blocos em 7 e 28 dias..... 82
Figura 33 - Absorção Média de Água dos lotes de blocos em 7 e 28 dias..... 83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dimensões Nominais 19
Tabela 2 - Designação por classe, largura e espessura mínima das paredes de blocos 20
Tabela 3 - Requisitos para resistência característica à compressão, absorção e retração .. 20
Tabela 4 - Caracterização do Cimento CPII - Z 48
Tabela 5 - Densidade Aparente dos Agregados 50
Tabela 6 - Densidade Real dos Agregados Miúdos (Frasco de Chapmann) 51
Tabela 7 - Densidade Real do Agregado Graúdo 52
Tabela 8 - Índice de Vazios dos Agregados 53
Tabela 9 - Série de Peneiras 53
Tabela 10 - Dimensão Máxima Característica e Módulo de Finura dos Agregados 55
Tabela 11 - Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado miúdo 56
Tabela 12 - Quantidade de materiais pulverulentos 57
Tabela 13 - Tamanho da amostra 60
Tabela 14 - Traço do lote referência 66
Tabela 15 - Análise dimensional do lote referência 67
Tabela 16 - Resistência à Compressão do lote referência 68
Tabela 17 - Absorção de Água traço referência 69
Tabela 18 - Proporção de Materiais e Módulo de Finura da mistura - traço 01 70
Tabela 19 - Traço utilizado no lote 01 71
Tabela 20 - Volume de Vazios da mistura - lote 01 71
Tabela 21 - Análise dimensional - lote 01 72
Tabela 22 - Resistência à compressão - traço 01 72
Tabela 23 - Absorção de Água - Lote 01 73
Tabela 24 - Proporção de Materiais e Módulo de Finura da mistura - traço 02 73
Tabela 25 - Traço utilizado no lote 02 74
Tabela 26 - Volume de Vazios na mistura - lote 02 75
Tabela 27 - Análise dimensional - lote 02 76
Tabela 28 - Resistência à Compressão - lote 02 76
Tabela 29 - Absorção de Água - lote 02 77
Tabela 30 - Proporção de Materiais e Módulo de Finura da mistura - traço 03 77

Tabela 31 - Traço utilizado no lote 03 78
Tabela 32 - Volume de Vazios na mistura - lote 03 79
Tabela 33 - Análise dimensional - lote 03 80
Tabela 34 - Resistência à Compressão - Lote 03 80
Tabela 35 - Absorção de Água- lote 03 80
Tabela 36 - Resistências à compressão dos lotes de blocos em 7 e 28 dias 82
Tabela 37 - Absorção Média de Água dos lotes de blocos em 7 e 28 dias 83
Tabela 38 - Índice de Vazios X Resistência à Compressão 84
Tabela 39 - Análise de custos entre os lotes 85

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASTM	Sociedade Americana de Testes e Materiais
CP II-E	Cimento Portland composto com escória
CP II-F	Cimento Portland composto com filer
CP II-Z	Cimento Portland composto com pozolana
CP V - ARI	Cimento de Alta Resistência Inicial
LEC	Laboratório de Engenharia Civil
MPa	Mega Pascal
NBR	Norma Brasileira
NM	Norma Mercosul
UNIJUI	Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12

1.1 CONTEXTO 13

1.2 PROBLEMA 13

1.2.1 Questões de Pesquisa 14

1.2.2 Objetivos de Pesquisa 14

2 REVISÃO DA LITERATURA 15

2.1 CONCRETO 15

2.1.1 Concreto Plástico 15

2.1.2 Concreto Seco 16

2.2 BLOCOS DE CONCRETO 17

2.2.1 Fatores que influenciam na fabricação dos Blocos de Concreto 21

2.2.1.1 Instalações e Equipamentos 22

2.2.1.2 Matéria Prima 24

2.2.1.3 Sistemas de Cura 32

2.2.1.4 Dosagem 33

2.3 DOSAGEM DO CONCRETO SECO 34

2.3.1 Traços 35

3 MÉTODO DE PESQUISA 36

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA 36

3.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA 36

3.2.1 Apresentação da Empresa 36

3.2.1.1 Equipamentos 38

3.2.1.2 Matéria Prima 39

3.2.1.3 Etapas de Fabricação ... 41

3.2.2 Ensaios de Caracterização dos Materiais ... 48

3.2.2.1 Caracterização dos Agregados ... 48

3.2.2.2 Densidade Aparente ... 49

3.2.2.3 Densidade Absoluta ou Densidade Real ... 50

3.2.2.4 Índice de Vazios ... 52

3.2.2.5 Composição Granulométrica ... 53

3.2.2.6 Quantidade de Materiais Pulverulentos ... 55

3.2.3 Dosagem ... 57

3.2.4 Ensaios Laboratoriais dos Blocos de Concreto ... 59

3.2.4.1 Análise Dimensional ... 60

3.2.4.2 Absorção de Água ... 62

3.2.4.3 Resistência à Compressão ... 63

4 RESULTADOS ... 66

4.1 TRAÇO REFERÊNCIA ... 66

4.1.1 Ensaios Laboratoriais do Lote Referência ... 66

4.2 Traços obtidos ... 69

4.2.1 Traço 01 ... 69

4.2.1.1 Ensaios Laboratoriais do Lote 01 ... 71

4.2.2 Traço 02 ... 73

4.2.2.1 Ensaios Laboratoriais do Lote 02 ... 75

4.2.3 Traço 03 ... 77

4.2.3.1 Ensaios Laboratoriais do lote 03 ... 79

4.3 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS ... 81

4.3.1 Análise de Custos ... 84

5 CONCLUSÃO 86

5.1 Sugestões para Trabalhos Futuros 88

REFERÊNCIAS 89

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR 93

ANEXO A 94

ANEXO B 98

ANEXO C 102

ANEXO D 106

1 INTRODUÇÃO

Os blocos de concreto são peças confeccionadas com cimento Portland, agregados minerais e água, podendo ou não conter aditivos (NBR 6136, 2014). Podem ser utilizados em diferentes áreas da construção civil, podendo ser empregados tanto para vedação como para alvenaria estrutural, dependendo da classe em que se enquadra.

A utilização dos blocos de concreto no Brasil vem aumentando muito no decorrer dos anos, com isso aumentam também o numero de empresas fabricantes desses produtos. Porem, muitas dessas empresas iniciam suas atividades de maneira eufórica e sem planejamento, sem nenhum estudo em relação à dosagem ou controle de qualidade de seus produtos.

Alem dessas empresas, também existem aquelas que estão há tempo no mercado, no entanto, utilizando um traço para seus produtos que é passado de geração para geração, sem se ter um conhecimento real de sua origem, ou em muitos casos acabam criando seus próprios traços por meio e tentativas.

Para ambos os casos, pode-se afirmar que os produtos são produzidos de forma empírica, onde não se tem um conhecimento do estudo feito para obtenção do traço.

Conforme Fernandes (2013), para adquirir qualidade para os blocos de concreto, devem ser observados vários aspectos desde a montagem e organização da empresa até a dosagem e fabricação do produto final. O controle da qualidade através de ensaios laboratoriais desses produtos também é de fundamental importância para garantia da qualidade dos blocos.

Baseando-se nisso, este trabalho tem por principal objetivo verificar a importância de um estudo de dosagem para fabricação de blocos de concreto. Para tanto, será realizado um comparativo entre a dosagem feita por uma determinada empresa de forma empírica, e a dosagem calculada e estudada em laboratório, com o objetivo de se diminuir o custo de produção e ao mesmo tempo, melhorar a qualidade desses produtos.

1.1 CONTEXTO

O tema escolhido está ligado diretamente à construção civil, e, como se sabe, o número de construções utilizando-se dos blocos de concreto, principalmente para alvenaria estrutural, estão crescendo muito no decorrer dos anos. Com isso, cresce também a necessidade de um maior controle na produção desses artefatos, sendo que, uma empresa com produtos certificados e de qualidade garantida tem um maior ganho de mercado que empresas sem certificação.

Levando-se isto em consideração, optou-se por este tema, com o intuito de ampliar os conhecimentos em relação aos blocos de concreto, suas principais características e sistemas de produção. Também objetiva-se com esse trabalho verificar a importância do controle e planejamento da produção dos blocos de concreto, e com isso, auxiliar uma empresa da região Noroeste do Estado a melhorar a qualidade e certificação de seus produtos.

1.2 PROBLEMA

Os blocos de concreto são utilizados no Brasil desde o final da década de 60, onde são empregados tanto para alvenaria estrutural como de vedação. A utilização desse tipo de alvenaria tem aumentado muito no decorrer dos anos, o que gerou um crescimento no número de empresas fabricantes desses produtos (RAMALHO, 2003).

Com o grande crescimento na utilização dos blocos de concreto, muitas empresas acabaram surgindo de forma desorganizada, iniciando a produção sem um planejamento ou controle dessa fabricação. Porém, os consumidores estão cada vez mais exigentes, fazendo com que estas empresas percam mercado para a concorrência.

Conforme Fernandes (2013) existe uma grande diferença entre um bloco produzido de acordo com as normas técnicas e um bloco produzido empiricamente. Os blocos normatizados possuem padrões de tamanhos e formatos, os quais, se utilizados de maneira correta podem gerar grande economia na obra, apresentando uma obra limpa e organizada.

Considerando esses dados, tem-se por objetivo com este trabalho verificar a real importância de um estudo de dosagem para fabricação dos blocos de concreto, buscando-se

através disso, obter-se um produto com maior resistência e menor consumo de cimento, gerando-se assim, maior economia de produção.

1.2.1 Questões de Pesquisa

Questão principal

- Existe diferença na resistência e na absorção de blocos de concreto produzidos através de um traço empírico e outro baseado em estudo de dosagem?

Questões secundárias

- Uma dosagem baseada em estudos pode gerar economia na fabricação dos blocos de concreto?
- Quais são os procedimentos indispensáveis para uma produção de blocos com qualidade?

1.2.2 Objetivos de Pesquisa

Objetivo Geral

- Verificar a importância da realização de um estudo de dosagem para a produção de blocos de concreto;

Objetivos específicos

- Obter traços para melhorar a qualidade dos blocos de concreto;
- Buscar maior economia na fabricação;
- Identificar possíveis falhas na fabricação desses produtos;
- Verificar quais são os fatores que mais influenciam na produção dos blocos de concreto;

2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo serão inicialmente apresentados os referenciais teóricos sobre o concreto e seus diferentes tipos, mais especificamente sobre o concreto seco, que é utilizado na fabricação dos blocos de concreto. Serão apresentados também, embasamentos teóricos referentes aos blocos de concreto, suas principais características, dosagem e fatores que influenciam na sua fabricação.

2.1 CONCRETO

O concreto é um material muito utilizado na construção, sendo produzido através da mistura de agregados graúdos e miúdos, cimento e água, além da possível utilização de alguns aditivos químicos e adições minerais (ALMEIDA; PURIFICAÇÃO FILHO, 2014).

Petrucci (1998) conceitua o concreto como um material de construção constituído pela mistura de um aglomerante materiais inertes e água, sendo estes materiais inertes, os agregados, tanto graúdos como miúdos.

Segundo Felipe (2010), após a confecção, o concreto deve apresentar plasticidade e coesão suficiente, para facilitar as operações de manuseio, sejam elas manuais ou por máquinas de pré-fabricados, adquirindo resistência no decorrer do tempo por meio da reação química do cimento com a água.

Dependendo de seu comportamento e suas propriedades, os concretos podem ser divididos em dois significativos grupos: os concretos plásticos e os concretos secos (PETRUCCI, 1998).

2.1.1 Concreto Plástico

"Os concretos plásticos apresentam como principal característica, a formação de uma massa facilmente adensável após a mistura e homogeneização dos seus agregados e aglomerantes." (ALMEIDA; PURIFICAÇÃO FILHO, 2014, p.62).

Segundo Almeida e Purificação Filho (2014), os concretos plásticos obedecem à lei de Abrams, que é considerada como o principal parâmetro para a definição da resistência e durabilidade dos concretos plásticos, indicando ainda, que quanto menor a relação água/cimento, maior será o desempenho do concreto.

Fernandes (2013) define o concreto plástico como um produto que precisa permanecer dentro de um molde durante um determinado tempo, ate endurecer, para então ser desformado ou desmoldado.

Para a maior resistência dos concretos plásticos, a quantidade de água adicionada a mistura interfere significativamente, sendo o fator água/cimento um dos fatores mais importantes na dosagem deste tipo de concreto. Segundo Fernandes (2013), quanto menor a quantidade de água adicionada, maior será a resistência de um concreto plástico, ou seja, sua resistência é inversamente proporcional a quantidade de água da mistura.

2.1.2 Concreto Seco

Diferentemente do concreto plástico, o concreto seco, possui uma consistência bem maior, devido à menor quantidade de água empregada, o que ocorre para que a desforma das peças possa ser feita imediatamente após a mistura do concreto (FRASSON JR; OLIVEIRA; PRUDÊNCIO JR, [20--?]).

Os concretos secos são chamados assim por sua mistura possuir características de um concreto levemente umedecido, fazendo com que o seu abatimento seja zero, e exigindo assim, a utilização de maquinas especiais para a retirada do ar aprisionado no interior da mistura (FRASSON JR; OLIVEIRA; PRUDÊNCIO JR, [20--?]).

"São propriedades do concreto fresco: a consistência, a textura, a trabalhabilidade, a integridade da massa (oposto de segregação), o poder de retenção de água (oposto de exsudação) e a massa específica" (PETRUCCI, 1998, p.81). A trabalhabilidade, conforme Petrucci (1998) é a capacidade de o concreto ser empregado em uma determinada finalidade, sem perder a sua homogeneidade, e a consistência é um dos principais fatores que influenciam esta

trabalhabilidade. A consistência do concreto é determinada pelo abatimento do tronco de cone (Slump test).

No entanto, o ensaio de abatimento não pode ser realizado com todos os tipo de concreto, sendo um desses o concreto seco, pois sua consistência e sua trabalhabilidade são diferentes. Por isso diz-se que este é um concreto de abatimento zero, ou também um concreto sem abatimento (ALMEIDA; PURIFICAÇÃO FILHO, 2014).

Para a determinação das propriedades mecânicas do concreto seco, nem sempre são levadas em consideração as mesmas especificações observadas para o concreto plástico. A lei de Abrams, por exemplo, segundo Almeida e Purificação Filho (2014), não é seguida a risca, já que reduções na relação água/cimento não garantem acréscimos na resistência à compressão.

A maior diferença, portanto, entre concreto seco e plástico está na determinação da resistência da mistura. Para o concreto plástico esta é proporcional à relação água/cimento empregada no traço. Já no concreto seco, a resistência é proporcional ao grau de compactação ou adensamento que o equipamento proporciona às peças. (FERNANDES, 2013).

Como exemplos de concreto plástico podem ser citados o concreto convencional utilizado nas obras para concretagem das estruturas, ou então o graute, utilizado nas obras de alvenaria estrutural. Já o concreto seco é utilizado na fabricação de peças, como, pisos intertravados, tubos, e, principalmente, blocos para alvenaria estrutural. (PIROLA, 2011)

2.2 BLOCOS DE CONCRETO

Os blocos de concreto são os principais componentes da alvenaria estrutural, pois são responsáveis pela definição das características resistentes da estrutura. Além do bloco, também existem outros componentes necessários para o bom funcionamento da alvenaria estrutural: o graute, a argamassa e a armadura (RAMALHO, 2003).

"O bloco de concreto vazado é um componente industrializado, produzido em equipamentos que realizam a vibração e prensagem dos insumos utilizados na sua composição e fabricação." (SANTOS, 2011, p.19)

Segundo Fernandes (2013), o bloco de concreto para alvenaria foi inventado em 1832, na Inglaterra, porém em formato maciço. Em 1850, no entanto, ainda pelos ingleses foi inventado o bloco vazado, com o objetivo de diminuir o peso próprio do artefato.

A utilização dos blocos de concreto no Brasil teve seu inicio formal apenas no final da década de 60, mais especificamente no ano de 1966, quando surgiram os primeiros edifícios em alvenaria estrutural (RAMALHO, 2003).

Atualmente, o produto é encontrado em todo o território brasileiro, nos mais diferentes segmentos da construção civil (FERNANDES, 2013).

Com o aumento significativo na utilização dos blocos de concreto no Brasil, também ocorreu nos últimos anos um aumento no numero de empresas fabricantes desse produto. Com isso, varias dessas empresas, pela grande concorrência, passaram a se preocupar mais com os custos, pesquisas e utilização de novos materiais para sua fabricação (RAMALHO 2003).

As normas que regem a fabricação dos blocos de concreto no Brasil atualmente são a NBR 6136 atualizada em 2014 e a NBR 12118, em vigor desde 2013.

A NBR 6136 (ABNT, 2014) define os blocos como: "[...] blocos vazados de concreto simples, confeccionados com cimento Portland, água e agregados minerais, com ou sem inclusão de outros materiais, destinados à execução de alvenaria estrutural."

O bloco vazado de concreto simples, por sua vez, é definido seguinte maneira: "componente para execução de alvenaria, com ou sem função estrutural, vazado nas faces superior e inferior, cuja área liquida é igual ou inferior a 75% da área bruta." (NBR 6136, 2014, p.1) Esta norma tem por principal objetivo, fixar algumas condições que devem ser verificadas para a possível aceitação dos blocos de concreto.

A NBR 6136 (ABNT, 2014), padroniza os tamanhos dos blocos de concreto. Conforme Fernandes (2013), estes são divididos em famílias, as quais são formadas por peças pertencentes a uma determinada linha. As linhas determinam a largura e o comprimento da peça predominante, as quais podem ser de 10x40, 15x30 ou 15x40, entre outras linhas. A linha mais utilizada é a de 15x40, onde a peça principal possui dois furos vazados e dimensões de 14x19x39cm (largura x altura x comprimento).

As famílias de blocos fabricadas no Brasil são as seguintes: 6,5; 9,0; 11,5; 14,0; e 19,0, sendo que cada família possui um bloco predominante e seus complementos. (FERNANDES, 2013).

A NBR 6136 (ABNT, 2014) define o bloco predominante como sendo o bloco inteiro. Alem do bloco predominante da família, os fabricantes fornecem ainda o meio-bloco, a caneleta e a meia- caneleta, que são chamados de complementos. Esses complementos têm o papel de facilitar a montagem das paredes e evitar cortes nos blocos evitando assim, entulhos nas obras (YAZIGI, 2009).

A seguir tem-se uma tabela com todas as dimensões padronizadas dos blocos de concreto e suas respectivas famílias:

Tabela 1 - Dimensões Nominais

Família			20x40	15x40	15x30	12,5x40	12,5x25	12,5x37,5	10x40	10x30	7,5x40
Medida Nominal (mm)	Largura		190	140		115			90		65
	Altura		190	190	190	190	190	190	190	190	190
	Comprimento	Inteiro	390	390	290	390	390	365	390	290	390
		Meio	190	190	140	190	115		190	140	190
		2/3						240		190	
		1/3						115		90	
		Amarração "L"		340							
		Amarração "T"		540	440		365			290	
		Compensador A	90	90		90			90		90
		Compensador B	40	40		40			40		40
		Canaleta Inteira	390	390	290	390	240	365	390	290	
		Meia Canaleta	190	190	140	190	115		190	140	

Nota 1 - As tolerâncias permitidas nas dimensões dos blocos indicados nesta Tabela são de ± 2,0mm para a largura e ± 3,0mm para a altura e para o comprimento.
Nota 2 -Os componentes das famílias de blocos de concreto tem 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: Reconstrução da tabela 1 da NBR 6136 (ABNT, 2014, p. 5)

A NBR 6136 (ABNT, 2014), também classifica os blocos de concreto com relação ao seu uso, sendo estes divididos em três classes: A, B e C. As classes são definidas de acordo com a espessura das paredes dos blocos, sendo a tolerância permitida de 1,0mm (tabela 2) e também pelos requisitos físico-mecânicos (resistência característica à compressão, absorção e retração), de acordo com a tabela 3.

Tabela 2 - Designação por classe, largura e espessura mínima das paredes de blocos

Classe	Largura Nominal (mm)	Paredes Longitudinais (a) (mm)	Paredes Transversais	
			Paredes (a) (mm)	Espessura Equivalente (b) (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

a - Média das medidas das paredes tomadas no ponto mais estreito.

b - Soma das espessuras de todas as paredes transversais aos blocos (em milímetros), dividida pelo comprimento nominal do bloco (em metros).

Fonte: Reconstrução da tabela 2 da NBR 6136 (ABNT, 2014, p. 5)

Tabela 3 - Requisitos para 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	fbk ≥ 8,0	≤ 8,0	≤ 6,0	≤ 16,0	≤ 13,0	≤ 0,065
	B	4,0 ≤fbk < 8,0	≤ 10,0	≤ 8,0			
Com ou sem função estrutural	C	fbk ≥ 3,0	≤ 12,0	≤ 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: Reconstrução da tabela 3 da NBR 6136 (ABNT, 2014, p. 7)

De acordo com a NBR 6136 (ABNT, 2014), para aplicação abaixo do nível do solo, apenas podem ser utilizados blocos de Classe A. Os blocos com função estrutural de Classe C possuem algumas restrições:

- Blocos com largura de 90 mm apenas podem ser utilizados em edificações de no máximo um pavimento.
- Blocos com largura de 115 mm, podem ser utilizados em edificações de no máximo dois pavimentos.
- Blocos com larguras de 140 mm e 190 mm são permitidos para edificações até cinco pavimentos.

Conforme a norma supracitada, somente é permitida a utilização de blocos que apresentem um aspecto homogêneo, que sejam compactados e que não apresentem nenhum tipo de trinca ou imperfeição, sendo que a presença de algum desses defeitos pode prejudicar o assentamento dos blocos ou ate afetar a durabilidade e resistência da construção.

Ainda conforme esta mesma norma, os blocos de concreto devem ser identificados pelo fabricante, segundo os seus lotes e procedência, e transportados, de preferência, cubados ou paletizados para garantir sua qualidade até a entrega na obra.

É possível ver uma grande diferença entre um bloco normatizado e um bloco feito sem nenhuma técnica: "O bloco normatizado possui formato e dimensões padronizadas, e cada linha possui uma família de componentes que, aplicados dentro da boa técnica, proporcionam um sistema construtivo limpo, prático, rápido e eficiente" (FERNANDES, 2013, p.21).

Segundo Fernandes (2013), o bloco que cumpre os padrões da ABNT é vazado e possui apenas dois furos (com exceção para os blocos especiais de 54 e 44 cm). Possui arestas firmes e definidas, e, além de ser produzido para ser utilizado na alvenaria estrutural, também pode ser produzido apenas para cumprir o papel de vedação.

2.2.1 Fatores que influenciam na fabricação dos Blocos de Concreto

Vários fatores devem ser levados em consideração durante a fabricação de blocos de concreto. Entre os mais importantes estão: as instalações e equipamentos utilizados, a escolha da matéria prima para produção, a quantidade e qualidade da água de amassamento, a cura e os métodos de dosagem utilizados (FERNANDES, 2013).

2.2.1.1 Instalações e Equipamentos

O tipo de equipamento utilizado na fabricação dos blocos de concreto tem grande influência na qualidade final do produto. Fernandes (2013, p.21) diz o seguinte:

> Os blocos de concreto podem ser produzidos em equipamentos manuais, pneumáticos ou hidráulicos, por meio de vibro compactação e extrusão imediata, de uma mistura homogênea de cimento, areia, pó de pedra, pedrisco, água e aditivos facilitadores de moldagem.

Inúmeros tipos e modelos de equipamentos para fabricação de blocos estão disponíveis no mercado, onde se pode optar por uma maquina manual, que fabrica apenas 800 blocos por dia a um custo de fabricação alto, devido ao grande consumo de cimento. Ou então, pode-se escolher uma instalação automatizada composta de vibro-prensa hidráulica com vibração sincronizada, sendo esta segunda opção capaz de produzir em torno de 20000 blocos em um turno de 8 horas. (FERNANDES, 2013)

Conforme o autor supracitado, o que diferencia bastante um tipo de equipamento para outro, é o custo de instalação, sendo que um equipamento manual possui um custo na base de R$10.000,00, e uma vibro-prensa hidráulica possui um custo cem vezes maior, somente a maquina. No entanto, as vantagens de se adquirir um equipamento automatizado são muitas, como por exemplo, atingir uma resistência alta no produto, sem a utilização de grandes quantidades de cimento.

A seguir estão descriminados alguns equipamentos importantes para uma fábrica de blocos de médio porte, conforme Fernandes (2013):

a) Baias de Agregados - compartimentos construídos com o intuito de separar cada agregado e protegê-lo de possíveis contaminações com outros materiais.

b) Usina Dosadora - a maneira de proporcionar os agregados varia muito de acordo com o porte da empresa. As formas de se dosar os agregados variam desde carrinhos de mão e giricas, ate correias transportadoras com seção controlada (volume é medido por unidade de tempo), e usinas gravimétricas (providas de balanças que funcionam de forma programada - dosagem automática).

c) Silos de Cimento a Granel ou Silo Rasga Saco - o cimento pode ser estocado tanto a granel como em sacos. O cimento a granel deve ser estocado em silos, os quais possuem capacidade em torno de 60 a 120 toneladas, sendo que a dosagem desse cimento é feita de forma automática. Quando o cimento é estocado em sacos, tem-se também a possibilidade de realizar a dosagem automática, no entanto, deve-se ter na empresa o silo rasga sacos, através do qual rasga-se o saco de cimento, e o material é levado de forma automática ate a balança, onde será pesado e dosado de acordo com programação da maquina.

d) Misturadores - pela grande necessidade de energia necessária na mistura do concreto seco, são necessários para fabricação dos blocos, misturadores especiais, como os biplanetários do tipo batedeiras de bolo, os de eixo horizontal helicoidal, os de eixo vertical fixo ou os horizontais de pás.

e) Dosadores de Água e Umidade - a melhor maneira de se obter a umidade adequada na produção dos blocos é através de sistemas mecânicos de dosagem de água, que pode ser feito apenas através de dois registros interligados, que ao abrir um o outro fecha, ou então por um sistema mais sofisticado que controla o fluxo de liquido. Através desse sistema controlador de fluxo pode-se ter a quantidade exata de água necessária na mistura, sendo que este sistema avalia o grau de umidade existente nos agregados e quantidade necessária de adição para obtenção da umidade programada.

f) Sistema Dosador de Aditivos - o sistema dosador de aditivos funciona da mesma forma que o sistema dosador de água. Este sistema dosador de aditivos podem ser acoplado ao sistema dosador da água, ou ter um sistema independente.

g) Vibro-prensas - entre os equipamentos de vibro-prensas existentes, os mais eficientes são os hidráulicos, pois possibilitam fabricarem-se peças bem compactadas resultando em produtos com alta resistência e baixo custo. Alem das vibro-prensas hidráulicas, também existem as pneumáticas e as manuais, que por não proporcionarem uma boa energia de compactação, resultam em produtos com qualidade inferior aos produzidos pelas maquinas hidráulicas.

h) Câmaras de Cura - são compartimentos onde os produtos são deixados de um dia para o outro, em condições adequadas para a hidratação do cimento. Este período, normalmente está entre 16 e 30 horas. Estas câmaras de cura, de preferência devem ser fechadas, cobertas com telhas metálicas pintadas de preto para absorver o calor do sol e ainda, pode ser instalado um ventilador aspensor para movimentar e homogeneizar o ar no interior da câmara.

Além desses, é importante também a utilização de alguns equipamentos, como pá carregadeira, empilhadeira para movimentação de prateleiras e as bandejas para colocação das peças (FERNANDES, 2013).

2.2.1.2 Matéria Prima

"Além das preocupações normais com os equipamentos de produção, instalações e acessórios, é fundamental conhecer também as características dos materiais empregados na fabricação dos blocos [...]" (FERNANDES, 2013, p.51). Conforme Fernandes (2013), o desconhecimento dessas características na definição do traço pode levar a um consumo excessivo de cimento, menor produtividade e, conseqüentemente, excesso de gastos na produção.

De maneira geral, os materiais utilizados na produção dos blocos, também chamados de matéria prima, são os mesmos utilizados na produção do concreto convencional, no entanto, o concreto utilizado para a fabricação dos blocos, por ser mais seco, possui algumas características que devem ser observadas, principalmente com relação à granulometria dos insumos utilizados. (ALMEIDA; PURIFICAÇÃO FILHO, 2014)

Como já comentado anteriormente, o concreto é composto de um aglomerante, agregados, água e por vezes algum tipo de aditivo, materiais que exigem alguns cuidados especiais, que estão especificados nos itens a seguir.

2.2.1.2.1 Aglomerantes

Para fabricação dos blocos de concreto, o aglomerante utilizado é o Cimento Portland, que é definido da seguinte maneira: "aglomerante hidráulico artificial, obtido pela moagem de clíquer portland, sendo geralmente feita a adição de uma ou mais formas de sulfato de cálcio." (YAZIGI, 1998, p.181).

Almeida e Purificação Filho (2014 apud SOUZA, 2001), explica que para a fabricação de blocos de concreto podem ser utilizados praticamente todos os tipos de cimento, no entanto, devem ser avaliados alguns parâmetros, que podem afetar as propriedades do produto final, como a compatibilidade entre o tipo de cimento e os outros materiais empregados, e o método utilizado para a cura desse material.

Conforme Fernandes (2013), pela necessidade de manuseio já no dia seguinte, os cimentos mais indicados para a produção de blocos, são os cimentos do tipo II (composto) e do tipo V (ARI), pois apresentam maior resistência nas primeiras idades.

Os cimentos compostos possuem três classificações significativas: CP II-E - Cimento Portland composto com escória, CP II-Z - Cimento Portland composto com pozolana e CP II-F - Cimento Portland composto com fíler (NBR 11578/1991). Já os cimentos tipo ARI, segundo a NBR 5733 (ABNT, 1991), são apenas designados pela sigla CP V-ARI, o que representa o mínimo de resistência à compressão aos 7 dias de idade, ou seja, 34,0 MPa.

O cimento quando for utilizado na fabricação dos blocos ou de qualquer outro tipo de material, deve estar em um bom estado de conservação, e livre de umidade, para garantir suas propriedades. (FERNANDES, 2013)

"Os sacos de cimento devem ser armazenados em locais bem secos e bem protegidos para preservação da qualidade, e de forma que permita fácil acesso à inspeção e à identificação de cada lote." (NBR 5732/1991). A NBR 5732 (ABNT, 1991), especifica ainda, que o cimento deve ser estocado sobre estrados secos para evitar a umidade que vem do solo, e possuir uma quantidade de, no máximo, dez sacos empilhados um sobre o outro.

Segundo a NBR 5732 (ABNT, 1991), os cimentos podem ser entregues em sacos, contêineres ou a granel. Quando entregues em sacos, estes devem ter especificado de forma

visível as classes correspondentes, apresentar a quantidade liquida existente em cada saco, devendo esta ser de 50 kg, e ainda, estar em bom estado de conservação. Quando entregue a granel ou contêiner, todas as especificações (a sigla correspondente, a classe, a denominação normalizada - nome e marca do fornecedor e a massa líquida do cimento), devem estar especificadas na documentação que acompanha a entrega.

2.2.1.2.2 Agregados

"Agregado é o material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos." (BAUER, 2000, p.63)

Yazigi (1998, p.186) diferencia dizendo: "Entende-se por agregado o material granular, sem forma e volume definidos, geralmente inerte, de dimensões e propriedades adequadas para uso em obras de engenharia."

Para Petrucci (1998), os agregados são materiais inertes, em oposição ao aglomerante, que é parte ativa do concreto.

Os agregados podem ser classificados em graúdos ou miúdos, de acordo com as seguintes especificações:

A NBR 9935 (ABNT, 2011) define agregado miúdo como: "agregado cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha de 4,75mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 150 µm, [...]" Já o agregado graúdo, conforme a NBR 9935 (ABNT, 2011), é o agregado que passa pela peneira com abertura de malha de 75 mm, e fica retido na peneira com abertura de malha de 4,75mm.

Conforme Yazigi (1998), os agregados, além de serem classificados quanto ao tamanho, como graúdos e miúdos, ainda são reclassificados, sendo divididos em filer, areia, pedriscos, seixo rolado (cascalho ou pedregulho) e brita.

Outra maneira de identificar os agregados é pela origem, onde são chamados de naturais ou industrializados. Naturais são aqueles que já se encontram em forma particulada na natureza, como por exemplo, a areia e o cascalho. Os industrializados são aqueles que, como já diz o nome,

possuem a sua composição particulada através de processos industriais, como é o caso da rocha, da escoria de alto-forno e da argila. (BAUER, 2000).

Segundo Siqueira (2008, p.7), é fundamental o conhecimento das características dos agregados, como, massa especifica, composição granulométrica e teor de umidade, para se obter a dosagem do concreto.

Praticamente todos os agregados empregados no concreto convencional podem ser utilizados na fabricação de blocos. A única mudança está no tamanho máximo dos grãos, os quais devem ser menores que 1/2 polegada, para que estes possam ser utilizados em equipamentos com cavidades de pequenas dimensões. (FERNANDES, 2013)

Fernandes (2013), ainda aconselha que para blocos que terão aplicação aparente, o diâmetro máximo do agregado utilizado seja de 6,3 mm, e para blocos que receberão revestimento, o ideal é utilizar um diâmetro máximo de 9,5 mm.

Algumas características importantes devem ser observadas na hora de escolher o agregado utilizado na fabricação dos blocos. Segundo Fernandes (2013), o tipo de rocha utilizada influi na durabilidade do molde, assim como a dimensão máxima dos grãos também possui grande influência sobre o molde. A dimensão máxima também influencia no tempo de enchimento e no acabamento das peças.

A distribuição granulométrica é outra característica fundamental, pois através dela pode-se avaliar qual o melhor arranjo para que os agregados miúdos ocupem os lugares entre os graúdos, fazendo com que o volume de vazios e o consumo de cimento diminuam. Uma boa distribuição granulométrica influencia diretamente na trabalhabilidade do concreto, melhorando-a de forma considerável (BAUER, 2000).

Bauer (2000) destaca ainda outras características importantes que devem ser avaliadas na escolha do agregado: o formato dos grãos, a dureza, limpeza e a rugosidade superficial. Estas características possuem grande influência na aderência entre a pasta de cimento e o agregado.

Segundo Yazigi (1998), deve-se ter um cuidado especial com a estocagem desses materiais na fábrica. O autor indica que os agregados, tanto graúdos como miúdos, sejam depositados em solo firme e limpo, além de serem separados por baias.

A seguir alguns tipos de agregados que podem ser utilizados na fabricação dos blocos de concreto:

a) Areia Natural

"Areia, geologicamente, é um sedimento clástico inconsolidado, de grãos em geral quartzosos de diâmetros entre 0,06 e 2,0mm." (BAUER, 2000, p.78)

Conforme Bauer (2000), as areias são classificadas quanto à origem, como um agregado natural e quanto ao tamanho são classificadas como agregado miúdo. Os agregados naturais são facilmente encontrados na natureza, sendo considerados agregados naturais as areias de rio ou de cava, o seixo rolado e o cascalho (BAUER, 2000).

Pela facilidade de ser encontrada e por proporcionar melhor trabalhabilidade à mistura, a areia natural é muito utilizada na fabricação dos blocos de concreto. No entanto, deve-se haver um cuidado na escolha do tipo da areia a ser utilizada. Areias muito lavadas, como as de rio em sua maioria, possuem baixa quantidade de vazios, ocasionando pouca coesão à mistura e, conseqüentemente, aumentando a chance de quebra dos blocos ainda na fase de fabricação. (FERNANDES, 2013)

Ainda conforme Fernandes (2013), a areia natural, para ser de boa qualidade deve ser limpa, isenta de qualquer tipo de impurezas e ainda ter uma boa distribuição granulométrica. Esta ultima permite que os grãos menores ocupem os vazios entre os maiores, diminuindo assim, o índice de vazios e o consumo de pasta de cimento Portland.

b) Pedrisco ou Brita Zero

Conforme Yazigi (1998), a brita é um material obtido através da trituração de rochas, sendo o material retido na peneira de 4,8mm. A brita possui varias classificações comerciais, sendo elas: pedrisco, brita 1, brita 2, brita 3 e pedra de mão.

"A pedra britada é o produto de cominuição de rocha que se caracteriza por tamanhos normais de grãos enquadrados entre 2,4 e 64 mm, segundo as divisões padronizadas da ABNT [...]". (BAUER, 2000, p.66)

Para a fabricação de blocos de concreto, os agregados graúdos mais utilizados na mistura são o pedrisco, a brita zero, a granilha e o cascalho (FERNANDES, 2013). Almeida e Purificação Filho (2014) evidenciam dizendo que dentre estes materiais, o mais utilizado pelas fábricas atualmente, é o pedrisco.

Segundo Fernandes (2013), a utilização desses materiais na mistura, além de aumentar o volume do concreto, aumenta também a qualidade do produto, melhorando os parâmetros do concreto endurecido.

Para fabricação dos blocos é indicado o uso de agregados com diâmetro máximo de 9,5mm, possibilitando assim, a diminuição no consumo de argamassa e, conseqüentemente de cimento. Essa economia ocorre, pois a utilização de agregados de menor diâmetro faz com que se aumente a sua quantidade na mistura, diminuindo a quantidade de cimento. (FERNANDES, 2013)

c) Pó de Pedra

"Por razões decorrentes da natureza do próprio processo industrial, as pedreiras produzem sistematicamente, além de pedra britada, o pó de pedra, agregado de graduação 0/4,8." (BAUER, 2000, p.70)

Devido às grandes exigências ambientais que os areais enfrentam, cada vez está mais difícil para essas empresas a venda da areia, que é matéria prima para o concreto. No entanto, o pó de pedra está cada vez mais forte, sendo um dos principais substitutos da areia na mistura. (ALMEIDA ; PURIFICAÇÃO FILHO, 2014)

Existem algumas dificuldades na utilização do pó de pedra na produção de blocos de concreto. Em algumas regiões ele é considerado ótimo, em outras, é visto como um vilão. No entanto, na maioria das indústrias, o pó de pedra é um dos principais materiais, pois possui algumas características importantes para a mistura do concreto seco: finos que ajudam na coesão, grãos médios que formam o volume da argamassa e graúdos, que dão resistência a peça. (FERNANDES, 2013)

Menossi (2004) complementa dizendo que se o produto apresentar porcentagem de material pulverulento variando de 7% a 20%, este pó de pedra pode ser utilizado no concreto

seco, pois os finos colaboram na melhoria da aglomeração das partículas do concreto, sendo uma solução em termos de coesão da mistura

O pó de pedra se torna um vilão quando apresenta grande variação na sua granulometria, e grande quantidade de finos. Esta grande quantidade de finos faz com que este material compita com o cimento, no entanto, pelo fato de o pó de pedra ser um material inerte, nesta situação ele apenas tende a prejudicar a mistura. (FERNANDES, 2013)

Além desses materiais granulares, ainda existem inúmeros tipos de agregados que podem ser utilizados na fabricação dos blocos de concreto. No entanto, cada material deve ser devidamente reconhecido e analisado antes de ser utilizado em qualquer tipo de concreto. Entre estes materiais estão a areia industrializada, a granilha, e os agregados reciclados.

2.2.1.2.3 Água

A água de amassamento é muito importante na resistência do concreto seco, pois ajuda nas reações de hidratação do cimento (MARCHIONI, 2012).

"A quantidade de água tem papel fundamental na dosagem do concreto para blocos e pavers." (FERNANDES, 2013, p.97). Deve-se ter cuidado com a dosagem de água no amassamento, pois uma mistura com quantidade suficiente, ou seja, em umidade ótima, pode dificultar a alimentação do molde, no entanto, garante um aumento significativo da resistência do produto. Já em uma mistura com pouca água, tem-se facilidade no enchimento do molde, mas a resistência diminui em torno de 60% (FERNANDES, 2013).

Conforme a NBR 6136 (ABNT, 2014), para poder exercer o seu papel, a água utilizada para a fabricação dos blocos, deve ser limpa e isenta de produtos nocivos à hidratação do cimento.

2.2.1.2.4 Aditivos

"Aditivos: Produtos que adicionados em pequena quantidade a concretos de cimento Portland modificam algumas de suas propriedades, no sentido de melhor adequá-las a determinadas condições." (NBR 11768, 1992, p.1)

Conforme a NBR 6136 (ABNT, 2014), é permitido o uso de aditivos, adições e pigmentos à mistura para fabricação dos blocos, desde que estes não minimizem a sua qualidade final.

Segundo Fernandes (2013), uma maior quantidade de água no concreto contribui para o melhor adensamento das peças, sendo que torna o concreto mais plástico diminuindo o esforço necessário para a sua compactação. No entanto, uma adição de água além do necessário, pode prejudicar a resistência desse material.

Por isso, para fabricação dos blocos é indicado o uso de aditivos plastificantes. Conforme Fernandes (2013), o aditivo atua no concreto de forma a lubrificar suas partículas, proporcionando melhorias na consistência e no grau de compactação da mistura, sendo possível ainda um aumento na vida útil dos equipamentos e um melhor acabamento das peças fabricadas.

A NBR 11768 (ABNT,1992, p.2), define aditivo plastificante da seguinte maneira:

"Produto que aumenta o índice de consistência do concreto mantida a quantidade de água de amassamento, ou que possibilita a redução de, no mínimo, 6% da quantidade de água de amassamento para produzir um concreto com determinada consistência."

Conforme Fernandes (2013) é recomendado uma porcentagem de aditivos na ordem de 0,2% a 0,4% da quantidade de cimento, ou seja, em torno de 80 a 160 ml de aditivo para cada 40 kg de cimento. Esse aditivo deve, preferencialmente, ser diluído em água na proporção de 1:9 (uma unidade de aditivo e nove unidades de água).

Ainda conforme este mesmo autor, é possível avaliar-se a eficiência de um aditivo, observando-se a formação das estrias nas laterais das peças, bem como, observando-se a permeabilidade do material.

2.2.1.3 Sistemas de Cura

A Cura é um processo realizado com o concreto e seus artefatos, para mantê-los úmidos, com o intuito de aumentar a durabilidade e a resistência do concreto. Uma vez que a cura é bem feita, o desempenho mecânico e a capacidade do concreto resistir a agentes agressivos aumentam de forma considerável. (MOTA, 2014)

> A cura consiste no conjunto de medidas adotadas para manter a superfície do concreto úmida, por meio da aplicação de água na sua superfície e/ou colocação do concreto em ambientes com umidade relativa extremamente elevada, ou ainda totalmente imersos em água, tendo como finalidade evitar a evaporação precoce da água, mantendo o concreto saturado até que os espaços preenchidos pela água sejam ocupados pelos produtos de hidratação do cimento. (MOTA, 2014, p.34)

"Curar os blocos ou pavers significa proporcionar condições adequadas de umidade e temperatura para a perfeita hidratação do cimento e o desenvolvimento da resistência do concreto." (FERNANDES, 2013, p.125)

Conforme Mota (2014), os sistemas de cura do concreto são muitos. Entre estes sistemas estão: cura úmida, cura ao ar livre, cura em ambiente coberto e cura em ambiente coberto com aspersão.

A cura úmida é feita através do espalhamento, inundação e cobrimento do concreto com areia, terra, serragem ou panos molhados. A cura ao ar livre nada mais é do que expor os produtos ao ar livre sem nenhum tratamento especial. Outra forma de cura é a cura em ambiente coberto, a qual pode ser normal ou com aspersão. A cura em ambiente coberto consiste em expor os artefatos a iluminação e ventilação, porem, sem serem expostos a intempéries. A cura feita com aspersão segue o mesmo sistema desta ultima porem, utilizando-se a aspersão de água sobre os produtos, a qual é controlada de acordo com a umidade do ar, com o objetivo de manter a perfeita hidratação do cimento. (MOTA, 2014)

Fernandes (2013) indica algumas maneiras de se realizar a cura dos blocos de concreto, tanto para empresas com grandes instalações como para as de médio e pequeno porte. Para uma empresa com grandes instalações, a melhor forma de se realizar a cura é através de compartimentos com umidade acima de 80% e temperatura entre 30 e 65°C. Já, para empresas menores indica-se a molhagem com mangueiras, sistemas de irrigação, cobertura com lonas plásticas ou saturação da umidade através de bicos tipo sprinklers, entre outros sistemas.

Entre os sistemas acima citados, o menos indicado é a molhagem feita por mangueiras, pois, além de grande desperdício de água, causa o retardamento da cura do bloco e ainda pode incentivar a eflorescência. Porem, no caso de fabricas que optarem por este método, indica-se que esta molhagem seja realizada de 6 a 8 vezes ao dia, aspergindo-se a água sobre os blocos com cuidado para não danificar as peças. Os sistemas de irrigação também não são muito indicados, pois causam o mesmo problema que a mangueira, no entanto, entre as duas alternativas escolhe-se esta segunda (FERNANDES, 2013).

Este mesmo autor traz ainda o método de cura através da cobertura com lona, que é uma forma de cura rápida e eficiente, o qual consiste em molhar-se inicialmente o piso onde as bandejas com os blocos serão colocadas, para que o solo não absorva a umidade dos blocos, então devem ser colocadas as bandejas sobre o solo e posteriormente cobertas com uma lona, de preferência da cor preta, para melhor absorção do calor do sol. Ainda existe a cura através de bicos aspersores ou "sprinklers", considerada a cura perfeita para os blocos de concreto, pois consiste em umedecer o ar através de uma nevoa úmida, sendo ideal para ambientes fechados.

O tempo de cura varia de acordo com o método utilizado. Se forem utilizados os sistemas de molhagem, tanto com mangueiras como irrigação, a cura deve ser iniciada poucas horas apos a confecção das peças, devendo-se manter úmidas as peças, que devem ser molhadas uma vez por dia durante, pelo menos três dias após a fabricação. Se forem utilizados os sistemas de vapor de água em câmara fechada, os blocos devem permanecer pelo menos uma hora em temperatura ambiente, e apos isso devem ser submetidos à temperatura de 65 ou 70 graus, onde devem permanecer por aproximadamente 4 horas. Apos a cura, em ambos os processos de cura, os blocos de concreto devem ser paletizados e protegidos com plástico filme "stretch", para mantê-lo úmido por mais dias (FERNANDES, 2013).

2.2.1.4 Dosagem

Conforme Tutikian e Helene (2011), o estudo de dosagem do concreto de cimento Portland é importante para obtenção da melhor proporção entre os seus materiais constituintes.

Conforme Fernandes (2013), a falta de estudo em relação a dosagem dos blocos de concreto pode causar deficiência no seu processo produtivo, causando possível falta de resistência do material com alto custo de produção. Estes e outros aspectos estão detalhados no item 2.3.

2.3 DOSAGEM DO CONCRETO SECO

"A dosagem de um concreto seco geralmente inicia-se pelo estudo da composição ideal entre os agregados. Esta se baseia, normalmente, na formação de uma mistura com um mínimo de vazios possíveis". (ALMEIDA; PURIFICAÇÃO FILHO, 2014, p.64).

Para se obter a dosagem de um concreto seco enfrentam-se varias dificuldades. Segundo Fernandes (2013), o que diferencia o concreto seco do concreto plástico, é a falta de métodos de dosagem existentes para este tipo de concreto. Assim como o concreto plástico possui inúmeros métodos, e ambos mostrando que a relação água/cimento é a principal responsável para se chegar a bons resultados, para o concreto seco não existe nenhum método de dosagem confiante.

A qualidade final dos blocos de concreto depende muito do porte, eficiência e da regulagem dos equipamentos utilizados na sua fabricação, fazendo com que os métodos de dosagem existentes na literatura, necessitem de inúmeros testes em escala real, tornando o trabalho bastante extenso e cansativo (FRASSON JR; OLIVEIRA; PRUDÊNCIO JR, [20--?]). Segundo Fernandes (2013), uma falha na regulagem dos equipamentos pode ocasionar uma variação na densidade da mistura, o que, conseqüentemente, interfere na qualidade final do produto.

As empresas fabricantes de artefatos de concreto, de pequeno e médio porte, em sua maioria, não possuem uma dosagem baseada em estudos. Grande parte delas utiliza um traço obtido empiricamente ou baseado em experiências anteriores, o que provoca deficiências no processo produtivo, e, conseqüentemente, um aumento no custo de produção. (FERNANDES, 2013)

Fernandes (2013) aconselha que as empresas tenham o seu traço baseado nos próprios materiais utilizados e nos equipamentos que possuem em sua empresa, e que a dosagem seja feita

na própria empresa e os corpos de prova para ensaio sejam os próprios produtos prontos. Isso porque, como já foi citada anteriormente, a prensagem do material é uma etapa muito importante na fabricação de um bloco de qualidade, etapa esta que seria impossível reproduzir em laboratório.

Apesar de não se ter um método de dosagem definido, Fernandes (2013), indica uma seqüência para melhor definição do traço para fabricação dos blocos :

- ✓ Caracterização dos materiais, por meio da granulometria e demais ensaios dos agregados;
- ✓ Elaboração de curvas granulométricas automatizadas para obtenção do melhor traço;
- ✓ Escolha do traço ideal;
- ✓ Fabricação dos blocos com o traço escolhido;

2.3.1 Traços

"O traço é uma espécie de "receita" do concreto, ou seja, a indicação correta das proporções entre os materiais a serem empregados na confecção do concreto ou argamassa." (FERNANDES, 2013, p.102)

Varela (2012) define o traço como a indicação de quantidade de materiais que constituem o concreto.

É importante para a determinação do traço, o conhecimento dos materiais a serem utilizados e suas características físicas, o que garante a qualidade do produto por maior tempo, aumentando também a credibilidade para a empresa produtora. (FERNANDES, 2013)

Para a determinação do traço, tanto do concreto seco, como do concreto plástico, é levado em consideração o cimento, que é a matéria prima base para qualquer tipo de concreto. Então, o cimento será sempre representado pela unidade 1 (um). Após o cimento, a segunda unidade é o agregado miúdo e sucessivamente, o agregado graúdo (1: 5: 2, por exemplo, significa que será utilizado uma unidade de cimento, 5 unidades de agregado miúdo e 2 unidades de agregado graúdo). Estas unidades podem ser expressas em massa ou volume, desde que todos os materiais sejam medidos da mesma forma (VARELA, 2012).

3 MÉTODO DE PESQUISA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Esta é uma pesquisa aplicada, classificada assim quanto a sua natureza. A pesquisa pode também ser classificada quanto a sua forma de abordagem, em relação a qual é definida como uma pesquisa qualitativa. E ainda, quanto ao seu procedimento, pode ser classificada como uma pesquisa experimental.

3.2 PLANEJAMENTO DA PESQUISA

Levando-se em consideração os objetivos deste trabalho, que se trata de um estudo de dosagem para fabricação de blocos de concreto, realizou-se uma ampla pesquisa explanatória da revisão bibliográfica, feita através de livros, artigos científicos, trabalhos de conclusão de curso e normas regulamentadoras, podendo-se após isso, afirmar um conhecimento amplo e um domínio sobre o tema abordado.

Finalizada a pesquisa bibliográfica, iniciou-se um estudo baseado em pesquisa experimental, onde foram realizados todos os processos necessários para a dosagem e fabricação dos blocos de concreto. Para tal, foram analisados os materiais utilizados e processos de fabricação desses produtos. Por meio desta pesquisa, foram obtidos, resultados referentes à resistência, absorção e análise dimensional, de blocos de concreto dosados empiricamente e outros dosados por meio de estudos técnicos, avaliando-se a viabilidade e necessidade deste tipo de estudos para sua fabricação.

3.2.1 Apresentação da Empresa

Os estudos foram realizados na empresa Artefatos de Concreto Enio Muller Ltda, localizada no município de Três Passos, região Noroeste do estado do Rio Grande do Sul (figura 1). Trata-se de uma empresa familiar que está no mercado da construção civil há 28 anos, tendo seu enfoque voltado à industria de pré-fabricados de concreto, como blocos estruturais, pisos intertravados, esturuturas pré-moldadas, laje treliçada entre outros.

Por ser de cunho familiar, parte dos produtos fabricados tem sua essência baseada em conhecimentos empíricos, passados de geração para geração ou, através de conhecimentos práticos e pesquisas voltadas à área.

Com relação a fabricação de blocos de concreto, tais conhecimentos foram adquiridos por meio de assessoramentos prestados pela empresa fornecedora dos equipamentos. Seguindo dicas destes fabricantes, os proprietários da empresa Müller, passaram a fabricar seus produtos sem conhecer o embasamento técnico ao qual o traço fora elaborado.

Através de alguns laudos executados, percebeu-se que os blocos de concreto estavam em conformidade com as normas, continuando assim, a fabricação dos mesmos através destes traços empíricos, porém, buscando sempre inovação e qualificação dos produtos.

Diante deste contexto, surgiu a possibilidade de realizar um estudo comparativo entre os traços utilizados pela empresa desde o inicio de suas atividades, e outros desenvolvidos com base em estudos técnicos.

Figura 1 - Vista Aérea da Empresa

Fonte: Willi Game Imagens Aéreas

A empresa situa-se em uma região ainda em desenvolvimento, ou seja, os municípios abrangentes são de pequeno porte, não havendo portanto, muitas obras de grande relevância, sendo que as poucas obras de maior porte existentes na região, foram executadas, em sua maioria por sistemas convencionais, como de concreto armado. Um problema enfrentado pela empresa é a falta de mão de obra qualificada para execução de obras com alvenaria estrutural, dificultando o uso deste sistema em obras maiores. Levando-se isto em consideração, a maior parte dos blocos de concreto comercializados atualmente, são destinados para uso em obras de pequeno a médio porte.

Conforme mostra na tabela 3, situada no item 2.2 deste trabalho, existem alguns limites que devem ser observados na fabricação e aprovação dos blocos de concreto para alvenaria estrutural, onde o mais importante é a sua resistência à compressão. Conforme esta tabela, os blocos de concreto, destinados especificamente para alvenaria estrutural são divididos em duas classes, A e B, sendo que blocos com resistência entre 4 e 8 MPa são pertencentes a classe B e blocos com resistência superior a 8MPa pertencem à classe A. Alguns blocos de concreto podem pertencer à classe C, onde consideram-se blocos de concreto com ou sem função estrutural, exigindo-se para esta classe uma resistência superior a 3MPa, ou seja, blocos de concreto abaixo de 3MPa não podem ser comercializados.

Os blocos de concreto de classe B são destinados à inúmeros tipos de obras, de diferentes dimensões. Portanto, para atual demanda da região, não há necessidade da fabricação de blocos classe A, restringindo-se apenas a produção dos blocos classe B.

3.2.1.1 Equipamentos

Conforme mensionado no item 2.2.1.1, os blocos de concreto podem ser produzidos em equipamentos manuais, pneumáticos ou hidráulicos, sendo que, conforme Fernandes (2013), o tipo de equipamento utilizado, trata-se de um fator importante para a qualidade final do produto.

Na empresa em estudo, os blocos sao produzidos por equipamentos hidráulicos (figura 2), onde todo processo de dosagem do material é executado automaticamente, atraves de uma central dosadora. O sistema de adensamento e prensagem, no entanto, é executado por vibro prensa

semi- automática, ou seja, alavancas manuais que controlam o tempo de prensagem e a intensidade desse processo.

Figura 2 - Equipamentos para fabricação dos blocos

Fonte: Autoria Própria

3.2.1.2 Matéria Prima

Os materiais utilizados para fabricação dos blocos de concreto são: areia media, brita zero, pó de pedra, cimento e água. O tipo de cimento é o CPII - Z (Cimento Portland Composto de Pozolana), proveniente da empresa Votorantim Cimentos, filial de Vidal Ramos - SC, de onde é transportado em sacos de 50kg (figura 3).

Figura 3 - Cimento

Fonte: Autoria Própria

A areia utilizada na fabricação é proveniente da empresa Guerra Extração e Comércio de Areia Ltda, de Santa Maria - RS (figura 4), a brita zero (pedrisco) é adquirida na empresa Pavibritas de São Martinho (figura 5) e o pó de pedra, é proveniente da Pedreira Dill com sede em Tiradentes do Sul (figura 6), ambas localizadas no estado do Rio Grande do Sul.

Figura 4 - Areia Média

Fonte: Autoria Própria

Figura 5 - Brita Zero (Pedrisco)

Fonte: Autoria Própria

Figura 6 - Pó de Pedra

Fonte: Autoria Própria

3.2.1.3 Etapas de Fabricação

O processo de fabricação dos blocos de concreto inicia-se com a descarga da matéria prima a ser utilizada. A areia, o pó de pedra e o cimento são estocados em local coberto, evitando que a umidade atinja os materiais, sendo o cimento colocado ainda sobre estrados de madeira, evitando também o contato com o solo. A brita zero, no entanto, é estocada em local aberto. Todos estes materiais são estocados próximo ao local de fabricação, como forma de facilitar a logística de produção.

Os agregados são transportados por meio de uma carregadeira até seus respectivos silos, sendo que cada agregado é armazenado em um silo diferente. O silo para deposito de agregados tem capacidade para até três materiais diferentes, sendo que em cada silo podem ser armazenados 10m³ (figura 7).

Figura 7 - Silo de agregados

a) Vista frontal b) Vista Lateral

Fonte: Autoria Própria

A dosagem é realizada automaticamente, através de programação feita nos equipamentos, antes de iniciar a fabricação (figura 8). Então, a quantidade desejada de cada agregado desce por uma cavidade aberta no silo, e é transportada por uma esteira até a padiola onde são despejados. A esteira possui integrada uma balança, que define a quantidade necessária de cada agregado (figura 9).

Figura 8 - Painel de controle

Fonte: Autoria Própria

Figura 9 - Esteira transportadora de agregados

Fonte: Autoria Própria

Ao ser despejado na padiola, o mesmo é transportado verticalmente, de maneira automatizada até o misturador, onde junta-se com o cimento, a água e o aditivo, que são também adicionados automaticamente de acordo com a quantidade programada (figura 10).

Figura 10 - Padiola contendo a mistura

Fonte: Autoria Própria

O cimento é armazenado em um silo rasga sacos com capacidade para 3000kg (figura 11). Quando necessário na mistura ele é transportado por uma tubulação até o misturador, assim como também acontece com a água (figura 12).

Figura 11 - Silo rasga sacos de cimento

Fonte: Autoria Própria

Figura 12 - Reservatórios de água

Fonte: Autoria Própria

Estando todos os componentes necessários, dentro do misturador, inicia-se então, o processo de mistura desses materiais.

Quando pronta, a mistura cai automaticamente, sobre um compartimento de armazenamento. De onde é liberada a quantia que será necessária para fabricação de uma tábua contendo seis blocos. A tábua, que servirá de base para os blocos, também é liberada automaticamente neste mesmo momento, e fica posicionada abaixo dos moldes do produto. Então, a mistura já dosada cai sobre um recipiente que é responsável por espalhar a mistura sobre o molde inferior. Espalhada a mistura, é acionado o molde superior, o qual é responsável pela prensagem do produto na forma.

Os blocos são então vibrados e compactados por meio de alavancas acionadas manualmente, sendo que quanto melhor for a compactação do produto, melhor será seu o resultado final.

Finalizada a etapa de vibração e compactação, os moldes são retirados e a tabua contendo os blocos moldados, é liberada para fora da maquina e retirada por operários. (figura 13).

Figura 13 - Processo de Vibro - Prensagem Hidráulica

Fonte: Autoria Própria

Apos a moldagem dos produtos, os mesmos são levados para um local destinado a cura onde permanecem por 24 horas. A cura é realizada por meio de molhagem por mangueiras, onde o piso é inicialmente todo molhado, para que este não absorva a umidade dos blocos (figura 14).

Figura 14 - Cura dos Blocos

a) Estocagem dos blocos para cura b) Cura por molhagem com mangueira

Fonte: Autoria Própria

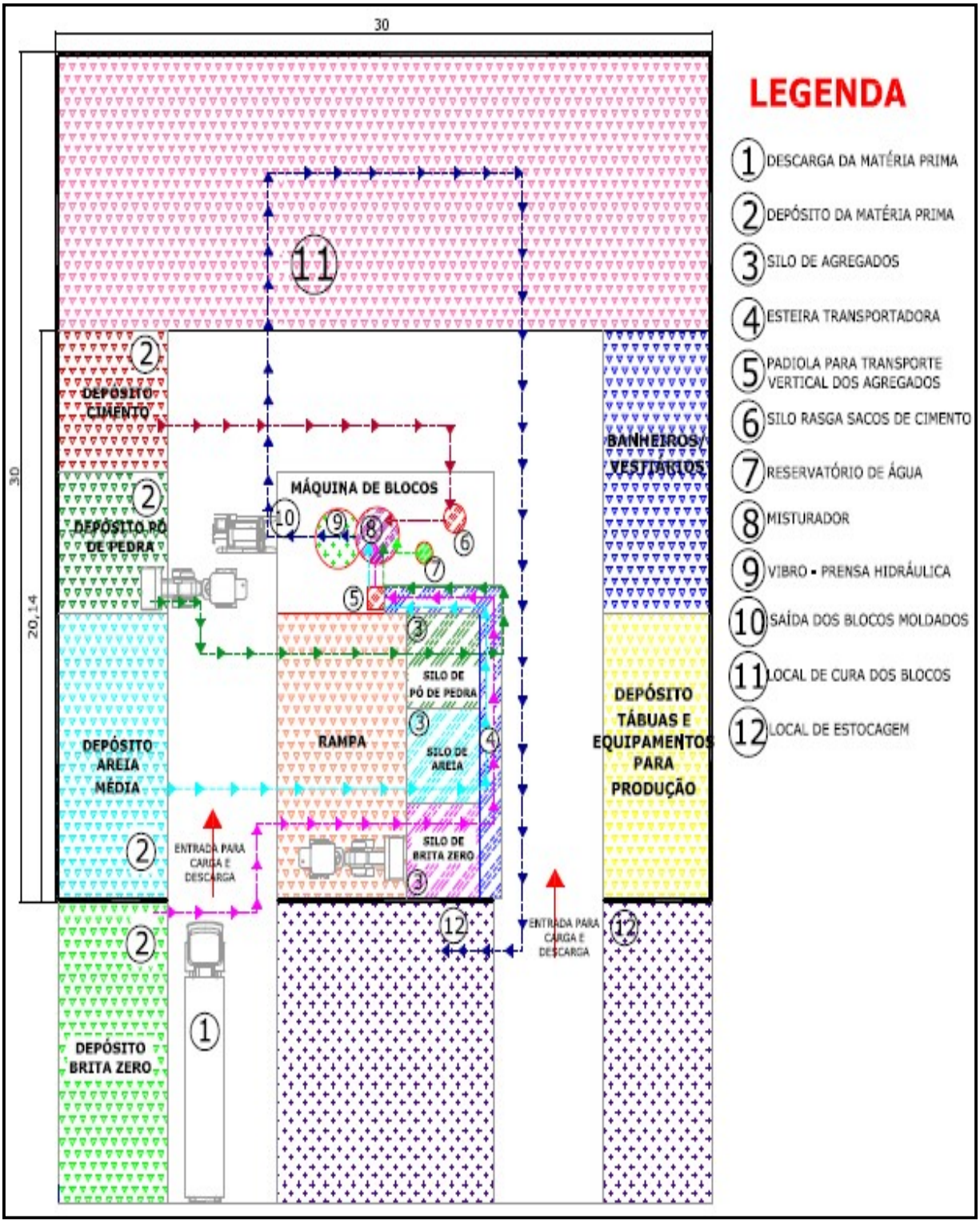
Os blocos de concreto são armazenados no pátio da empresa, sobre estrados de madeira, identificados de acordo com o lote, e envolvidos por um plástico filme stretch, o que ajuda na cura dos produtos (figura 15).

Figura 15 - Estocagem dos blocos na fábrica

Fonte: Autoria Própria

Para um melhor entendimento de todo o processo de fabricação dos blocos de concreto, tem-se abaixo um layout esquemático da fábrica (figura 16), onde podem ser observados os locais onde ocorrem cada etapa mencionada acima, bem como, locais de estocagem da matéria prima utilizada.

Figura 16 - Layout da Fábrica de Blocos



Fonte: Autoria Própria

3.2.2 Ensaios de Caracterização dos Materiais

Conforme já foi visto no item 2 deste trabalho, para uma produção de blocos com qualidade, a primeira etapa deve ser o reconhecimento dos materiais utilizados na mistura: agregados e aglomerante.

Com base nisso, foram realizados no LEC da Unijuí, os ensaios necessários para a caracterização dos agregados: composição granulométrica, massa específica real e aparente dos grãos, materiais pulverulentos e índice de vazios. Quanto ao cimento (aglomerante), foram utilizados os dados fornecidos pelo fabricante, onde foram observadas a massa específica e as resistências do material em diferentes idades (tabela 4).

Tabela 4 - Caracterização do Cimento CPII - Z

ENSAIOS	**FÍSICOS E MECÂNICOS DO CIMENTO**									
	Finura (%)		Blaine	Água de consist. (%)	Tempo de Pega (min)		Expansib. A quente (mm)	RESIST. À COMPRESSÃO (Mpa)		
	#200	#325	(cm/g)		INÍCIO	FIM		3 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
LIMITES DE NORMA	**≤ 12,0**	**N/A**	**≥ 2600**	**N/A**	**≥ 60**	**≤ 600**	**≤ 5,0**	**≥ 10,0**	**≥ 20,0**	**≥ 32,0; ≤ 49,0**
MÉDIA	1,02	9,78	3.874	27,93	229,00	266,00	0,25	24,70	29,26	36,49
DESVIO PADRÃO	0,33	1,28	104	0,36	23,00	25,64	0,29	1,17	1,17	0,87
MÍNIMO	0,60	7,20	3.610	27,30	175,00	205,00	-	22,60	26,90	35,20
MÁXIMO	1,60	12,05	4.100	28,80	275,00	315,00	0,50	26,60	31,80	38,30
MASSA ESPECÍFICA	**2,93g/cm³**									

Fonte: Reconstrução do Boletim de ensaios - Votorantim Cimentos

3.2.2.1 CARACTERIZAÇÃO DOS AGREGADOS

Para realização dos ensaios foram levados ao laboratório de Engenharia Civil da Unijui (LEC), um total de 180 kg de agregados, sendo 60 kg de areia, 60 kg de brita zero (pedrisco) e 60 kg de pó de pedra. Este material trata-se do mesmo utilizado nos blocos já fabricados pela empresa, ou seja, de mesma procedência, com o intuito de um melhor comparativo entre os lotes.

Ao serem levados para o laboratório, os materiais, inicialmente foram secados em estufa por um período de 24 horas, com o intuito de eliminar a umidade existente e obter-se a massa

real de cada agregado (figura 17). Após os materiais secos, iniciou-se então os ensaios de caracterização.

Figura 17 - Agregados na Estufa

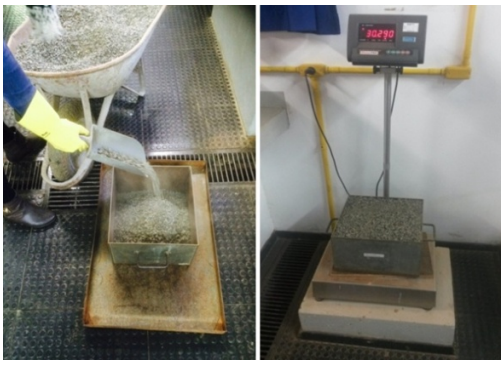
Fonte: Autoria Própria

3.2.2.2 Densidade Aparente

Fernandes (2013, p.68), define a massa unitária ou densidade aparente como: "[...] relação entre a massa de certa porção do material e o volume do recipiente cheio que contém a porção."

O ensaio da densidade aparente foi realizado para os três agregados em estudo, areia media, brita zero e pó de pedra. Para a realização deste ensaio, utilizou-se um recipiente de volume conhecido, dentro do qual foi colocado o material a ser ensaiado, buscando-se largar o material sempre da mesma altura e na mesma velocidade, evitando-se os vazios entre os grãos. Posteriormente, rasou-se a superfície do recipiente e pesou-se com o material. Para descobrir o peso exato do material, foi descontado então, o peso da tara (figura 18).

Figura 18 - Massa Unitária Solta dos Agregados



Fonte: Autoria Própria

Foram realizadas três amostras de cada material, onde a media entre elas trata-se do seu peso liquido. Para descobrir a densidade aparente (ou massa unitária solta), o peso liquido foi dividido pelo volume do recipiente. Na tabela a seguir (tabela 5) tem-se os resultados obtidos no ensaio, onde percebe-se que o pó de pedra é o agregado com a maior densidade aparente.

Tabela 5 - Densidade Aparente dos Agregados

MASSA UNITÁRIA SOLTA		
AGREGADO	**Kg/dm³**	**Kg/m³**
AREIA MÉDIA	**1,522**	**1.522,00**
BRITA ZERO	**1,519**	**1.519,08**
PÓ DE PEDRA	**1,730**	**1.730,33**

Fonte: Autoria Própria

3.2.2.3 Densidade Absoluta ou Densidade Real

O ensaio de densidade real dos agregados miúdos foi realizado de acordo com especificações da NBR NM 52 (ABNT, 2009).

Para o ensaio de densidade real dos agregados miúdos (areia media e pó de pedra), foi utilizado o método do frasco de Chapman, o qual aplica-se a materiais com dimensão máxima até 9,5 mm. Este ensaio procedeu da seguinte maneira:

Anteriormente ao ensaio, realizou-se o quarteamento manual dos materiais. Então, em um frasco de Chapman, foi colocada água destilada, até a marca de 200 ml. Posteriormente, pesou-se exatamente 500 g do material, e com a ajuda de um funil, este material foi colocado para dentro do frasco, tomando-se o cuidado para não sujá-lo. Posteriormente, agitou-se o frasco contendo o material e a água, para eliminar as bolhas de ar que permaneceram entre os grãos de agregados.

Para cada um dos agregados realizou-se duas amostras onde fez-se uma leitura final do nível da água no frasco, sendo que o volume do material trata-se da diferença do nível entre as leituras (leitura final - leitura inicial), como pode ser observado na figura 19. Realizou-se então uma media entre as duas leituras, e para determinação da densidade real, fez-se uma relação entre a massa (M) e o volume (v). O resultado deste ensaio pode ser observado na tabela 6, mostrada a seguir.

Figura 19 - Densidade Real do Agregado Miúdo (Frasco de Chapmann)

Fonte: Autoria Própria

Tabela 6 - Densidade Real dos Agregados Miúdos (Frasco de Chapmann)

DENSIDADE REAL - AGREGADO MIÚDO	
AREIA MÉDIA	**2,625 g/cm³**
PÓ DE PEDRA	**2,945 g/cm³**

Fonte: Autoria Própria

Para a densidade real dos agregados graúdos (brita zero), o ensaio foi realizado pelo método do cesto imerso, especificado na NBR NM 53 (ANBT, 2009).

Anteriormente à execução do ensaio, realizou-se o quarteamento manual do material, obtendo-se duas amostras para ensaio. De cada uma das amostras, eliminou-se todo o material passante pela peneira de 4,75 mm, utilizando-se apenas a quantidade retida.

Iniciou-se o ensaio, imergindo-se o material em água à temperatura ambiente, por um período de 24 horas. Posteriormente, as amostras foram retiradas da água e envolvidas por um pano, retirando-se toda a água da superfície dos grãos. Pesou-se esta amostra, obtendo-se a massa do agregado saturado com superfície seca (SSS Liquida).

Após, colocou-se o material em um cesto de arame, o qual foi imergido em água,e pesou-se o mesmo imerso, obtendo-se a massa imersa bruta. Para obter-se a massa imersa liquida, descontou-se, então, o peso do cesto.

Posteriormente as amostras foram colocadas em estufa, onde permaneceram por 24 horas, e então foram pesadas novamente, obtendo-se a massa seca líquida.

A massa específica real do agregado graúdo, trata-se de uma relação entre a massa seca líquida e o volume, como pode ser observado na tabela 7 mostrada abaixo.

Tabela 7 - Densidade Real do Agregado Graúdo

AMOSTRA	Cesto ao ar (g)	Cesto Imerso (g)	Massa seca Est. Líquida (g)	Massa Imersa Bruta (g)	Massa Imersa Líquida (g)	Massa SSS Líquida (g)	Volume (dm³)	Massa Específica Real (dm³)	M.E.R. MEDIA (dm³)
01	207,5	183,87	1641	1283,14	1075,64	1678	602,36	2,724	**2,415**
02	207,5	183,87	1700	1139,33	931,83	1739	807,17	2,106	

Fonte: Autoria Própria

3.2.2.4 Índice de Vazios

Conforme Fernandes (2013), o índice de vazios dos agregados nada mais é do que a relação entre o volume de vazios que existe entre os grãos de um material e o volume total do recipiente cheio.

Este ensaio foi realizado para os três agregados caracterizados (areia, brita zero e pó de pedra). Para determinação do volume de vazios, foi utilizado um frasco de vidro, com volume conhecido. Dentro deste frasco foi colocado o material, de forma cuidadosa, para evitar que ficassem vazios aparentes em seu interior. Pesou-se então o frasco com o material e acrescentou-se água, também de maneira cuidadosa para não transbordar, sendo acrescentada até o preenchimento de todos os vazios do recipiente. O recipiente, contendo o material mais a água, foi pesado.

A diferença entre o peso inicial e o final trata-se da quantidade de água adicionada. Por meio de uma relação entre esta massa de água e o volume do recipiente, obteve-se o índice de vazios existente em cada um dos agregados (tabela 8).

Tabela 8 - Índice de Vazios dos Agregados

ÍNDICE DE VAZIOS DOS AGREGADOS					
Material	Volume Recipiente (ml)	Massa do Material (g)	Massa do Material + Água (g)	Massa da Água (g)	ÍNDICE DE VAZIOS (%)
AREIA MEDIA	740	1495	1761	266	**35,95**
BRITA ZERO	740	1220	1548	328	**44,32**
PÓ DE PEDRA	740	1253	1526	273	**36,89**

Fonte: Autoria Própria

3.2.2.5 Composição Granulométrica

Este ensaio foi realizado de acordo com a NBR NM 248 (ABNT, 2003), a qual especifica o uso peneiras padronizadas, que dividem-se em serie normal e intermediaria, conforme observado na tabela 9, onde estão especificadas todas as peneiras com suas respectivas aberturas de malha.

Tabela 9 - Série de Peneiras

Serie Normal / *Série Normal*	Serie Intermedia / *Série Intermediária*
75 mm	-
-	63 mm
-	50 mm
37,5 mm	-
--	31,5 mm
--	25 mm
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,75 mm	-
2,36 mm	-
1,18 mm	-
600 µm	-
300 µm	-
150 µm	-

Fonte: NBR NM 248 (ABNT, 2003, p.2)

O ensaio teve seu inicio após o quarteamento dos materiais, por meio do que foram obtidas duas amostras de cada agregado (figura 20).

Figura 20 - Quarteamento dos Agregados

a) Colocação do material no quarteador b) Amostras já quarteadas

Fonte: Autoria Própria

Para realização do ensaio, inicialmente foram selecionadas as peneiras a serem utilizadas: 3/8, 1/4, 4, 8, 16, 30, 50, 100, 200 e fundo. Posteriormente, as mesmas foram encaixadas umas sobre as outras, colocadas na ordem decrescente de baixo para cima, ou seja, da menor abertura de malha para a maior.

Então, iniciou-se o ensaio, colocando-se o material sobre a peneira superior (peneira de maior abertura de malha), posteriormente, agitou-se essas peneiras, até que o material deixasse de passar pelas respectivas malhas (figura 21). Na medida em que o material foi deixando de passar em determinada peneira, separou-se este material retido e, realizou-se a pesagem do mesmo, repetindo este procedimento para todo o material ensaiado.

Figura 21 - Granulometria dos Agregados

Fonte: Autoria Própria

Ao final do ensaio obteve-se uma porcentagem de material retido em cada uma das peneiras, por meio do que, também foi determinado o modulo de finura e o diâmetro máximo (ou dimensão máxima característica) dos agregados. Estes resultados podem ser observados na tabela 10.

A NBR NM 248 (ABNT, 2003, p.2), define a dimensão máxima característica como: "Grandeza associada à distribuição granulométrica do agregado, correspondente à abertura nominal, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5% em massa." Já o modulo de finura é definido por esta mesma norma como: "Soma das porcentagens retidas acumuladas em massa de um agregado, nas peneiras da série normal, dividida por 100." (NBR NM 248, 2003, p.2)

Tabela 10 - Dimensão Máxima Característica e Módulo de Finura dos Agregados

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA DOS AGREGADOS		
Agregados	Dimensão Máxima Característica (Dmax)	Módulo de Finura
AREIA MEDIA	**1,2mm**	**2,98**
BRITA ZERO	**9,5mm**	**5,87**
PÓ DE PEDRA	**4,8mm**	**3,80**

Fonte: Autoria Própria

3.2.2.6 Quantidade de Materiais Pulverulentos

Este ensaio foi executado com os três agregados em estudo, de acordo com a NBR NM 46 (ABNT, 2003), que tem por objetivo determinar a quantidade de material mais fino existente nos agregados, mais especificamente menores que 0,075mm.

Para realização deste ensaio, utilizou-se uma quantidade de material seco, pesou-se uma porção de 1000g de cada um dos agregados (brita zero, pó de pedra e areia media). Posteriormente, este material foi lavado sobre a peneira de 0,074mm, sobreposta com a peneira de malha 1,2mm com o objetivo de proteger a tela da peneira. O material retido nas peneiras foi levado para um recipiente, onde retirou-se a água do material e secou-se o mesmo em estufa.

O resultado desse ensaio é expresso em porcentagem, sendo a diferença entre o material seco inicial e o final. A NBR 7211 (ABNT, 2009) define os limites máximos permitidos de material pulverulento no agregado miúdo. Esses limites poder ser observados na tabela 11 mostrada abaixo:

Tabela 11 - Limites máximos aceitáveis de substâncias nocivas no agregado miúdo

Determinação	Método de ensaio		Quantidade máxima relativa à massa do agregado miúdo (%)
Torrões de argila e materiais friáveis	ABNT NBR 7218		3,0
Materiais carbonosos	ASTM C 123	Concreto aparente	0,5
		Concreto não aparente	1,0
Material fino que passa através da peneira 75µm por lavagem (material pulverulento)	ABNT NBR NM 46	Concreto submetido a desgaste superficial	3,0
		Concreto protegido do desgaste superficial	5,0
Impurezas Orgânicas	ABNT NBR NM 49		A solução obtida no ensaio deve ser mais clara do que a solução padrão
	ABNT NBR 7221	Diferença máxima aceitável entre os resultados de resistência à compressão comparativos	10%

Fonte: Reconstrução da tabela da NBR 7211 (ABNT, 2009, p. 5)

Conforme a NBR 7211 (ABNT, 2009), quando o material mais fino passante na peneira 0,075mm por lavagem, for constituído apenas de material gerado da britagem da rocha, os índices apresentados na tabela mudam significativamente. Para os concretos submetidos a desgaste superficial, o índice aumenta de 3% para 10%. Já para concretos protegidos do desgaste superficial, o índice aumenta de 5% para 12%.

Por meio da tabela 12, que trata dos resultados do ensaio, pode-se observar, que a quantidade de materiais pulverulentos da areia media e da brita zero permaneceram dentro dos limites estabelecidos por norma. Porem, a quantidade desses materiais no pó de pedra, ultrapassou estes limites.

Tabela 12 - Quantidade de materiais pulverulentos

QUANTIDADE DE MATERIAIS PULVERULENTOS			
Material	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Porcentagem de Material Pulverulento
AREIA MEDIA	1000	973,90	**2,61%**
BRITA ZERO	1000	950,36	**4,96%**
PÓ DE PEDRA	1000	823,04	**17,70%**

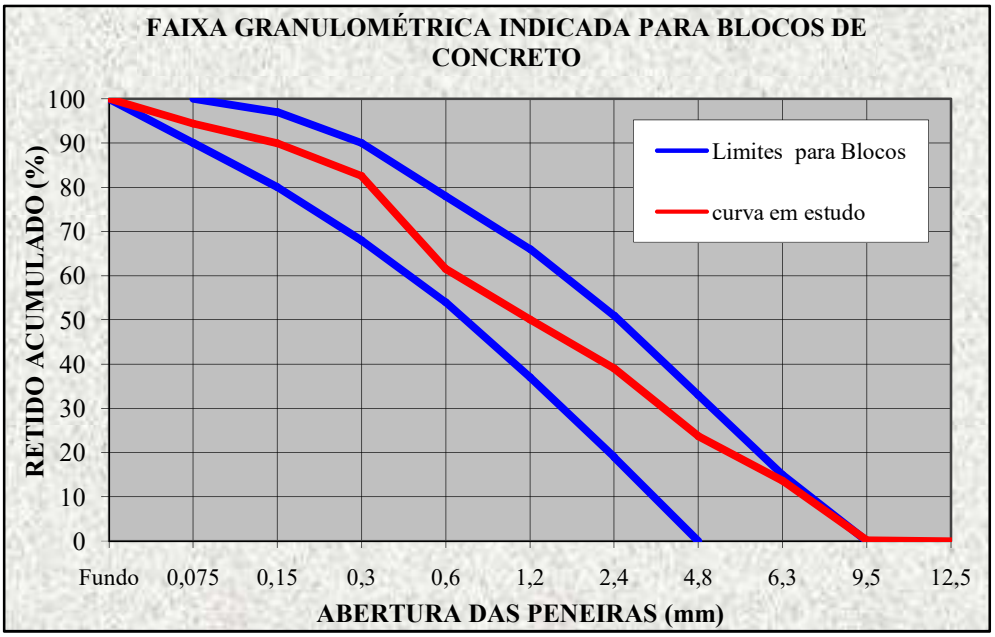
Fonte: Autoria Própria

Entretanto, para a fabricação dos blocos de concreto este aumento não é significativo, pois com a junção entre os diferentes diâmetros de agregados, tem-se, uma diminuição no volume de vazios, sendo que,quanto menor a quantidade de vazios na mistura, melhor será a resistência do produto a ser executado.

3.2.3 Dosagem

Após realizada toda a caracterização dos materiais iniciou-se o processo de dosagem dos blocos de concreto, realizada com base na bibliografia de Idário Fernandes, que indica o uso de uma planilha eletrônica, por meio da qual gera-se uma curva granulométrica da mistura (figura 22), onde podem ser acrescentadas porcentagens de diferentes agregados, formando-se a curva desejada. Esta curva possui na sua abscissa as diferentes aberturas de peneiras utilizadas no ensaio de granulometria, e na sua ordenada, apresenta o material retido em cada uma, podendo-se por meio desta curva granulométrica, analisar a quantidade necessária de cada agregado na mistura (mais ou menos finos).

Figura 22 - Faixa granulométrica indicada para blocos de concreto



Fonte: Gráfico gerado na planilha de Idário Fernandes

Na curva apresentada podem ser observados os limites da curva granulométrica (em azul), que são os extremos que a curva pode atingir. Conforme Fernandes (2013), quanto mais próximo do limite inferior localizar-se a curva, mais fina será a composição da mistura, ou seja, melhor será o acabamento do produto, porém, menor será a sua resistência para um consumo de cimento fixo. E quanto mais próximo do limite superior estiver a curva, maior será a resistência da peça, sendo seu acabamento, no entanto, um pouco inferior.

Conforme este mesmo autor, o ideal é que a curva permaneça entre meio aos limites, obtendo-se um produto com boa resistência e um acabamento adequado.

Uma boa dosagem de blocos de concreto depende muito da quantidade de água adicionada ao traço, sendo que esta não pode ser exagerada, e também não pode faltar à mistura. Para isto, Fernandes (2013), indica um limite de água necessário, ficando este entre 6,0 e 6,8% de umidade.

Para descobrir a umidade contida na mistura foi utilizado o método da frigideira, por meio do qual descobre-se a porcentagem de umidade contida na mistura, para então, definir a quantidade de água a ser acrescentada.

O método da frigideira consiste em retirar-se uma amostra da mistura da maquina de blocos (sem ter sido acrescentada a água), colocando em uma frigideira e pesando-se esta amostra. Posteriormente, leva-se ao fogo, e com a ajuda de um espelho, pode-se observar o momento em que não exista mais umidade na amostra, e neste momento retira-se do fogo e pasa-se novamente (figura 23). A diferença entre a amostra úmida e a amostra seca, trata-se da quantidade de água da mistura, obtendo-se então, a porcentagem de umidade do material.

Figura 23 - Ensaio da Frigideira

Fonte: Autoria Própria

3.2.4 Ensaios Laboratoriais dos Blocos de Concreto

Para avaliar-se a qualidade dos blocos fabricados, são necessários alguns ensaios, realizados com base nas NBRs 12118/2013 e 6136/2014. A NBR 6136 estabelece os requisitos necessários para aceitação dos blocos de concreto e a NBR 12118 aborda os métodos de execução dos ensaios para a sua possível aprovação.

Por meio das normas supracitadas pode-se avaliar alguns limites preestabelecidos, onde pode-se aprovar ou não um determinado lote de blocos. Para obter-se estes resultados são

obrigatórios os seguintes ensaios: análise dimensional, absorção de água e resistência a compressão dos blocos de concreto.

Para execução destes ensaios, foram levados para o LEC, nove blocos de cada lote, conforme exigido na NBR 6136/2014 (tabela 13), onde foram utilizadas seis unidades para os ensaios de análise dimensional e resistência à compressão axial, e três unidades para o ensaio de absorção de água.

Tabela 13 - Tamanho da amostra

Quantidade de blocos do lote	Quantidade de blocos da amostra		Quantidade mínima de blocos para ensaio dimensional e resistencia à compressão axial		Quantidade de blocos para ensaios de absorção e área liquida
	Prova	Contraprova	Critério estabelecido em 6.5.1	Critério estabelecido em 6.5.2	
Até 5.000	7 ou 9	7 ou 9	6	4	3
5.001 a 10.000	8 ou 11	8 ou 11	8	5	3
Acima de 10.000	9 ou 13	9 ou 13	10	6	3

Fonte: Reconstrução da tabela 4 NBR 6136 (ABNT, 2014, p. 8)

Os ensaios foram realizados para quatro lotes de blocos: um lote referencia (fabricado empiricamente) e outros três lotes desenvolvidos durante os estudos.

Os ensaios de análise dimensional foram realizados apenas na idade de 28 dias, e os demais ensaios foram feitos nas idades de 7 e 28 dias.

3.2.4.1 Análise Dimensional

Analise dimensional: "verificação das dimensões do corpo de prova, como largura, comprimento, altura, espessura das paredes, dimensões dos furos e raio das mísulas." (NBR 12118, 2013, p.1)

O ensaio de analise dimensional foi realizado, utilizando-se um paquímetro metálico calibrado com resolução mínima de 0,05mm e comprimento adequado as dimensões dos blocos.

Foram verificadas as seguintes dimensões: largura, comprimento, altura, espessura das paredes e dimensões dos furos.

Para análise das dimensões (largura, comprimento e altura) foram realizadas três medições em pontos diferentes na face de maior espessura de paredes do bloco. Já para a verificação da espessura das paredes, os ensaios procederam-se da seguinte maneira: foram realizadas duas medições em cada parede longitudinal do bloco e uma medição em cada parede transversal, as quais foram feitas na face de menor espessura, sendo a espessura mínima a média das medidas das paredes.

Outra verificação realizada foi a medida da dimensão dos furos. Este ensaio foi realizado da seguinte maneira: foram obtidas duas determinações no centro aproximado de cada furo do bloco, sendo que uma foi na direção longitudinal e outra na transversal, sendo levada em consideração a face de maior espessura de parede, ou seja, a face superior do bloco.

Por meio da figura 24, mostrada abaixo pode-se observar todas as medidas realizadas para cada amostra de bloco.

Figura 24 - Análise Dimensional dos Blocos

Fonte: Autoria Própria

Os resultados destes ensaios deram-se em milímetros, sendo toleráveis variações de no máximo 01(um) mm em relação às medidas determinadas pela norma. Estes resultados podem ser observados no item 4.3 deste trabalho.

3.2.4.2 Absorção de Água

Conforme Fernandes (2013), a absorção de água está relacionada à porosidade e capacidade de retenção de liquido no interior do bloco.

Os ensaios de absorção de água e determinação da área líquida, também foram feitos com base na NBR 12118 (ABNT, 2013), a qual descreve os equipamentos necessários para a realização dos referidos ensaios: balança hidrostática com resolução mínima de 10g e capacidade mínima de 20000g, estufa para manter a temperatura em torno de 110 °C e termômetro para verificação da temperatura da água no tanque de imersão com resolução mínima de 1 °C.

O ensaio de absorção de água foi realizado em duas etapas: secagem e saturação.

a) Secagem

Inicialmente os corpos de prova foram levados para a estufa por 24 horas, à uma temperatura em torno de 110 °C (figura 25). Após este período foi determinada a massa de cada corpo de prova, anotou-se o resultado e colocou-se na estufa novamente, por duas horas. Este procedimento repetiu-se novamente apos duas horas, obtendo-se então, a massa seca do corpo de prova (m1).

Figura 25 - Secagem dos blocos em estufa

Fonte: Autoria Própria

b) Saturação

Os corpos de prova já resfriados à temperatura ambiente, foram imergidos em água, a uma temperatura de aproximadamente 23°, onde ficaram novamente por 24 horas (figura 26). Posteriormente, foram pesados, e imergidos novamente em água durante duas horas, processo que se repetiu apos mais duas horas. Antes de serem pesados, passou-se um pano úmido sobre a superfície dos corpos de prova, eliminando ao máximo a água visível sobre eles. Com este procedimento, então, obteve-se a massa saturada do corpo de prova (m2).

Figura 26 - Blocos imersos em água (Saturação)

Fonte: Autoria Própria

Para obter-se o resultado da absorção de água individual do bloco, utilizou-se a seguinte expressão: $Absorção = \frac{(m2-m1)}{m1} x100$. Já a absorção media foi adquirida, apenas por uma media entre os tres valores obtidos do lote.

3.2.4.3 Resistência à Compressão

O ensaio de resistência à compressão dos blocos de concreto foi realizado de acordo com a NBR 12118 (ABNT, 2013).

A primeira etapa do ensaio foi a secagem dos blocos ao ar, então, cada peça foi pesada e os resultados anotados em gramas. Posteriormente foi feita a retificação das peças, retirando todas as saliências existentes no produto, para então medir as suas dimensões.

A etapa seguinte foi a execução do capeamento dos blocos, com o objetivo de proporcionar uma planicidade na superfície para que a carga aplicada durante o ensaio fosse

distribuída por toda a área da peça. Este capeamento foi executado com uma argamassa de areia fina e cimento, com traço de 1:1 (cimento: areia).

Executou-se inicialmente o capeamento de todos os blocos na sua face inferior, deixando-os curar por 24 horas. No dia seguinte, capeou-se a outra face dos blocos, os quais também permaneceram por 24 horas (figura 27).

Figura 27 - Capeamento dos blocos com argamassa

Fonte: Autoria Própria

Após o capeamento, os blocos foram colocados um a um, em uma prensa, a qual estava zerada e com o seu pistão voltado para cima. O bloco então foi colocado, cuidadosamente sobre o equipamento, tomando-se o cuidado para que ficasse centralizado. Então baixou-se o pistão até encostar-se ao bloco (figura 28).

Iniciou-se então o carregamento, onde a tensão aplicada foi ajustada de acordo com a resistência desejada para os blocos a serem ensaiados (abaixo de 8Mpa). Sendo assim, a tensão aplicada foi em torno de 0,05, mantendo-se este carregamento até o rompimento dos blocos.

Figura 28 - Ensaio de Resistência à compressão

Fonte: Autoria Própria

Ao ocorrer o rompimento dos blocos obteu-se a força de carregamento máxima suportada pelos blocos, em N (Newton) e em kgf (quilograma força). Também foi encontrada instantaneamente a resistência à compressão de cada corpo de prova, por meio da qual foi calculada a resistência cacacterística à compressão do lote.

O cálculo da resistência foi realizado de acordo NBR 6136 (ABNT, 2014), que indica o uso da seguinte equação: **fbk, est 01 = 2 [** $\frac{\mathbf{fb(1)+ fb\ (2)+ \ldots fb\ (i-1)}}{\mathbf{i-1}}$ **] - fbi** ; sendo i = n/2 (se o numero de corpos de prova for par). Foi realizada ainda uma segunda verificação para obtenção da resistência à compressão dos blocos, por meio da seguinte equação: **fbk, est 02 = Ψ.fbk (1)**, onde Ψ é um fator multiplicador adotado de acordo com o numero de amostras de cada lote. Como o numero de amostras utilizada é seis, Ψ = 0,89.

Para a obtenção da resistência característica à compressão dos blocos de concreto, realizou-se os dois cálculos especificados acima, dos quais utilizou-se o maior dos dois valores encontrados.

4 RESULTADOS

4.1 TRAÇO REFERÊNCIA

O traço referência, chamado também de traço empírico, foi executado com o uso de cimento, areia media e brita zero, ou seja, apenas dois agregados na mistura, como pode-se observar na tabela 14, mostrada abaixo.

Tabela 14 - Traço do lote referência

Quantidades de materiais na mistura				
Material	**Massa**		**Volume**	
Cimento	**48**	kg	36	L
Areia Media	**240**	kg	155	L
Brita 0	**140**	kg	88	L

Fonte: Autoria Própria

4.1.1 Ensaios Laboratoriais do Lote Referência

Após a fabricação deste lote de blocos, os mesmos foram testados em laboratório, por meio dos ensaios especificados no item 3.2.4.

O primeiro ensaio a ser realizado foi a análise dimensional dos blocos de concreto, o qual baseia-se nos resultados da tabela 1 mostrada no item 2.2 deste trabalho. Conforme esta tabela, os blocos da família 15x40 (família dos blocos em estudo), devem possuir as seguintes dimensões padronizadas: largura de 140mm, altura de 190mm e comprimento de 390mm.

Ainda conforme a referida tabela, para aceitação do lote, existem alguns limites que devem ser analisados referente as suas dimensões. Para o comprimento e altura dos blocos, a norma tolera uma diferença de ± 3,0mm, e para a largura pode haver uma diferença de ± 2,0mm.

A espessura mínima das paredes é descrita na tabela 2, também mostrada no item 2.2, onde observa-se que para blocos com largura de 140mm, esta espessura deve ser de no mínimo 25mm.

Segundo a NBR 6136 (ABNT, 2014) a dimensão mínima para os furos dos blocos, deve ser de 70mm.

Com base nestes dados, pode-se observar na tabela 15, que em relação à análise dimensional este lote de blocos não teve total aprovação, observando-se que alguns corpos de prova ultrapassaram os limites de altura, e alguns também não aprovaram em relação a dimensão mínima dos furos, sendo que nenhum corpo de prova atingiu os 70mm em sua dimensão transversal.

Esta diferença nas dimensões dos corpos de prova pode ser decorrente de algum desgaste nos moldes ou nas tabuas de suporte destes blocos no momento da fabricação. Este desgaste é decorrente da forte pressão que ocorre durante a prensagem e vibração dos produtos, o que aumenta também com o tempo de uso dos equipamentos, sendo considerados normais nestes tipos de indústrias, desde que não prejudicando a qualidade final dos produtos.

Tabela 15 - Análise dimensional do lote referência

LOTE REFERÊNCIA							
AMOS.	COMP. MÉDIO (mm)	LARG. MÉDIA (mm)	ALT. MÉDIA (mm)	ESPESSURA MÉDIA DAS PAREDES (mm)		MENOR DIMENSÃO DO FURO (mm)	
				LONG.	TRANSV.	LONG.	TRANSV.
1	391,12	141,27	190,97	27,41	28,35	139,99	68,63
2	391,29	141,86	194,23	27,08	38,42	140,37	69,74
3	391,53	141,28	193,74	27,00	28,51	140,24	68,79
4	391,37	141,69	192,67	27,41	28,06	140,37	69,74
5	391,10	141,78	192,72	27,28	27,79	139,74	69,39
6	391,95	140,43	193,35	27,15	27,66	139,77	67,88

Fonte: Autoria Própria

Outro ensaio realizado, foi a verificação da resistência à compressão deste lote de blocos.

Por meio dos calculos especificados no item 3.2.4.3, obteve-se para este lote de blocos uma resistência característica à compressão, de 8,18 Mpa aos 7 dias e 8,86 Mpa aos 28 dias,

conforme mostrado na tabela 16, abaixo, estando acima do limite de 4,0 Mpa, estabelecido por norma, de acordo com a tabela 3, mostrada no item 2.2.

Tabela 16 - Resistência à Compressão do lote referência

RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO - LOTE REFERÊNCIA			
Idade	**fbk, 01**	**fbk,02**	**Resistência à Compressão (Mpa)**
7 DIAS	8,18	7,94	**8,18**
28 DIAS	8,45	8,86	**8,86**

Fonte: Autoria Própria

Por meio da tabela 3, observa-se também uma separação por classes, onde os blocos com resistência à compressão acima de 8,0MPa, são pertencentes à classe A. Portanto, com base nos resultados mostrados na tabela 16, pode-se afirmar que este lote de blocos pertence a classe A, pois sua resistência encontra-se acima destes limites estabelecidos por norma. Levando-se em consideração, que o limite mínimo para aceitação dos blocos para alvenaria estrutural é 4,0MPa, tem-se neste lote, uma resistência muito além do esperado, o que, por um lado é muito positivo, considerando-se a qualidade do produto, mas por outro lado é muito ruim, quando se analisa economicamente a situação.

Conforme Fernandes (2013), quanto menor o volume de vazios da mistura, maior a resistência do produto,podendo-se afirmar que alta resistência encontrada é proporcional a grande quantidade de cimento utilizada na mistura, que além de servir como aglomerante, também funcionou como uma espécie de enchimento, o que nao deveria ocorrer sendo que estes vazios poderiam ser preenchidos com algum material inerte, ou seja, algum agregado, o que representaria maior economia na fabricação.

Por meio de um terceiro ensaio realizado, determinou-se a quantidade de água absorvida por esses blocos, em 7 e 28 dias. Conforme tabela 3, mostrada no item 2.2, para blocos classe B, utilizando-se agregados normais, a absorção individual deve ser menor que 10%, e a absorção média deve ser menor que 8,0%. Já para blocos pertencentes a classe A, estes limites diminuem para 8,0% e 6,0%, respectivamente. Portanto, observando-se os resultados mostrados na tabela 17, percebe-se que, quanto à absorção de água este lote também pode ser considerado pertencente à classe A.

Tabela 17 - Absorção de Água traço referência

IDADE	ABSORÇÃO INDIVIDUAL (%)			ABSORÇÃO MÉDIA (%)
	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	
7 DIAS	5,99	6,53	6,65	**6,39**
28 DIAS	5,84	5,37	4,33	**5,18**

Fonte: Autoria Própria

4.2 TRAÇOS OBTIDOS

Por meio dos estudos de dosagem, utilizando-se das planilhas de Idário Fernandes, foram obtidos três traços diferentes, sendo um apenas com a utilização de cimento, brita zero e areia, e dois traços utilizando-se de cimento, areia, brita zero e pó de pedra.

4.2.1 Traço 01

O referido traço foi desenvolvido com o objetivo de realizar-se um comparativo direto com o traço referência (executado pela empresa), sendo que ambos são executados com o uso de apenas dois agregados: brita zero e areia.

Na tabela abaixo tem-se as proporções utilizadas de agregados, onde também pode ser observado o módulo de finura da mistura, de 3,39. Pode-se observar nesta tabela algumas sugestões fornecidas por Idário Fernandes, de módulos de finura para as misturas de blocos. É indicada a utilização de uma mistura com módulo de finura mais alto (<3,40), quando deseja-se um bloco com maior resistência, não exigindo-se tão bom acabamento. No entanto, quando deseja-se um produto com um bom acabamento (mais liso), indica-se um modulo de finura <3,00. Estando portanto, o módulo de finura desta mistura dentro dos limites indicados.

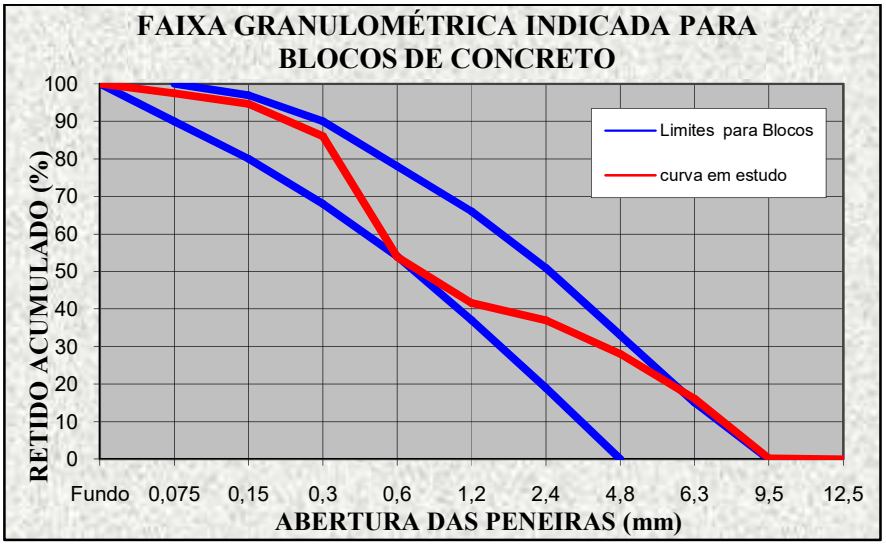
Tabela 18 - Proporção de Materiais e Módulo de Finura da mistura - traço 01

Proporção de agregados na mistura	Areia Media	55%	**Total**		Módulo de finura da mistura de agregados	Sugestão de Módulo de Finura da mistura	
	Brita Zero	45%	100 %	Deve ser 100% <==		Bloco aparente	< 3,00
	Pó de Pedra	0%				Bloco até 10 Mpa	< 3,40
					3,39	Bloco acima de 10 Mpa	de 3,40 a 4,00

Fonte: Planilha Eletrônica Idário Fernandes

Por meio das porcentagens utilizadas de cada agregado na mistura (mostrado na tabela 18, acima), gerou-se automaticamente uma curva de dosagem, a qual é apresentada na figura 29. Pode-se observar que esta curva está entre os limites indicados para fabricação de blocos, porém, observa-se uma variação grande entre seus pontos, não mostrando nenhuma uniformidade. Isto pode ocorrer pelo fato de haver na mistura apenas dois tipos de agregados.

Figura 29 - Curva granulométrica de dosagem - traço 01



Fonte: Grafico gerado pela Planilha Eletrônica Idário Fernandes

De maneira automática, ao definir-se a curva granulométrica da mistura, na própria tabela já obtem-se a quantidade de cada material a ser utilizado na mistura. Estas quantidades são mostradas na tabela 19, abaixo, onde pode-se observar uma significativa diminuição no consumo de cimento em relação ao traço referência.

Tabela 19 - Traço utilizado no lote 01

Traço a ser utilizado na produção					
Cimento	Areia Media	Brita Zero	Pó de Pedra	0,00	0,00
1	**5,58**	**4,57**	**0,00**	**0,00**	**0,00**
1	**:**	**10,15**			
Quantidades de materiais na mistura					
Material	**Massa**		**Volume**		
Cimento	**37**	kg	27	Lts	
Areia Media	**200**	kg	129	Lts	
Brita Zero	**160**	Kg	103	Lts	
Pó de Pedra	**0**	Kg	0	Lts	

Fonte: Planilha Eletrônica Idário Fernandes

Ao obter-se o traço, tem-se também o volume de vazios da mistura, sendo que quanto menor este for, maior a resistência dos blocos de concreto. Para este traço obteve-se um volume de vazios de 1,64%, conforme tabela 20 mostrada abaixo.

Tabela 20 - Volume de Vazios da mistura - lote 01

VOLUME DE VAZIOS NA MISTURA			
Agregados	% de Vazios correspondente à cada agregado	Vol. de Vazios dos Agregados	Porcentagem do Agregado na mistura
Areia Media	0,65%	**35,95%**	**55%**
Brita Zero	0,98%	**44,32%**	**45%**
Pó de Pedra	0,00%	**36,89%**	**0%**
Total de Volume de Vazios	**1,64%**		

Fonte: Autoria Própria

4.2.1.1 Ensaios Laboratoriais do Lote 01

Após o traço definido e o bloco fabricado, realizou-se os ensaios laboratoriais dos mesmos, sendo que, o primeiro ensaio realizado foi a análise dimensional.

Os resultados de análise dimensional deste lote foram parecidos com os resultados do lote referência, onde houve uma variação grande de um corpo de prova para outro, e alguns quesitos

ficaram em desconformidade com a norma (itens destacados). Estes resultados podem ser observados na tabela 21, abaixo.

Tabela 21 - Análise dimensional - lote 01

TRAÇO 01							
AMOS.	COMPR. MÉDIO (mm)	LARG. MÉDIA (mm)	ALT. MÉDIA (mm)	ESPESSURA MÉDIA DAS PAREDES (mm)		MENOR DIMENSÃO DO FURO (mm)	
				LONG.	TRANSV.	LONG.	TRANSV.
1	392,21	141,97	193,16	27,85	29,81	140,34	69,61
2	392,10	142,25	188,87	28,60	29,99	140,55	70,78
3	391,66	141,59	189,78	28,92	30,42	140,74	69,26
4	391,97	140,51	188,41	28,06	30,27	139,51	67,82
5	392,65	141,79	190,18	29,58	30,89	138,90	67,65
6	391,64	142,11	193,19	28,23	30,28	140,36	68,44

Fonte: Autoria Própria

Para o ensaio de resistência à compressão, obtiveram-se os resultados mostrados na tabela 22. Por ocorrer uma diminuição na quantidade de cimento na mistura em relação ao lote referência, ocorreu também uma diminuição na resistência à compressão dos blocos deste lote. Porém, esta diminuição da resistência é insignificante, comparando-se com a economia gerada de 15% em relação ao lote referência.

Tabela 22 - Resistência à compressão - traço 01

RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO - LOTE 01			
Idade	**fbk, 01**	**fbk,02**	**Resistência à Compressão (Mpa)**
7 DIAS	5,73	5,63	**5,73**
28 DIAS	7,95	7,19	**7,95**

Fonte: Autoria Própria

Por meio do ensaio de absorção de água, obtiveram-se os resultados especificados na tabela 23, onde observa-se uma baixa porcentagem de absorção, sendo que, por este quesito poder-se-ia considerar o lote também pertencente à classe A. Porém, pelo fato de a resistência ter ficado abaixo de 8,0MPa, este lote é pertencente à classe B, conforme determinado pela tabela 3 do item 2.2.

Tabela 23 - Absorção de Água - Lote 01

IDADE	ABSORÇÃO INDIVIDUAL (%)			ABSORÇÃO MÉDIA (%)
	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	
7 DIAS	6,38	4,21	6,08	**5,55**
28 DIAS	3,57	5,79	5,9	**5,09**

Fonte: Autoria Própria

4.2.2 Traço 02

Este traço foi executado com o uso de três agregados diferentes na mistura: areia média, brita zero e pó de pedra, com o objetivo de diminuir-se a quantidade de cimento, preenchendo-se melhor os vazios com um material de custo inferior, buscando-se boa resistência com maior economia de produção.

Neste traço optou-se pela adição de uma grande quantidade de pó de pedra em relação aos outros agregados. Pode-se observar também que existe uma grande porcentagem de materiais finos, pois, a soma da porcentagem de areia e pó de pedra, correspondem a 74%, e com isso pode-se observar que o módulo de finura da mistura é mais baixo que do traço anterior (tabela 24).

Tabela 24 - Proporção de Materiais e Módulo de Finura da mistura - traço 02

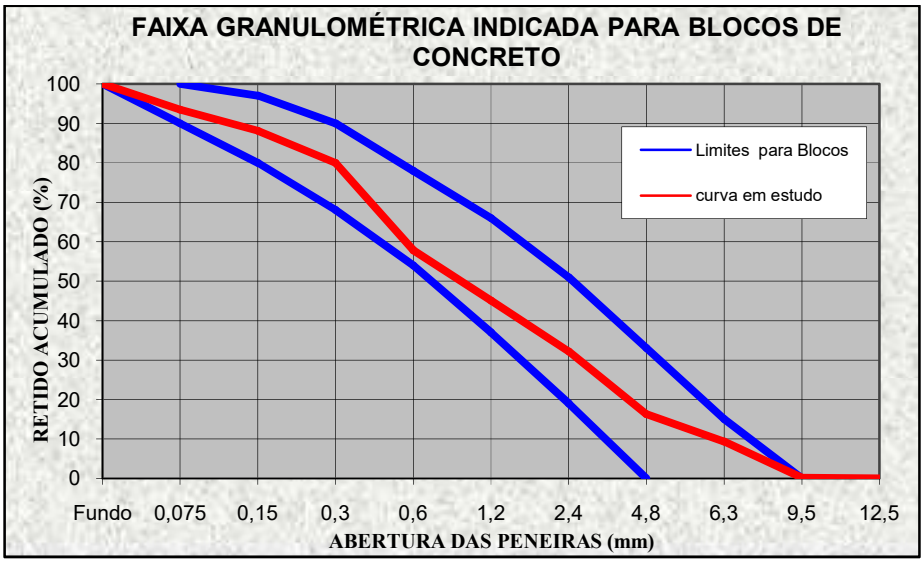
Proporção dos agregados na mistura			**Total**		Módulo de finura da mistura de agregados	**Sugestão de Módulo de Finura da mistura**	
	Areia Media	33%	100%	Deve ser 100% <==		Bloco aparente	< 3,00
	Brita Zero	26%				Bloco até 10 Mpa	< 3,40
	Pó de Pedra	41%			**3,19**	Bloco acima de 10 Mpa	de 3,40 a4,00

Fonte: Planilha Eletrônica Idário Fernandes

Determinadas as porcentagens de agregados da mistura, obteve-se então a curva granulométrica para o referido traço. Pode-se observar pela figura 30, um formato mais uniforme para esta curva gerada, significando um maior ajuste entre os agregados e, conseqüentemente, uma menor quantidade de vazios entre os grãos. Observa-se também, que a curva está mais voltada para o limite inferior do gráfico, o que prova ainda mais a grande existência de finos na

mistura, pois como já mencionado anteriormente, quanto mais para a parte inferior, melhor será o acabamento dos blocos.

Figura 30 - Curva Granulométrica de dosagem - traço 02



Fonte: Gráfico gerado pela Planilha Eletrônica Idário Fernandes

Após determinada a porcentagem de cada agregado na mistura, e obter-se a curva granulométrica, realizou-se a fabricação deste lote, por meio do traço mostrado na tabela 25, onde observa-se uma quantidade ainda inferior de cimento, e o acréscimo de um terceiro agregado: o pó de pedra.

Tabela 25 - Traço utilizado no lote 02

Traço utilizado na produção					
Cimento	Areia Media	Brita 0	Pó de Pedra		
1	**4,36**	**3,44**	**5,42**		
1	**:**	**13,22**			
Quantidades de materiais por betonada					
Material	**Massa**		**Volume**		
Cimento	**26**	kg	21	Lts	
Areia Media	**125**	kg	80	Lts	
Brita 0	**100**	Kg	63	Lts	
Pó de Pedra	**150**	Kg	88	Lts	

Fonte: Planilha Eletrônica Idário Fernandes

O volume de vazios da mistura foi obtido por meio de uma relação entre o volume de vazios de cada agregado e a porcentagem deste agregado à mistura, onde o resultado obtido foi de 3,69%, conforme apresentado na tabela 26.

Tabela 26 - Volume de Vazios na mistura - lote 02

VOLUME DE VAZIOS NA MISTURA			
Agregados	% de Vazios correspondente à cada agregado	Vol. de Vazios dos Agregados	Porcentagem do Agregado na mistura
Areia Media	1,09%	**35,95%**	**33%**
Brita Zero	1,70%	**44,32%**	**26%**
Pó de Pedra	0,90%	**36,89%**	**41%**
Total de Volume de Vazios	**3,69%**		

Fonte: Autoria Própria

4.2.2.1 Ensaios Laboratoriais do Lote 02

Após terem sido fabricados, realizou-se os ensaios laboratoriais deste lote de blocos, iniciando-se pela sua análise dimensional.

Como já mencionado anteriormente, a NBR 6136 (ABNT, 2014) indica alguns limites para as dimensões dos blocos de concreto para alvenaria estrutural, os quais são observados nas tabelas 1 e 2 deste trabalho.

Com relação ao comprimento, largura e altura todos os corpos de prova estão em conformidade com a norma, levando-se em consideração uma tolerância de ±2,0mm para largura e ± 3,0mm para comprimento e altura. A espessura das paredes tambem encontram-se acima do limite indicado por norma (25mm), estando portanto, em conformidade com a mesma.

Na verificação das menores dimensões do furo, alguns corpos de prova ficaram abaixo do limite de 70mm, estabelecido por norma, sendo que de seis unidades ensaiadas, apenas duas ficaram acima deste limite, conforme observado na tabela 27. Este limite é estabelecido por norma para garantir-se um espaço adequado para execução do grautemento, considerando-se este lote de blocos reprovado pela pequena diferença ocorrida neste quesito.

Tabela 27 - Análise dimensional - lote 02

LOTE 2							
AMOS.	COMPR. MÉDIO (mm)	LARG. MÉDIA (mm)	ALT. MÉDIA (mm)	ESPESSURA MÉDIA DAS PAREDES (mm)		MENOR DIMENSÃO DO FURO (mm)	
				LONG.	TRANSV.	LONG.	TRANSV.
1	391,64	140,52	190,18	27,37	28,96	139,88	66,64
2	391,44	142,35	190,19	27,61	29,69	140,39	70,91
3	391,32	142,19	190,46	27,66	28,22	140,52	69,35
4	391,11	141,46	191,58	28,06	28,70	140,42	69,72
5	392,33	141,98	193,42	29,15	30,25	138,30	67,91
6	391,09	141,20	190,39	27,65	30,13	140,83	70,05

Fonte: Autoria Própria

A segunda verificação realizada foi com relação à resistência à compressão deste lote de blocos. Por meio da tabela 28, mostrada abaixo, verifica-se a aprovação deste lote, sendo que em ambas as idades, a resistência ficou acima 4,0 MPa (limite estabelecido para blocos estruturais classe B).

Os resultados para resistência à compressão deste lote de blocos ficaram acima, porém bem próximos ao limite de 4,0 MPa. Portanto, levando-se em consideração a grande diminuição do consumo de cimento, em relação ao lote referência, tem-se, com este lote uma economia de aproximadamente 31%.

Tabela 28 - Resistência à Compressão - lote 02

RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO - LOTE 02			
Idade	**fbk, 01**	**fbk,02**	**Resistência à Compressão (Mpa)**
7 DIAS	3,83	4,09	**4,09**
28 DIAS	4,83	4,79	**4,83**

Fonte: Autoria Própria

Com relação à absorção de água (terceiro ensaio realizado), este lote também está em conformidade com as normas, e dentro do limite indicado para blocos de concreto classe B. Pode-se observar os resultados pela tabela 29, abaixo.

Tabela 29 - Absorção de Água - lote 02

IDADE	ABSORÇÃO INDIVIDUAL (%)			ABSORÇÃO MÉDIA (%)
	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	
7 DIAS	7,07	7,09	5,99	**6,72**
28 DIAS	6,69	5,37	5,86	**5,97**

Fonte: Autoria Própria

Analisando-se de modo geral os resultados obtidos para o lote 02, é possivel classificá-lo como um bloco de concreto estrutural pertencente à classe B, com resistência característica à compressão aos 28 dias, de **4,83 MPa**, e absorção de água nesta idade, de **5,97%**.

4.2.3 Traço 03

Este traço também foi executado com o uso de três agregados diferentes na mistura: areia média, brita zero e pó de pedra, porém, com um pequeno aumento no consumo de cimento em relação ao traço 04. O mesmo foi criado com o objetivo de diminuir-se a quantidade de cimento em relação ao traço referência, e obter-se uma maior resistência em comparação com o traço anterior.

Optou-se em criar um traço com quantidades uniformes de agregados, como pode-se observar pela tabela 30. Com isso, observa-se que o módulo de finura da mistura aumentou um pouco em relação ao traço 02. Neste traço a porcentagem de finos na mistura é a mesma do traço anterior, porem, aumentou-se um pouco a porcentagem de brita zero em relação ao traço 02.

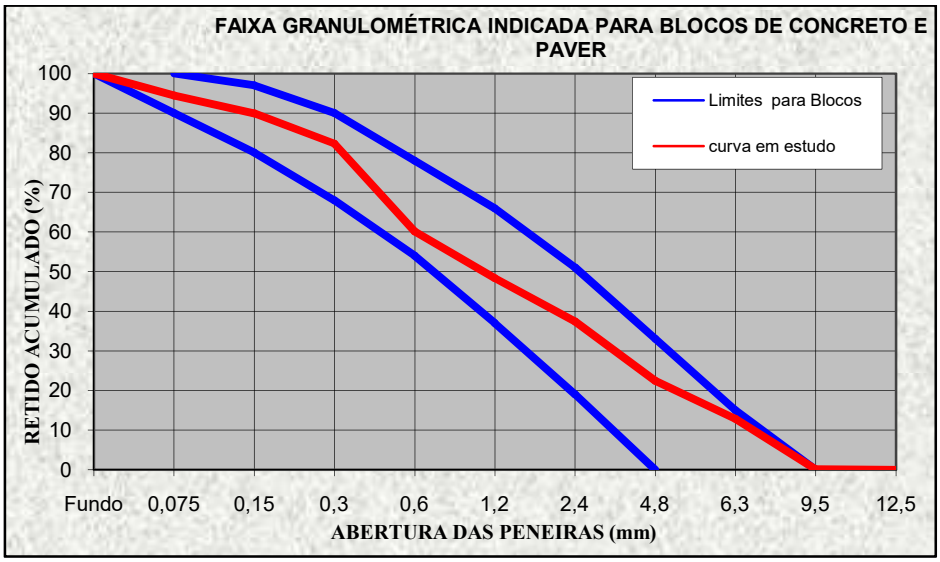
Tabela 30 - Proporção de Materiais e Módulo de Finura da mistura - traço 03

Proporção dos agregados na mistura	Areia Media	34%	**Total**		Módulo de finura da mistura de agregados	**Sugestão de Módulo de Finura da Mistura**	
	Brita Zero	36%	100 %	Deve ser 100 %		Bloco aparente	< 3,00
	Pó de Pedra	30%				Bloco até 10 Mpa	< 3,40
				<==	**3,36**	Bloco acima de 10 Mpa	de 3,40 a 4,00

Fonte: Planilha Eletrônica Idário Fernandes

Pela proporção de agregados mostrada na tabela 30, obteve-se a curva granulométrica apresentada na figura 31. Observa-se uma curva uniforme, situada bem ao centro dos limites inferior e superior.

Figura 31 - Curva granulométrica de dosagem - traço 03



Fonte: Gráfico gerado pela Planilha Eletrônica Idário Fernandes

Por meio da porcentagem utilizada de cada agregado, obteve-se o traço mostrado na tabela 31, onde percebe-se um pequeno aumento na quantidade de cimento da mistura. Este aumento foi intencional, com o objetivo de comparar-se a diferença de resistência entre ambos os lotes.

Tabela 31 - Traço utilizado no lote 03

Traço a ser utilizado na produção				
Cimento	Areia Media	Brita 0	Pó de Pedra	
1	**4,91**	**5,20**	**4,33**	
1	**:**	**14,44**		

Quantidades de materiais por betonada				
Material	**Massa**		**Volume**	
Cimento	**30**	kg	19	Lts
Areia Media	**125**	kg	83	Lts
Brita 0	**135**	Kg	88	Lts
Pó de Pedra	**110**	Kg	64	Lts

Fonte: Planilha Eletrônica Idário Fernandes

Para este lote de blocos obteve-se um volume de vazios de 3,52%, de acordo com especificado na tabela 32. Para este lote o volume de vazios foi menor em relação ao lote 02, o que prova a teoria de que a resistência é inversamente proporcional ao volume de vazios da mistura.

Tabela 32 - Volume de Vazios na mistura - lote 03

VOLUME DE VAZIOS NA MISTURA			
Agregados	% de Vazios correspondente à cada agregado	Vol. de Vazios dos Agregados	Porcentagem do Agregado na mistura
Areia Media	1,06%	**35,95%**	**34%**
Brita Zero	1,23%	**44,32%**	**36%**
Pó de Pedra	1,23%	**36,89%**	**30%**
Total de Volume de Vazios	**3,52%**		

Fonte: Autoria Própria

4.2.3.1 Ensaios Laboratoriais do lote 03

Assim como para os lotes anteriores, para avaliar a qualidade dos blocos de concreto, foram realizados alguns ensaios laboratoriais, dos quais os resultados são mostrados a seguir.

Com relação a analise dimensional, os resultados deste lote foram um pouco mais satisfatórios que dos anteriores. Todas as dimensoes de comprimento, largura e altura ficaram dentro dos limites estabelecidos por norma, porém, como ocorrido anteriormente, alguns corpos de prova nao aprovaram quanto a menor dimensão do furo, ficando abaixo do limite de 70mm estabelecido por norma (tabela 33).

Tabela 33 - Análise dimensional - lote 03

LOTE 3							
AMOS.	COMPR. MÉDIO (mm)	LARG. MÉDIA (mm)	ALT. MÉDIA (mm)	ESPESSURA MÉDIA DAS PAREDES (mm)		MENOR DIMENSÃO DO FURO (mm)	
				LONG.	TRANS.	LONG.	TRANS.
1	391,14	141,03	191,22	28,46	29,40	141,17	69,52
2	391,55	139,88	190,79	28,71	30,88	140,11	67,06
3	390,91	141,77	190,60	28,48	30,36	141,43	69,77
4	391,13	142,13	190,89	29,17	30,72	140,83	70,55
5	391,67	141,56	190,57	29,77	30,11	139,10	69,29
6	391,02	141,26	190,25	29,06	29,24	140,74	69,07

Fonte: Autoria Própria

A resistência característica à compressão dos blocos deste lote ficaram acima do limite de 4,0 MPa, estando em conformidade com as normas e pertencendo a classe B (tabela 34).

Analisando-se este traço em relação ao traço referência, obteve-se uma economia de aproximadamente 26% na produção, com pouca diferença entre as resistências de ambos os lotes.

Tabela 34 - Resistência à Compressão - Lote 03

RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO - LOTE 03			
Idade	**fbk, 01**	**fbk,02**	**Resistência à Compressão (Mpa)**
7 DIAS	6,74	6,15	**6,74**
28 DIAS	6,91	6,16	**6,91**

Fonte: Autoria Própria

Quanto a absorção de água os blocos de concreto também atingiram os limites estabelecidos, pois observa-se pela tabela 35, uma absorção de água bem baixa, pela qual, poder-se-ia classificar este lote como classe A. No entanto, o lote pertence a classe B pela sua resistência à compressão.

Tabela 35 - Absorção de Água- lote 03

IDADE	**ABSORÇÃO INDIVIDUAL (%)**			**ABSORÇÃO MÉDIA (%)**
	AMOSTRA 1	AMOSTRA 2	AMOSTRA 3	
7 DIAS	6,19	6,00	5,59	**5,92**
28 DIAS	5,81	5,44	5,20	**5,48**

Fonte: Autoria Própria

4.3 ANÁLISE GERAL DOS RESULTADOS

Tomando-se como base os resultados dos ensaios de resistência à compressão e absorção de água dos blocos de concreto, afirma-se que os quatro lotes testados tiveram aprovação, ficando entre os limites estabelecidos por norma. Com relação à análise dimensional, porém, ocorreu o oposto, sendo que todos os lotes de blocos foram reprovados neste quesito.

No ensaio de análise dimensional, alguns lotes de blocos de concreto nao tiveram aprovação, pois houveram algumas diferenças em algumas medidas tomadas, como largura mínima dos furos e altura dos blocos. As diferenças encontradas nestas analises dimensionais devem-se ao desgaste ocorrido nos moldes no decorrer dos anos. A dimensão dos furos diminuiu pelo fato de haver um aumento das paredes dos blocos, o que, por conseqüência, diminui a largura do furo. Com relação a diferença ocorrida na altura de alguns blocos, pode-se afirmar que são decorrentes dos desgastes ocorridos nas tabuas de suporte dos blocos, que são fabricadas de madeira compensada, e sofrem grandes vibrações e prensagens durante a fabricação dos blocos.

Por meio destes dados confirma-se a grande importância do uso de bons equipamentos na fabricação dos blocos de concreto. Os desgastes decorrentes do tempo de uso são normais neste tipo de fábricas, desde que não interfiram na qualidade dos produtos finais. Portanto, deve-se realizar um controle periódico de todos os equipamentos utilizados, realizando-se os consertos necessários e possíveis substituições de peças.

Com relação às verificações das resistencias dos blocos, afirmou-se um pequeno aumento nas resistencias de todos os lotes, nas idades de 7 em relação aos 28 dias, sendo esta mais significativa para alguns lotes que para outros, conforme observado pela tabela 36 e pela figura 32.

A NBR 6136 (ABNT, 2014),classifica os blocos em classes, de acordo com sua resistência à compressão, absorção de água e análise dimensional. Conforme esta norma, blocos de concreto com resistencia à compressão superior a 8,0 MPa, absorção individual de água abaixo de 8,0% e absorção média abaixo de 6,0% são classificados como classe A. Assim como blocos de concreto com resistência à compressão entre 4,0 e 8,0 MPa, absorção individual menor que 10% e absorção media de água abaixo de 8,0%, são considerados pertencentes à classe B.

Com base nestes limites impostos pela norma, o lote referência pode ser classificado como classe A, e os demais lotes são pertencentes à classe B, levando-se em consideração que deve haver coerência entre os resultados de ambos os ensaios, ou seja, os limites devem ser atingidos para todos os ensaios.

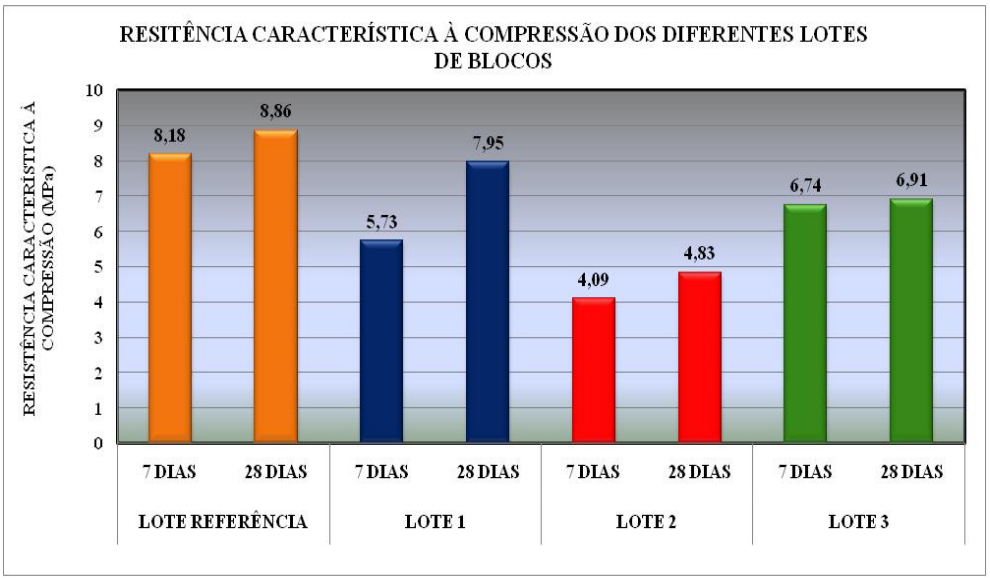
Tendo em vista a pouca utilizaçao destes blocos para obras de grande porte, adimite-se uma economia significativa no uso de qualquer um dos três lotes obtidos por meio da curva granulométrica de Idário Fernandes. Analisando-se por exemplo o traço 02, observa-se uma resistência um pouco acima do limite estabelecido por norma, e absorção de água bem abaixo dos limites para o ensaio, o que comprova a aprovação do lote. Para este em relação ao lote referência foram utilizados na mistura 22kg de cimento a menos, o que, mesmo considerando a quantidade de pó acrescentada, que anteriormente nao era utilizado, tem-se uma economia de 31% na fabricação.

Tabela 36 - Resistências à compressão dos lotes de blocos em 7 e 28 dias

RESISTÊNCIA CARACTERÍSTICA À COMPRESSÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO							
LOTE REFERÊNCIA		LOTE 1		LOTE 2		LOTE 3	
7 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
8,18	8,86	5,73	7,95	4,09	4,83	6,74	6,91

Fonte: Autoria Própria

Figura 32 - Resistências à compressão dos lotes de blocos em 7 e 28 dias



Fonte: Autoria Própria

Com relação à absorção de água dos blocos, afirma-se a importância do ensaio da frigideira, sendo que por meio deste, pode-se ter um controle da umidade da mistura, não utilizando água a mais nem deixando faltar. Esta importância percebe-se pelos resultados mostrados na tabela 37 e na figura 33, em que todos os lotes tiveram resultados positivos.

É interessante analisar-se os resultados dos ensaios aos 28 dias, sendo que nesta idade o produto deve ter atingido seus resultados máximos, tanto para a absorção como para a resistência.

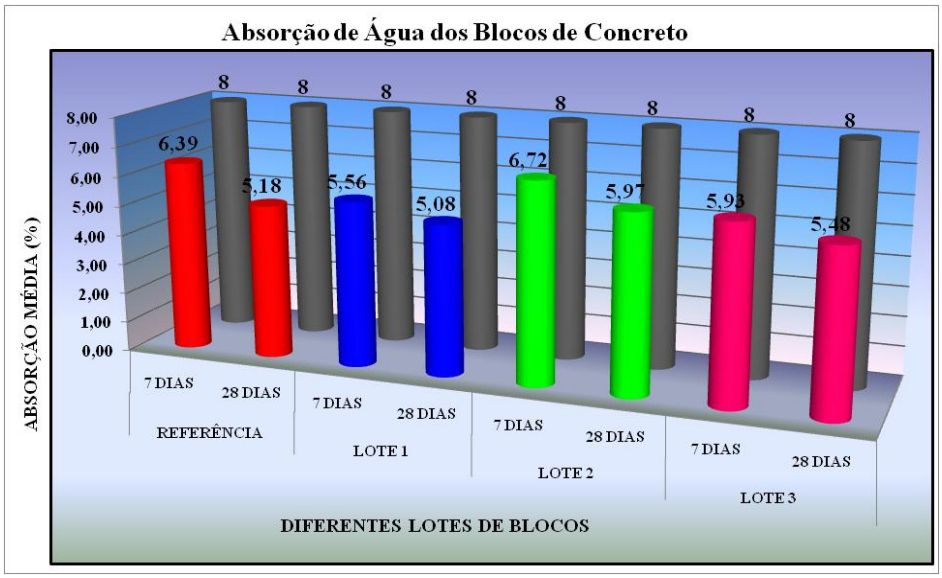
Portanto, analisando-se pela tabela 37 e a figura 33, tem-se para o lote 01 a menor absorção de água dos lotes, aos 28 dias, sendo que se dependesse apenas deste ensaio, estaria dentro dos limites da classe A. Porém, como já mencionado anteriormente, o único lote classificado como classe A é o referência, que teve seus limites atingidos em ambos os ensaios.

Tabela 37 - Absorção Média de Água dos lotes de blocos em 7 e 28 dias

ABSORÇÃO MEDIA DOS DIFERENTES LOTES DE BLOCOS EM 7 E 28 DIAS (%)							
REFERÊNCIA		LOTE 1		LOTE 2		LOTE 3	
7 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	28 DIAS	7 DIAS	28 DIAS
6,39	**5,18**	**5,56**	**5,08**	**6,72**	**5,97**	**5,93**	**5,48**
LIMITES PELA NORMA (%)							
8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00

Fonte: Autoria Própria

Figura 33 - Absorção Média de Água dos lotes de blocos em 7 e 28 dias



Fonte: Autoria Própria

Conforme Fernandes (2013), quanto menor o indice de vazios, maior a resistência à compressão dos blocos de concreto. Esta afirmação é provada pela tabela 38, onde observa-se os resultados obtidos quanto à resistencia à compressão, em relação ao indice de vazios dos três lotes desenvolvidos pela curva de dosagem.

Tabela 38 - Índice de Vazios X Resistência à Compressão

LOTES	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO AOS 28 DIAS (MPa)	INDICE DE VAZIOS (%)
LOTE 01	**7,95**	**1,64**
LOTE 02	**4,83**	**3,69**
LOTE 03	**6,91**	**3,52**

Fonte: Autoria Própria

Observando-se a tabela 38, percebe-se que dos lotes obtidos por estudo de dosagem, o lote 01 (cimento, areia e brita zero), possui o menor índice de vazios, o que indica ainda uma quantidade exagerada de cimento, que também realiza o papel de enchimento.

O lote referência (empírico) teve a maior resistência de todos os lotes (conforme figura 32 acima), o que deve-se a grande quantidade de cimento adicionada a mistura. Como já mencionado anteriormente, um menor índice de vazios pode gerar altas resistências à compressão. Portanto, o fato deste lote ter adquirido alta resistência deve-se ao baixo índice de vazios, onde o cimento utilizado, além de agir como um aglomerante, também exerceu na mistura um papel de enchimento.

Por isso afirma-se que com o uso de um terceiro agregado a mistura obtém-se uma economia considerada. O cimento exerce o seu papel de aglomerante, e um terceiro agregado (de mais baixo custo) ocupa os vazios existentes.

4.3.1 Análise de Custos

Realizando-se uma análise de custos entre os diferentes lotes de blocos comprova-se a economia significativa proporcionada pelo estudo de dosagem. Percebe-se pela tabela 39, que ambos os lotes tiveram aceitação com relação à resistência à compressão, ficando acima do limite de 4,0MPa exigido por norma. Observa-se ainda pela tabela 39, o alto consumo de cimento

utilizado para fabricação do lote referência em relação aos demais lotes obtidos pela curva de Idário Fernandes.

Por meio deste comparativo de custos, observa-se que o lote 02, constituído de cimento, areia media, brita zero e pó de pedra, por possuir a menor resistência entre os lotes, e estando mesmo assim acima dos limites da norma, é um traço economico e viável para fabricação dos blocos. Em relação ao lote referencia, observa-se uma diminuição de 22kg de cimento na mistura, o que representa uma economia de 31% na produção, já levando-se em consideração o pó de pedra que foi acrescentado nesta mistura e que nao havia sido utilizado no traço referência.

Tabela 39 - Análise de custos entre os lotes

Lotes	Resistência à Compressão em 28 dias	Consumo de Cimento	Custo por traço
Referência	8,86 Mpa	48 kg	R$ 42,30
Lote 01	7,95 Mpa	37 kg	R$ 35,50
Lote 02	4,83 Mpa	26 kg	R$ 28,90
Lote 03	6,91 Mpa	30 kg	R$ 31,20

Fonte: Autoria Própria

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar a importância da realização de um estudo técnico para dosagem de blocos de concreto estrutural, onde realizou-se um comparativo entre blocos fabricados empiricamente e outros fabricados com base em técnicas já difundidas no Brasil. Para realização deste estudo foram criados três diferentes lotes de blocos, que foram comparados com os já fabricados de maneira empírica por uma empresa situada no Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Os lotes de blocos foram ensaiados em laboratório nas idades de 7 e 28 dias, com o objetivo de obter-se um melhor resultado com relação à análise dimensional, resistência à compressão e absorção de água.

Diante do trabalho realizado pode-se afirmar, quanto a questão principal de estudo que existe sim diferença na resistência à compressão e na absorção de blocos de concreto produzidos através de traços empíricos e outros baseados em técnicas consagradas de dosagem. Estas diferenças são especificadas no item 4 deste trabalho, onde observa-se uma grande variação nos resultados dos ensaios entre ambos os lotes.

Tomando-se como base a resistência à compressão, afirma-se que o lote referência obteve o melhor resultado tanto para 7 como para 28 dias. Porém, a resistência encontrada está muito além do exigido por norma, sendo que, como mencionado nos itens anteriores, a região onde a empresa se encontra, não demanda de blocos com resistências tão altas.

Conforme especificado no item 4.2, em todos os lotes obtidos por meio de estudo de dosagem teve-se uma diminuição na quantidade de cimento na mistura, levando alguns a diminuir minimamente a resistência em relação ao lote referência, o que não é significativo se tomado como base a economia gerada por esta redução.

Com base nisto, pode-se afirmar que uma dosagem baseada em estudos pode sim gerar economia na fabricação de blocos, sendo que tal fato ocorreu no decorrer desta pesquisa onde constatou-se no traço empírico um consumo maior de cimento que o necessário.

Com a realização desta pesquisa constatou-se também a necessidade de procedimentos indispensáveis para a produção dos blocos, como equipamentos adequados, e alguns procedimentos importantes, que foram apresentados e explicados ao longo deste trabalho.

Em relação à analise dimensional, conforme mencionado no item 4, nenhum dos lotes teve total aprovação, sendo que alguns corpos de prova ensaiados tiveram falhas ou quanto a altura ou quanto a dimensão do furo. Estas falhas são referentes aos equipamentos em que estes produtos foram fabricados.

Com o aumento do tempo de utilização dos equipamentos, começam a surgir algumas falhas, principalmente nos moldes dos produtos, que sofrem com o desgaste provocado pela forte vibração e prensagem durante a fabricação. Estes desgastes provocam, conseqüentemente, a falha nas dimensões dos blocos. Este tipo de falhas podem ser considerados comuns em fabricas de artefatos de concreto, porém, nao podem afetar a qualidade final dos produtos.

Com a realização deste estudo constatou-se ainda a importância da realização do ensaio da frigideira, para a verificação da umidade da mistura. Por meio do ensaio de absorção de água, verificou-se a aprovação de todos os lotes, tendo alguns obtido uma absorção muito baixa, o que prova a importância desses processos para fabricação deste produtos.

Através da realização deste trabalho pode-se tecer as seguintes conclusões:

a) Quanto a análise dimensional: os blocos que tiveram menores variações foram os do traço 02 e do 03, ambos compostos de cimento, areia média, brita zero e pó de pedra;

b) Quanto a absorção: o traço 01 apresentou os resultados mais satisfatórios apresentando, em 28 dias 5,08% de absorção média, estando este limite bem abaixo dos limites estabelecidos por norma; em contrapartida o traço que apresentou maior absorção aos 28 dias foi o 02, com 5,97%. O traço 01 é composto apenas de brita zero e areia, e o traço 02 continha ainda o pó de pedra;

c) Quanto a resistência a compressão: verificou-se uma maior resistência no lote referência, porém, como já explicado anteriormente, este fato deve-se a alta quantidade de cimento na mistura, estando este cimento exercendo a função de um agregado, não somente de aglomerante. O cimento nesta mistura exerce o

papel de um agregado, pois está preenchendo os vazios existentes, por isso, indica-se o uso de um terceiro agregado a mistura (pó de pedra por exemplo), que exerce esta função, não necessitando a utilização de grandes quantidades de cimento.

De modo geral pode-se afirmar que a realização deste trabalho foi fundamental para o aperfeiçoamento dos conhecimentos sobre a fabricação dos blocos de concretos, obtendo-se resultados satisfatórios e instigantes para a execução de novas pesquisas sobre o assunto.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Adição de materiais alternativos, como cinza de casca de arroz, areia de fundição ou resíduos da construção civil na fabricação dos blocos de concreto, como substituição de parte do cimento ou agregados na mistura, visando a sustentabilidade na produção dos blocos de concreto;
- Analisar a resistência à compressão, absorção de água e análise dimensional de diferentes lotes de blocos de concreto, utilizando-se da mesma quantidade de cimento em ambos os lotes, podendo utilizar-se também de diferentes marcas e tipos de cimento (CPII e CPV - Ari), com o objetivo de analisar a quantidade e o tipo de cimento mais indicados para fabricação deste produto;
- Comparar diferentes tipos de agregados para fabricação dos blocos de concreto;

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marconi Oliveira de.; PURIFICAÇÃO FILHO, José Coelho da. Estudo dos Parâmetros de Dosagem que Envolve a Produção de Blocos de Concreto. Artigo Acadêmico (Universidade Federal do Vale do São Francisco). **Evolvere Scientia**, Juazeiro, 2014, v.3, n.1, p. 60-75. Disponível em < http://www.scientia.univasf.edu.br/vol3/Artigo-7-Vol3.pdf>. Acesso em: 26 Mar. 2015**.**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5732**: Cimento Portland Comum. Rio de Janeiro, 1991. 5p.

_____. **NBR 5733**: Cimento Portland de alta resistência inicial. Rio de Janeiro, 1991. 5p.

_____. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos. Rio de Janeiro, 2014. 10p.

_____. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 2009. 9p.

_____. **NBR 9935**: Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro, 2011. 12p.

_____. **NBR 11578**: Cimento Portland Composto. Rio de Janeiro, 1991. 5p.

_____. **NBR 11768**: Aditivos para concreto de cimento Portland. Rio de Janeiro, 1992. 4p.

_____. **NBR 12118**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013. 14p.

_____. **NBR NM 46**: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 µm, por lavagem. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

_____. **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação da massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2009. 6p.

_____. **NBR NM 53**: Agregado graúdo - Determinação de massa específica, massa específica aparente e absorção de água. Rio de Janeiro, 2009. 8p.

_____. **NBR NM 248**: Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**. 5. ed. rev. Rio de Janeiro: LTC, 2000. 447p.

FELIPE, Alexandre dos Santos. **Contribuição para otimização de traços de concreto utilizados na produção de blocos estruturais**. Dissertação de Mestrado (Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho). Ilha Solteira, São Paulo. 2010. 158f. Disponível em < http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/91466/felipe_as_me_ilha.pdf?sequence=1>. Acesso em: 26 Mar. 2015.

FERNANDES, Idário D. **Blocos e Pavers - Produção e Controle de Qualidade**. 4. ed. Ribeirão Preto: Treino Assessoria e Treinamentos Empresariais Ltda, 2013. 200p.

FRASSON JR, Artêmio; OLIVEIRA, Alexandre Lima de; PRUDÊNCIO JR, Luiz Roberto. Metodologia de Dosagem para Blocos de Concreto Empregados em Alvenaria Estrutural. **Caderno Técnico Alvenaria Estrutural**: Alvenaria Estrutural, [S.l], [20-?], n.10, p. 31-38.

MARCHIONI, Mariana Lobo. **Desenvolvimento de técnicas para caracterização de concreto seco utilizado na fabricação de peças de concreto para pavimentação intertravada.** Dissertação de Mestrado (Escola Politécnica da Universidade de São Paulo), São Paulo, 2012. 111f. Disponível em < http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-18072013-150832/pt-br.php>. Acesso em: 09 Abr. 2015.

MENOSSI, Rômulo Tadeu. **Utilização do pó de pedra basáltica em substituição à areia natural do concreto**. Dissertação de Mestrado (Universidade Estadual Paulista - UNESP - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira), Ilha Solteira, 2004. 97f. Disponível em: <http://base.repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90740/menossi_rt_me_ilha.pdf?sequence=1>. Acesso em: 27 Abr. 2015.

MOTA, Marcos Henrique Almeida. **Concreto Seco com Incorporação de Cinzas de Madeira de Algaroba (Prosopis Juliflora) Moldado sob Pressão.** Dissertação de Mestrado (Universidade Federal de Pernambuco), Curuaru, 2014. 122f. Disponível em <https://www.ufpe.br/ppgecam/images/documentos/Dissertacoes/dissert.%20marcos%20mota%2

0com%20alterada%2022_07-com%20folha%20de%20assinatura%20em%20branco-pdf.pdf>. Acesso em 11 Abril. 2015.

PETRUCCI, Eladio G. R. **Concreto de Cimento Portland.** 13. ed. rev. São Paulo: Globo, 1998. 307p.

PIROLA, Fernanda Carvalho. **Contribuição para o Estudo de Concreto Seco Utilizado na Fabricação de Peças de Concreto para Pavimentação de 50 MPa**. Dissertação de Pós Graduação (Universidade Federal de Santa Catarina). Florianópolis, Santa Catarina. 2011. 164f. Disponível em < https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/95668/296868.pdf?sequence=1> Acesso em: 09 Abr. 2015.

RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Márcio R. S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini, 2003. 174p.

SANTOS, Carlos Eduardo de Oliveira. **Análise de Blocos Estruturais de Concreto Utilizando a Técnica da Ultrassonografia**. Dissertação de Pós Graduação (Universidade Federal de Minas Gerais). Belo Horizonte, Minas Gerais. 2011. p.19. Disponível em < http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/ISMS-8HLL2J/tese_carlos_eduardo_final_07042011.pdf?sequence=1>. Acesso em: 09 Abril. 2015.

SIQUEIRA, Lígia Vieira Maia. **Laboratório de Materiais de Construção II 1° parte - Agregados**. Notas de aula de Materiais de Construção II (Universidade do Estado de Santa Catarina). Joinville, 2008. 45f. Disponível em: < http://engenhariaconcursos.com.br/arquivos/Materiais/ensaios_tecnologicos_agregados.pdf>. Acesso em: 21 Abril. 2015.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini, 2010. 186p.

TUTIKIAN, Bernardo F.; HELENE, Paulo. Dosagem dos Concretos de Cimento Portland. **Concreto: Ciência e Tecnologia**. [S.l], 2011,cap.12. Disponível em: < http://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc56.pdf>. Acesso em: 23 Abril. 2015.

VARELA, Marcio. **Mini Curso de Dosagem de Concreto método ABCP/ACI**. In: CONGRESSO CIENTÍFICO UNIVERSIDADE POTIGUAR, 2012, Mossoró. **Anais...** Mossoró, 2012.

YAZIGI, Walid. **A Técnica de Edificar.** 1. ed. São Paulo: Pini, 1998. 628p.

YAZIGI, Walid. **A Técnica de Edificar.** 10. ed. rev. Atual. São Paulo: Pini, 2009. 769p.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

HELENE, Paulo; TERZIAN, Paulo. **Manual de Dosagem e Controle do Concreto**. São Paulo: Pini, 1991.349p.

PARSEKIAN, Gilherme Aris (Org.). **Parâmetros de Projeto de Alvenaria Estrutural com Blocos de Concreto**. São Carlos: EdUFSCar, 2012. 85p.

ANEXO A

LOTE REFERÊNCIA

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO - 7 DIAS					
Amostra	Comprimento médio (mm)	Largura media (mm)	Área Bruta (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Resistência Individual (Mpa)
1	391,73	140,45	55018,48	490200	8,91
2	393,29	140,52	55265,11	535000	9,68
3	390,83	140,92	55075,76	573200	10,41
4	391,62	139,93	54799,39	596400	10,88
5	391,97	139,68	54750,37	720100	13,15
6	391,7	139,49	54638,23	734800	13,45
				Soma das Resistencias	66,48
				Resistência Média (Mpa)	11,08
				Resistência Característica1 (Mpa)	8,18
				Resistência Característica2 (Mpa)	7,93
				Resistência à Compressão	**8,18 Mpa**

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO - 28 DIAS					
Amostra	Comprimento médio (mm)	Largura media (mm)	Área Bruta (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Resistência Individual (Mpa)
1	391,37	141,69	55453,22	552500	9,96
2	391,12	141,27	55253,52	562600	10,18
3	391,09	141,78	55448,74	648100	11,69
4	391,29	141,86	55508,40	676300	12,18
5	391,54	141,28	55316,77	723500	13,08
6	391,95	140,42	55037,62	879200	15,97
				Soma das Resistências	73,07
				Resistência Média (Mpa)	12,18
				Resistência Característica1 (Mpa)	8,46
				Resistência Característica2 (Mpa)	8,87
				Resistência à Compressão	**8,87 Mpa**

Umidade e Absorção de Água - Traço Referência									
Idade: 7 DIAS									
Corpo de Prova	Massa da amostra recebida (g)	Massa da amostra seca em estufa a 110°C (g)			Massa da amostra saturada em água (g)			Absorção (%)	Umidade (%)
		Hora Inicial			Hora Inicial				
		24h	2h	2h	24h	+2h	+2h		
01	13700	13190	3190	3180	13970	13970	13970	5,99	5,82
02	13890	13330	3330	3320	14190	14190	14190	6,53	5,52
03	13970	13400	3400	3390	14290	14290	14280	6,65	5,17
					ABSORÇÃO MÉDIA			**6,39**	

Umidade e Absorção de Água - Traço Referência									
Idade: 28 DIAS									
Corpo de Prova	Massa da amostra recebida (g)	Massa da amostra seca em estufa a 110°C (g)			Massa da amostra saturada em água (g)			Absorção (%)	Umidade (%)
		Hora Inicial			Hora Inicial				
		24h	2h	+2h (m1)	4h	2h	+2h (m2)		
01	13950	13540	3530	13530	4320	4320	14320	5,84	53,16
02	14650	14170	4160	14160	4910	4920	14920	5,37	64,47
03	15250	14790	4790	14790	5430	5430	15430	4,33	71,88
					ABSORÇÃO MÉDIA			**5,18**	

ANÁLISE DIMENSIONAL - LOTE REFERÊNCIA

Corpo de Prova		Comprimento (mm)				Largura (mm)				Altura (mm)				Espessura das paredes (mm)							Dimensão do Furo (mm)			
N°	Face	Individuais			Média	Individuais			Média	Individuais			Média	Longitudinais				Transversais			Long. 1	Long. 2	Trans. 1	Trans. 2
1	1	391,59	391,08	391,17	**391,12**	141,16	140,41	140,72	**141,27**	191,29	191,20	191,22	**190,97**	28,22	26,65	27,03	27,72	28,79	28,06	28,19	139,99	140,8	68,63	69,53
	2	391,05	390,98	390,85		141,17	141,90	142,27		191,30	190,72	190,09		**Média**		**27,41**		**Média**		**28,347**	**Menor = 139,99**		**Menor = 68,63**	
2	1	391,73	390,14	391,97	**391,29**	141,58	140,64	141,12	**141,86**	194,79	195,14	193,34	**194,23**	28,16	26,45	27,45	26,25	29,05	28,51	27,71	140,63	140,37	69,74	70,04
	2	391,27	391,59	391,03		142,58	142,81	142,45		194,24	194,43	193,45		**Média**		**27,08**		**Média**		**28,423**	**Menor = 140,37**		**Menor = 69,74**	
3	1	392,43	392,17	392,03	**391,53**	140,85	140,46	140,87	**141,28**	194,08	193,97	193,81	**193,74**	27,81	26,26	26,62	27,3	29,24	28,13	28,17	140,24	140,88	68,79	69,84
	2	390,91	390,77	390,89		141,22	142,01	142,28		193,65	194,03	192,89		**Média**		**27,00**		**Média**		**28,513**	**Menor = 140,24**		**Menor = 68,79**	
4	1	391,38	391,63	391,60	**391,37**	141,37	140,85	140,68	**141,69**	197,92	193,73	191,28	**192,67**	27,79	27,11	28,55	26,18	28,14	28,23	27,8	140,37	141,06	69,74	70,6
	2	390,93	391,45	391,22		142,08	142,41	142,77		190,02	191,58	191,47		**Média**		**27,41**		**Média**		**28,057**	**Menor = 140,37**		**Menor = 69,74**	
5	1	391,74	389,69	391,44	**391,1**	141,35	140,97	141,57	**141,78**	191,71	193,27	192,13	**192,72**	28,61	25,96	26,82	27,74	27,64	27,7	28,02	140,88	139,74	69,93	69,39
	2	391,18	391,43	391,11		142,54	142,26	142,01		193,80	193,43	191,96		**Média**		**27,28**		**Média**		**27,787**	**Menor = 139,74**		**Menor = 69,39**	
6	1	392,15	391,91	390,88	**391,95**	139,80	139,76	140,38	**140,43**	191,51	194,85	192,27	**193,35**	27,43	26,34	27,25	27,59	27,68	26,65	28,65	139,77	140,93	67,88	69,92
	2	392,39	393,00	391,38		140,09	141,20	141,34		194,05	194,15	193,25		**Média**		**27,15**		**Média**		**27,66**	**Menor = 139,77**		**Menor = 67,88**	

ANEXO B

LOTE 01

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO - 7 DIAS					
Amostra	Comprimento médio (mm)	Largura media (mm)	Área Bruta (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Resistência Individual (Mpa)
1	392,50	140,18	55020,65	463900	8,43
2	391,36	141,18	55252,20	471200	8,53
3	392,03	141,34	55409,52	658200	11,88
4	391,71	142,43	55791,26	436900	7,83
5	392,63	142,68	56020,45	354400	6,33
6	392,49	142,77	56035,80	522700	9,33
				Soma das Resistências	52,32
				Resistência Média (Mpa)	8,72
				Resistência Característica1 (Mpa)	5,73
				Resistência Característica2 (Mpa)	5,63
				Resistência à Compressão	**5,73 Mpa**

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO - 28 DIAS					
Amostra	Comprimento médio (mm)	Largura media (mm)	Área Bruta (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Resistência Individual (Mpa)
1	392,21	141,97	55682,05	476200	8,55
2	392,10	142,25	55776,23	450600	8,08
3	391,66	141,59	55455,14	556100	10,03
4	391,97	140,51	55075,70	567100	10,30
5	392,65	141,79	55673,84	479600	8,61
6	391,64	142,10	55652,04	468900	8,43
				Soma das Resistências	54,00
				Resistência Média (Mpa)	9,00
				Resistência Característica1 (Mpa)	7,95
				Resistência Característica2 (Mpa)	7,19
				Resistência à Compressão	**7,95 Mpa**

Umidade e Absorção de Água - Traço 01									
Idade: 7 DIAS									
Corpo de Prova	Massa da amostra recebida (g)	Massa da amostra seca em estufa a 110°C (g)			Massa da amostra saturada em água (g)			Absorção (%)	Umidade (%)
		Hora Inicial			Hora Inicial				
		24h	2h	+2h (m1)	24h	2h	+2h (m2)		
1	13640	13340	3330	13330	4180	4180	14180	6,38	36,47
2	14170	13800	3790	13790	4360	4360	14370	4,21	65,52
3	13640	13330	3330	13320	4120	4130	14130	6,08	39,51
					ABSORÇÃO MÉDIA			**5,55**	

Umidade e Absorção de Água - Traço 01									
Idade: 28 DIAS									
Corpo de Prova	Massa da amostra recebida (g)	Massa da amostra seca em estufa a 110°C (g)			Massa da amostra saturada em água (g)			Absorção (%)	Umidade (%)
		Hora Inicial			Hora Inicial				
		24h	2h	+2h (m1)	4h	2h	+2h (m2)		
1	14470	14270	4270	14270	4770	4770	14780	3,57	39,22
2	13470	13290	3290	13290	4050	4050	14060	5,79	23,38
3	13560	13390	3390	13390	4170	4170	14180	5,90	21,52
					ABSORÇÃO MÉDIA			**5,09**	

ANÁLISE DIMENSIONAL - LOTE 1																									
Corpo de Prova		Comprimento (mm)				Largura (mm)				Altura (mm)				Espessura das paredes (mm)							Dimensão do Furo (mm)			
N°	Face	Individuais			Média	Individuais			Média	Individuais			Média	Longitudinais				Transversais			Long. 1	Long. 2	Trans. 1	Trans. 2
1	1	392,22	393,30	391,98	**392,21**	142,57	141,49	141,60	**141,97**	192,78	193,52	192,99	**193,16**	27,83	28,54	28,07	26,94	30,03	29,41	30	140,34	141,12	69,68	69,61
	2	392,00	391,93	391,85		141,58	142,15	142,40		192,85	193,53	193,29		**Média**		**27,85**		**Média**		**29,81**	**Menor = 140,34**		**Menor = 69,61**	
2	1	392,23	392,42	392,05	**392,10**	141,36	141,31	141,5	**142,25**	187,89	188,93	188,36	**188,87**	28,49	27,11	29,31	29,47	30,26	31,64	28,07	140,55	141,1	71,26	70,78
	2	391,93	392,07	391,88		142,90	143,23	143,21		188,54	189,98	189,52		**Média**		**28,60**		**Média**		**29,99**	**Menor = 140,55**		**Menor = 70,78**	
3	1	391,8	391,28	391,50	**391,66**	141,61	142,14	141,11	**141,59**	190,14	189,21	189,61	**189,78**	26,38	28,52	31,75	29,04	29,07	34,09	28,1	140,74	141,39	69,26	70,71
	2	392,33	391,38	391,64		142,24	141,44	141		189,82	190,32	189,58		**Média**		**28,92**		**Média**		**30,42**	**Menor = 140,74**		**Menor = 69,26**	
4	1	391,23	391,63	392,44	**391,97**	139,83	139,91	139,62	**140,51**	189,25	188,52	188,68	**188,41**	28,15	28,62	28,37	27,11	30,44	31,65	28,71	139,51	140,81	67,82	69,97
	2	392,12	392,12	392,30		141,62	141,48	140,61		188,54	188,32	187,15		**Média**		**28,06**		**Média**		**30,27**	**Menor = 139,51**		**Menor = 67,82**	
5	1	393,42	391,93	392,43	**392,65**	141,73	141,13	142	**141,79**	189,51	191,98	190,09	**190,18**	29,33	27,08	30,42	31,5	27,81	34,63	30,23	138,9	139,59	67,78	67,65
	2	392,56	392,20	393,33		141,39	141,49	142,98		190,17	190,19	189,13		**Média**		**29,58**		**Média**		**30,89**	**Menor = 138,90**		**Menor = 67,65**	
6	1	391,58	391,76	391,76	**391,64**	141,41	141,79	141,48	**142,11**	193,23	193,12	193,03	**193,19**	27,23	28,71	28,97	27,99	30,57	31,06	29,2	141,63	140,36	70,52	68,44
	2	391,61	391,51	391,64		142,68	142,92	142,35		192,34	193,71	193,71		**Média**		**28,23**		**Média**		**30,28**	**Menor = 140,36**		**Menor = 68,44**	

ANEXO C

LOTE 02

RESISTENCIA A COMPRESSAO - 7 DIAS					
Amostra	Comprimento medio (mm)	Largura media (mm)	Área Bruta (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Resistencia Individual (Mpa)
1	391,64	140,52	55033,25	317900	5,78
2	391,44	142,43	55752,80	256000	4,59
3	391,32	142,19	55641,79	320400	5,76
4	391,11	141,46	55326,42	325500	5,88
5	392,33	141,98	55703,01	333100	5,98
6	391,09	141,2	55221,91	276200	5,00
				Soma das Resistencias	32,99
				Resistencia Média (Mpa)	5,50
				Resistencia Característica1 (Mpa)	3,84
				Resistencia Característica2 (Mpa)	4,09
				Resistencia à Compressão	**4,09 Mpa**

RESISTENCIA A COMPRESSAO - 28 DIAS					
Amostra	Comprimento médio (mm)	Largura media (mm)	Área Bruta (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Resistência Individual (Mpa)
1	391,27	142,03	55572,08	371300	6,68
2	390,75	142,12	55533,39	298700	5,38
3	391,42	142,23	55671,67	403400	7,25
4	390,80	141,75	55395,90	335600	6,06
5	391,22	142,76	55850,57	307500	5,51
6	391,02	141,76	55431,00	342100	6,17
				Soma das Resistências	37,04
				Resistência Média (Mpa)	6,17
				Resistência Característica1 (Mpa)	4,83
				Resistência Característica2 (Mpa)	4,79
				Resistência à Compressão	**4,83 Mpa**

Umidade e Absorção de Água - Traço 02									
Idade: 7 DIAS									
Corpo de Prova	Massa da amostra recebida (g)	Massa da amostra seca em estufa a 110°C (g)			Massa da amostra saturada em água (g)			Absorção (%)	Umidade (%)
		Hora Inicial			Hora Inicial				
		24h	2h	+2h (m1)	4h	2h	+2h (m2)		
1	13900	13460	3450	13440	4380	4390	14390	7,07	48,42
2	13830	13410	3400	13390	4340	4350	14340	7,09	46,32
3	14130	13710	3700	13690	4520	4510	14510	5,99	53,66
					ABSORÇÃO MÉDIA			**6,72**	

Umidade e Absorção de Água - Traço 02									
Idade: 28 DIAS									
Corpo de Prova	Massa da amostra recebida (g)	Massa da amostra seca em estufa a 110°C (g)			Massa da amostra saturada em água (g)			Absorção (%)	Umidade (%)
		Hora Inicial			Hora Inicial				
		24h	2h	+ 2h (m1)	4h	2h	+ 2h (m2)		
1	14030	13740	3750	13750	4660	4670	14670	6,69	30,43
2	14420	14170	4160	14160	4920	4920	14920	5,37	34,21
3	13730	13480	3480	13470	4260	4260	14260	5,86	32,91
					ABSORÇÃO MÉDIA			**5,97**	

ANÁLISE DIMENSIONAL - LOTE 2																
Corpo de Prova		Comprimento (mm)				Largura (mm)				Altura (mm)				Espessu		
Nº	Face	Individuais			Média	Individuais			Média	Individuais			Média	Longitudinais		
1	1	391,92	391,54	391,03	391,64	139,55	139,64	140,41	140,52	190,01	190,67	191,09	190,18	26,2	26,83	28,27
	2	391,27	392,08	392,01		140,20	141,79	141,53		189,52	189,60	190,17		**Média**		**27.**
2	1	391,3	391,40	391,27	391,44	141,58	141,79	142,3	142,35	190,80	189,69	189,44	190,19	28,26	28,72	26,8
	2	391,7	391,57	391,37		142,73	143,13	142,56		190,67	189,93	190,58		**Média**		**27.**
3	1	391,43	391,52	391,22	391,32	141,56	141,93	141,44	142,19	190,64	190,55	190,53	190,46	26,84	28,36	28,28
	2	391,29	391,43	391,01		142,56	143,15	142,47		190,44	189,81	190,8		**Média**		**27.**
4	1	391,41	390,78	391,13	391,11	141,75	141,68	141,41	141,46	191,21	192,38	191,49	191,58	25,88	27,74	30,63
	2	391,24	390,72	391,38		142,18	140,93	140,8		190,86	191,74	191,79		**Média**		**28.**
5	1	391,96	392,15	393,43	392,33	141,85	141,06	142,89	141,98	193,99	193,12	193,73	193,42	31,29	29,74	27
	2	392,95	391,46	392,00		142,43	141,88	141,75		193,33	193,02	193,34		**Média**		**29.**
6	1	390,98	391,12	390,85	391,09	140,93	140,81	140,54	141,20	191,10	190,59	190,15	190,39	26,6	27,84	28,6
	2	391,43	391,15	390,98		141,30	141,73	141,86		190,95	189,70	189,82		**Média**		**27.**

ANEXO D

LOTE 03

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO - 7 DIAS					
Amostra	Comprimento médio (mm)	Largura media (mm)	Área Bruta (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Resistência Individual (Mpa)
1	391,14	141,03	55162,47	398300	7,22
2	391,55	139,88	54770,01	454300	8,29
3	390,91	141,77	55419,31	382800	6,91
4	391,13	142,13	55591,31	410700	7,39
5	391,67	141,56	55444,81	495100	8,93
6	391,02	141,27	55239,40	408400	7,39
				Soma das Resistências	46,13
				Resistência Média (Mpa)	7,69
				Resistência Característica1 (Mpa)	6,74
				Resistência Característica2 (Mpa)	6,15
				Resistência à Compressão	**6,74 Mpa**

RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO - 28 DIAS					
Amostra	Comprimento médio (mm)	Largura media (mm)	Área Bruta (mm²)	Carga de Ruptura (N)	Resistência Individual (Mpa)
1	391,04	140,82	55066,25	402300	7,31
2	390,42	141,74	55338,13	382800	6,92
3	391,48	142,13	55641,05	407000	7,31
4	391,03	142,55	55741,33	433800	7,78
5	390,99	140,69	55008,38	485800	8,83
6	390,56	141,53	55275,96	486100	8,79
				Soma das Resistências	46,95
				Resistência Média (Mpa)	7,82
				Resistência Característica1 (Mpa)	6,91
				Resistência Característica2 (Mpa)	6,16
				Resistência à Compressão	**6,91 Mpa**

'Umidade e Absorção de Água - Traço 03									
Idade: 7 DIAS									
Corpo de Prova	Massa da amostra recebida (g)	Massa da amostra seca em estufa a 110°C (g)			Massa da amostra saturada em água (g)			Absorção (%)	Umidade (%)
		Hora Inicial			Hora Inicial				
		24h	2h	+2h (m1)	4h	2h	+2h (m2)		
19	14050	13590	13580	13580	14420	14410	14420	6,19	55,95
20	14150	13680	13670	13670	14490	14490	14490	6,00	58,54
21	14070	13620	13610	13600	14360	14360	14360	5,59	61,84
							ABSORÇÃO MÉDIA	**5,92**	

Umidade e Absorção de Água - Traço 03									
Idade: 28 DIAS									
Corpo de Prova	Massa da amostra recebida (g)	Massa da amostra seca em estufa a 110°C (g)			Massa da amostra saturada em água (g)			Absorção (%)	Umidade (%)
		Hora Inicial			Hora Inicial				
		24h	2h	2h (m1)	4h	2h	2h (m2)		
19	13990	13770	13770	13770	14570	14570	14570	5,81	27,50
20	14200	13970	13970	13970	14730	14730	14730	5,44	30,26
21	14650	14420	14420	14420	15170	15170	15170	5,20	30,67
							ABSORÇÃO MÉDIA	**5,48**	

ANÁLISE DIMENSIONAL - LOTE 3																
Corpo de Prova		Comprimento (mm)				Largura (mm)				Altura (mm)				Espessu		
Nº	Face	Individuais			Média	Individuais			Média	Individuais			Média	Longitudinais		
1	1	391,31	390,76	391,10	**391,14**	140,95	140,80	140,48	**141,03**	191,26	191,18	192,01	**191,22**	26,03	28,4	30,51
	2	391,26	391,30	391,10		141,89	140,91	141,16		190,21	190,98	191,66		**Média**		**28.**
2	1	391,72	390,90	390,87	**391,55**	138,92	139,41	139,53	**139,88**	190,65	190,47	191,78	**190,79**	27,81	29,62	29,79
	2	391,68	391,76	392,34		139,87	140,73	140,79		190,50	189,93	191,43		**Média**		**28.**
3	1	390,87	391,06	390,78	**390,91**	141,10	141,48	141,36	**141,77**	190,09	191,01	190,66	**190,60**	28,65	29,12	29,08
	2	390,69	390,96	391,08		141,91	142,46	142,32		189,78	191,10	190,93		**Média**		**28.**
4	1	391,01	391,08	391,06	**391,13**	141,46	141,49	141,42	**142,13**	190,44	190,73	191,71	**190,89**	28,36	27,61	30,45
	2	391,17	391,33	391,11		142,51	143,17	142,73		190,00	190,92	191,51		**Média**		**29.**
5	1	391,17	391,15	392,42	**391,67**	141,34	140,97	141,18	**141,56**	190,56	190,77	190,66	**190,57**	31,75	30,82	27,11
	2	392,69	391,32	391,24		142,22	141,74	141,92		190,41	191,10	189,91		**Média**		**29.**
6	1	391,01	390,55	390,85	**391,02**	141,48	140,76	140,73	**141,26**	190,95	190,31	189,95	**190,25**	26,27	28,61	32,36
	2	391,27	391,47	390,97		142,30	141,32	140,99		190,65	189,50	190,14		**Média**		**29.**