

**RAFAEL TANGERINO MELO**  
**SEDMAR ROSA DA SILVA**

**ASSOCIAÇÃO DO CONSUMO DE CIMENTO COM A**  
**RESISTÊNCIA DO BLOCO DE CONCRETO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO**  
**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: DR. BENJAMIM JORGE R. DOS SANTOS**

**ANÁPOLIS / GO: 2015**

**RAFAEL TANGERINO MELO**  
**SEDMAR ROSA DA SILVA**

**ASSOCIAÇÃO DO CONSUMO DE CIMENTO COM A**  
**RESISTÊNCIA DO BLOCO DE CONCRETO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE**  
**ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS**  
**NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

**APROVADO POR:**

---

**PROF<sup>a</sup>. BENJAMIM JORGE R. DOS SANTOS, Doutor (UniEvangélica)**  
**(ORIENTADOR)**

---

**PROF<sup>a</sup>. ISA LORENA DA SILVA BARBOSA , Mestre (UniEvangélica)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**PROF<sup>a</sup>. ANDREA LÚCIO QUEIROZ, Especialista (UniEvangélica)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, DIA de NOVEMBRO de 2015.**

## RESUMO

Este trabalho teve como objetivo verificar a relação entre o volume de cimento usado na produção de bloco de concreto e a resistência do bloco. Inicialmente discorreu-se sobre os métodos de dosagens de concreto seco, aonde utilizamos para esta pesquisa o de Besser Company. Com a avaliação granulométrica dos agregados desenvolveu-se um traço experimental e neste traço variou-se a relação cimento: agregado em 1: 12, 1: 10, 1: 8 e 1: 6. Após romper estes blocos, o resultado apresentado foi que com o aumento de cimento houve um aumento de resistência, principalmente quando se passou de um traço mais pobre em cimento 1: 12 para 1: 10, a partir desta última composição observou-se que a aparência e formação de estrias na peça foi melhor, verificou-se um maior fechamento do bloco. Para trabalhos futuros sugerimos a avaliação de outros aspectos desta relação cimento: agregado como o índice de vazios na peça, densidade do bloco, permeabilidade além da resistência.

**Palavras chaves:** bloco de concreto; consumo de cimento; traço para bloco de concreto.

## ABSTRACT

This study aimed to investigate the relationship between the volume of cement used in the production of concrete block and block resistance. Initially spoke on the dry concrete dosing methods, where we used for this research to Besser Company. With the particle size of the aggregates review developed an experimental trace trace and this varied to cement ratio: added at 1: 12, 1: 10, 1: 8 and 1: 6. After breaking these blocks, the displayed result is that with increasing cement was increased resistance, particularly when passed a poorer trace cement 1: 12 to 1: 10, from this latter composition was observed that the appearance and streaking on the workpiece was better, there was a greater closure of the pack. Future studies suggest evaluating other aspects of this cement ratio: aggregate such as voids in the part, the block density, permeability than strength.

**Key words:** concrete block; Concrete consumption; dash for concrete block.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Ensaio de cimento .....	24
Figura 2 - Lote recebido de brita zero .....	25
Figura 3 - Lote recebido de areia grossa .....	27
Figura 4 - Misturador Planetário .....	29
Figura 5 - Vibroprensa hidráulica .....	30
Figura 6 - Controlador lógico programável .....	30
Figura 7 - Lote de cimento armazenado .....	31

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo .....	18
Tabela 2 - Resistência dos blocos e consumo de cimento .....	35
Tabela 3 - Resistência do bloco com consumo de cimento .....	35

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Granulometria de agregado graúdo .....	25
Quadro 2 - Granulometria agregado miúdo .....	26

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Granulometria da brita zero .....	26
Gráfico 2 - Granulometria agregado miúdo .....	27



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	10
1.2 JUSTIFICATIVA .....	10
1.3 OBJETIVOS .....	11
<b>1.3.1 Objetivo geral.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>11</b>
1.4 METODOLOGIA .....	11
1.5 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO.....	11
<b>2 ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO .....</b>	<b>13</b>
2.1 HISTÓRICO .....	13
2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL .....	14
<b>2.1.1 Principais vantagens.....</b>	<b>14</b>
<b>2.1.2 Principais desvantagens .....</b>	<b>14</b>
<b>3 BLOCOS DE CONCRETO .....</b>	<b>15</b>
3.1 CONCRETO SECO.....	15
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS.....	16
<b>3.2.1 Aglomerante .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2.2 Aditivos .....</b>	<b>17</b>
<b>3.2.3 Agregados .....</b>	<b>17</b>
3.2.3.1 INFLUÊNCIA DOS AGREGADOS NO CONCRETO .....	18
3.3 METODOLOGIAS DE DOSAGEM .....	19
<b>3.3.1 Método adotado pela Besser Company .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.2 Método ABCP .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3.3 Método proposto pela Columbia .....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.4 Comentários sobre os métodos .....</b>	<b>21</b>
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>23</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....	23
4.2 CIMENTO .....	23
4.3 AGREGADOS.....	24
4.4 ADITIVO.....	27
4.5 ELABORAÇÃO DO TRAÇO .....	28
4.6 MISTURADOR PLANETÁRIO .....	29
4.7 PRENSA HIDRÁULICA MBP-4.....	29
4.8 LABORATÓRIO.....	31
4.9 PROCEDIMENTOS .....	31
4.10 ANÁLISE DOS DADOS .....	33
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>34</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>36</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>37</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As tecnologias da construção civil no Brasil vêm se desenvolvendo ao longo do tempo assim como os métodos, técnicas e processos construtivos utilizados, um dos processos que vem ganhando espaço é o de alvenaria estrutural. A alvenaria estrutural foi alavancada no Brasil devido ao déficit habitacional nacional, por ser um sistema considerado de baixo custo, apresentando menor agressividade ao meio ambiente, confiável e economicamente viável. Outro atrativo da alvenaria estrutural está relacionado com a mão de obra, como este processo construtivo se caracteriza pelo uso de parede como principal estrutura de suporte, serviços como os de armador e carpinteiro são reduzidos ou até mesmo eliminados, podendo se ter uma equipe de trabalhadores com funções mais simples de ser desempenhada e mais fácil de ser treinada (MENDES, 1998).

Em contra partida este processo por utilizar paredes como a principal estrutura de suporte fica condicionada a resistência do material utilizado, os blocos estruturais, à medida que se teve uma facilidade na aquisição de moradia ouve um acréscimo dos valores praticados das áreas centrais das cidades, com isso as construtoras viram a necessidade de otimizar mais as áreas adquiridas, e esta otimização foi na verticalização das construções, sendo necessário construções cada vez mais altas e com custos cada vez menores. Para a alvenaria estrutural acompanhar esta tendência de mercado uma maior profissionalização dos fabricantes de máquinas de bloco de concreto e fabricantes de bloco foi preciso (PRUDÊNCIO, 2002).

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Atualmente existem vários trabalhos sendo direcionados para estudos de novos materiais utilizados na fabricação de blocos, principalmente materiais reciclados, mas observa-se que um dos grandes limitantes para atingir altas resistências no bloco estrutural é o consumo de cimento que proporciona um grande impacto nos custos de produção do bloco estrutural de alta resistência, necessário para a execução de obras que adéquem à necessidade do mercado (TAUIL, 2011).

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo geral

Neste trabalho tem-se o objetivo de verificar o grau de relação entre o consumo de cimento com a da resistência de blocos de concreto.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Vantagens e desvantagens da alvenaria estrutural;
- Métodos para realizar a dosagem do concreto seco vantagens e desvantagens;
- Verificar os resultados de resistência dos blocos

## 1.4 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos do trabalho, proceder-se-á a uma revisão bibliográfica sobre o tema, serão moldados blocos de concreto seguindo os mesmos critérios para a fabricação destes, variando apenas a quantidade de cimento no amassamento, posteriormente serão rompidos e com os resultados será avaliada qual a associação entre a resistência e consumo de cimento.

## 1.5 APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho é estruturado em 6 capítulos sendo assim distribuídos:

**Capítulo 1 – Introdução:** Neste capítulo consta a introdução, sendo feitas as considerações iniciais, justificativa do trabalho assim como seu objetivo

**Capítulo 2 – Alvenaria de Blocos de Concreto:** No segundo capítulo far-se-á uma breve revisão bibliográfica sobre a alvenaria estrutural, sua história e surgimento no Brasil assim como suas vantagens e desvantagens a qual se fez necessária para o embasamento teórico do conteúdo.

**Capítulo 3 – Blocos de Concreto:** Neste capítulo falou-se sobre as propriedades do concreto seco assim como as características dos materiais que compõe este concreto. Foi descrito também sobre os métodos usados para realizar a dosagem do concreto seco, assim como as vantagens e desvantagens de cada método.

**Capítulo 4 – Materiais e Métodos:** No capítulo 4 foi descrito a metodologia utilizada para a elaboração da amostra coleta dos dados necessário para o desenvolvimento da pesquisa.

**Capítulo 5 – Resultados e Discussão:** Neste capítulo foram apresentados os resultados da pesquisa, como o rompimento dos blocos e seus resultados de resistência e discutido com os achados literários.

**Capítulo 6 – Considerações Finais:** Neste capítulo apresentou-se as considerações finais obtidas após a discussão dos resultados e propostas para a elaboração de novas pesquisas.

## 2 ALVENARIA DE BLOCOS DE CONCRETO

### 2.1 HISTÓRICO

A história da alvenaria estrutural se deu início no Brasil com a sua colonização, inicialmente com as construções de casas com o uso de técnicas de *taipa*, aonde as paredes são formadas por solo umedecido e apilado para adquirir rigidez e durabilidade necessária a uma estrutura, a desvantagem desta técnica era as grandes dimensões necessárias para esta rigidez, as paredes tinham que ser muito grossas, sacrificando os espaços da edificação. Com o crescimento das cidades o desenvolvimento impunha a modernização das paredes buscando mais espaço nas edificações (SILVA, 2004). Com a chegada do aço as edificações passaram a se modernizar e a alcançar maiores patamares pela mudança de materiais utilizados. Mas o primeiro edifício construído em alvenaria estrutural armada em São Paulo foi em 1966, com quatro pavimentos e blocos de 19 centímetros de espessura.

A partir daí, projetistas e construtores passaram a desenvolver técnicas de análise que se aproximam mais do comportamento real da estrutura, permitindo assim, uma utilização mais racional do material, e o desenvolvimento de projetos mais econômicos. O acúmulo de pesquisas e experiência prática ao longo dos últimos vinte anos tem levado à melhoria das várias normas de cálculo, de modo que o projeto de edifícios em alvenaria estrutural pode ser desenvolvido em nível semelhante aos projetos em estruturas de aço e concreto (NASCIMENTO NETO, 1999).

Com a popularização da alvenaria estrutural no Brasil surgiu também várias patologias nesses tipos de edificações, muitas delas causadas por blocos de má qualidade e profissionais despreparados, apesar disso as vantagens econômicas frente à construção convencional levou as construtoras a continuarem neste sistema e buscarem soluções para as patologias encontradas (KALIL, 2007). Atualmente no Brasil, vem surgindo novas fábricas com tecnologias modernas para a padronização e melhor controle de qualidade dos blocos, fazendo com que as construtoras se interessem cada vez mais neste sistema construtivo.

O surgimento das novas fábricas aconteceu devido ao forte crescimento da construção civil nas últimas décadas, especialmente no setor imobiliário da classe popular. Com o aumento da procura, novas empresas com o objetivo de suprir a demanda entraram nesse mercado crescente. As consequências disso são as constantes buscas na melhoria do produto à oferecer ao mercado consumidor, nem sempre através de pesquisas e estudos, pois ainda nos

dias de hoje ocorrem sérios problemas estruturais em obras, que poderiam ser facilmente evitados se observados alguns fatores no momento da execução, entre eles a má qualidade dos produtos de alvenaria.

## 2.1 ALVENARIA ESTRUTURAL

A alvenaria estrutural é caracterizada por possuir paredes portantes, compostas por blocos (cerâmicos ou de concreto) unidos por argamassa, sendo capaz de resistir outras cargas além do seu peso próprio, apresentando as seguintes funções: resistência as cargas verticais; a ação dos ventos; estanqueidade a água da chuva; bom isolamento térmico e acústico e bom desempenho contra ação do fogo (PRUDÊNCIO, 2002). A alvenaria estrutural deve acompanhar não só o lado econômico dos materiais, mas ter flexibilidade para acompanhar também a evolução arquitetônica.

De acordo com a norma brasileira NBR 10837 (ABNT, 1989) a alvenaria estrutural de blocos de concreto é classificada em três categorias: Alvenaria Estrutural não armada de blocos vazados de concreto, Alvenaria Estrutural armada de blocos vazados de concreto e Estrutura de Alvenaria parcialmente armada com blocos de concreto.

Para suprir essa demanda crescente de materiais para a execução deste modelo construtivo, houve um crescimento no número de fábricas para a produção de blocos de concreto e produção de maquinário de qualidade, capaz de suprir a demanda do mercado nacional e consumidores cada vez mais exigentes com modelos arquitetônicos cada vez mais complexos.

### 2.1.1 Principais vantagens

Trata-se de uma técnica de execução simplificada, apresentando uma baixa curva de aprendizagem, possui menor diversidade de matérias, por ser racionalizada apresenta um menor desperdício de materiais, apresenta boa resistência ao fogo e por ter blocos pequenos tem-se também boa flexibilidade arquitetônica (SILVA, 2004).

### 2.1.2 Principais desvantagens

Exige um controle rigoroso de materiais em pregados, mão de obra qualificada bem treinada e fiscalizada, paredes que não podem ser retiradas e vãos livres limitados (SILVA, 2004).

### 3 BLOCOS DE CONCRETO

Os blocos de concreto surgiram após o desenvolvimento do cimento Portland, quando se começou a moldar blocos grandes e maciços de concreto, a partir daí houve um esforço para a modernização da produção de blocos, assim como sua utilização na alvenaria essas peças foram se modernizando, até chegar neste modelo hoje conhecido.

O surgimento dos blocos de concreto vazado se deu no fim do século XIX segundo Medeiros (1993), quando os blocos maciços se tornaram impopulares pelo peso elevado e baixa produtividade, assim houve um esforço para o desenvolvimento de máquinas para a produção de blocos vazados. A partir de 1910 o adensamento manual passou a ser feito de forma mecânica, melhorando a resistências, densidade, impermeabilidade e padronização dos blocos produzidos, na década de 40 foram desenvolvidas máquinas com o sistema de vibro prensagem aumentando ainda mais a resistência e padronização das peças fabricadas aumentando a capacidade de produção de até 5.000 blocos por dia.

Já a chegada deste material ao Brasil ocorreu por volta do final da década de 50 com o início das importações de máquinas para fabricação de blocos de concreto. Em 1966 foi instalada em São Paulo a primeira fábrica de blocos estruturais, aonde este modelo construtivo começou a popularizar na década de 70. Atualmente as fábricas de bloco no Brasil são muito heterogenias, em alguns locais observamos máquinas com a mesma tecnologia empregada na década de 40, já em outros usinas máquinas modernas automatizadas com controle de resistência, impermeabilidade, retração e dimensões da peça produzida, más em grande parte dos produtos encontrados no mercado são fabricados de forma precária e sem controle na sua produção. Consequentemente os blocos entrados no mercado podem ter características muito divergentes (SILVA, 2004).

A modernização e automatização das máquinas que produzem blocos contribuíram com a redução de custo e melhoria na qualidade final do produto. Mas o resultado final do bloco não depende apenas do maquinário utilizado, mas também do material e dosagem da produção do concreto.

#### 3.1 CONCRETO SECO

Para a produção de blocos tem-se uma peculiaridade que é a consistência do concreto, este possui uma característica de “terra úmida” um concreto levemente umedecido, e uma das

características deste tipo de mistura é o aprisionamento de ar. Este tipo de concreto na produção de bloco é necessário pela sua moldagem na máquina e desforma imediata, a qualidade dos maquinários e processos são fundamentais para alcançar resistência e qualidade da peça moldada.

A umidade do concreto para a produção de bloco gira em torno de 6 a 8 % de para que a peça possa ser moldada sem que haja excesso ou falta de água. A quantidade de água neste concreto deve ser a maior possível para redução dos vazios, mas não tão grande para que se tenha dificuldade na desforma do molde ou perda do formado (TANGO, 1994).

A produção do concreto para a fabricação de blocos difere em alguns pontos da produção do concreto convencional, os traços utilizados na produção de blocos na sua maioria são mais pobres que dos concretos convencionais, eles giram em torno de 1: 4 até 1: 14 (cimento: agregados), enquanto no concreto convencional os traços mais pobres ficam em torno de 1: 7. Outra regra de concreto que não é seguida a risca é a “Lei de Abrams” regra da relação água: cimento, neste caso não vale a recomendação de reduzir a quantidade de água na mistura, mas quanto mais água se coloca maior será a resistência. Isto ocorre, pois a água confere maior plasticidade e facilita a prensagem do material nas formas da máquina (JUNIOR, 2000).

Visto essas diferenças observamos que a metodologia da dosagem deste concreto é distinta, assim como a seleção dos materiais usados nesta mistura.

### 3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

Os materiais usados para a fabricação de blocos de concreto são basicamente: Cimento portland, agregados miúdos e graúdos, água e aditivo. Descritos a seguir:

#### 3.2.1 Aglomerante

O cimento Portland é um aglomerante hidráulico produzido pela moagem do clínquer, sendo composto essencialmente por silicatos, aluminatos e impurezas. A qualidade deste aglomerante depende da matéria prima, adições posteriores a calcinação e grau de finura atingido na moagem.

O cimento portland, por se um aglomerante hidráulico quando misturado a água é iniciado seu processo de hidratação, ocorrendo reações químicas aonde ele adquire propriedades adesivas aglomerando os agregados graúdos e miúdos (Melo, 2000).



Existem vários tipos de cimento produzidos no Brasil, mas o cimento mais utilizado para a fabricação de pré-moldados de concreto é o CP-V de Alta Resistência Inicial (ARI), este cimento tem como característica atingir elevadas resistências nos primeiros dias de aplicação, e esta alta resistência inicial é conseguida pela diferente dosagem de calcário e argila na produção do clínquer.

### **3.2.2 Aditivos**

São produtos que adicionados ao concreto melhoram algumas condições encontradas em concretos secos, utilizados na fabricação de blocos, como: trabalhabilidade, incorporação de ar, fluidez, etc. Como na produção de bloco o concreto utilizado tem característica de terra úmida, concreto “seco”, o aditivo se faz necessário para melhor moldagem das peças.

### **3.2.3 Agregados**

Agregados são compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos, e não devem conter substâncias que possam afetar a hidratação e endurecimento do cimento, NBR 7211: 2009. Os agregados usados na produção de blocos são os mesmos e seguem as mesmas regulamentações que os usados em concreto convencional, as diferenças são granulometria selecionadas para a produção do concreto seco.

Os agregados graúdos por razão de normalização de malhas e designação comercial são aqueles que passam pela peneira com abertura de malha 75 mm e ficam retidos na peneira com abertura de malha de 4,75 mm NBR 7211: 2009, e recebem as seguintes classificações comercial:

- Pedrisco: 4,75 a 9,5 mm
- Brita 1: de 9,5 a 19 mm
- Brita 2: de 19 a 38 mm
- Brita 3: de 38 mm a 76 mm
- Rachão: acima de 76mm

Os agregados miúdos são aqueles cujos grãos passam pela peneira com abertura de malha 4,75 mm e ficam retidos na malha 150  $\mu$ m NBR 7211: 2009, conforme tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Limites da distribuição granulométrica do agregado miúdo

Peneira com abertura de malha (mm)	Porcentagem retida acumulada (em massa)			
	Limites inferiores		Limites superiores	
	Zona utilizável	Zona ótima	Zona utilizável	Zona Ótima
9.5	0,00	0,00	0,00	0,00
6.3	0	0	0	7
4.75	0	0	5	10
2.36	0	10	20	25
1.18	5	20	30	50
0.6	15	35	55	70
0.3	50	65	85	95
0.15	85,00	90,00	95,00	100,00

Fonte: Junior, 2000

Módulos de finura das faixas granulométricas variam:

- Entre 1,55 e 2,20 zona utilizável inferior
- Entre 2,20 e 2,90 zona utilizável ótima
- Entre 2,9 a 3,5 zona utilizável superior

A classificação dos agregados com relação a sua forma e dimensão é importante para garantir um bom arranjo no concreto, para garantir um menor índice de vazios na peça fabricada melhorando assim sua resistência e impermeabilidade. Como a quantidade de pasta na produção do concreto “seco” para o bloco é pequena, pela baixa umidade do concreto e baixa relação cimento: agregado, a distribuição granulométrica dos agregados deve ser feita de modo a obter um produto com alta densidade a partir do empacotamento dos agregados, sendo que os espaços entre os agregados maiores são preenchidos pelos agregados menores.

Na maioria dos casos o concreto para produção de bloco é dosado utilizando o pedrisco como agregado graúdo e agregados miúdos com módulos de finura entorno de 3,0. Em alguns casos na produção de blocos de vedação em que o consumo de cimento é menor ainda é utilizado também agregado com módulo de finura menor, para que se tenha um menor índice de vazios e melhor acabamento superficial.

### 3.2.3.1 Influência dos agregados no concreto

É muito importante saber a natureza dos agregados, em alguns casos observamos que o agregado pode sofrer variação em seu volume de acordo com a umidade, como também apresentar reações com a mistura do cimento, Reddy e Gupta (2008) estudaram sobre a

influência do consumo de água com as variações granulométricas dos agregados e concluirão que argamassa com areia fina requer de 25 a 30% a mais de água em seu amassamento, reduzindo a resistência a compressão e aumentando retrações.

A escolha dos agregados está relacionada com as futuras patologias encontradas em obras, segundo Sbrighi Neto (2000). Em se tratando de um elemento estrutural como o bloco de concreto, os agregados devem ter características que se quer encontrar no produto acabado.

### 3.3 METODOLOGIAS DE DOSAGEM

Como descrito anteriormente à metodologia de dosagem de concreto seco se difere do concreto plástico, e quando se dosa um concreto seco para a produção de blocos, busca-se atingir alguns critérios exigidos por norma (NBR 6136) e outros exigidos pelo mercado como, acabamento, textura e preço. Este último para ser atingido e de forma competitiva tem que se buscar a melhor composição de agregados e cimento, a seguir será descritas algumas metodologias de dosagens de concreto seco para a fabricação de blocos de concreto.

#### 3.3.1 Método adotado pela Besser Company

Esse método foi desenvolvido por Pfeiffenberger (1985) apud Buttler, 2007 e adotado pelo fabricante de máquinas vibro-prensas, Besser Company, daí o nome do método. Este é baseado no ajuste do traço pela granulometria final das misturas, módulo de finura.

O método estipula as características necessárias para o agregado utilizado assim como a proporção de agregados graúdos e miúdos iniciais, esta proporção está em uma faixa de 40% de pedrisco e 60% de areia média, podendo variar de acordo com a análise granulométrica dos agregados. Quando ocorre uma deficiência granulométrica um terceiro agregado pode ser utilizado, para que seja feita as devidas correções na mistura final, que deve ficar com modulo de finura de 3,60 a 3,75.

Para os agregados graúdos o módulo de finura deve estar entre 5,00 a 5,75 e agregados miúdos 3,00 a 3,50, alcançando uma proporção final de aproximadamente 40/60 (pedrisco/areia) (Junior, 200).

Cálculo para alcançar o múlo de finura desejado:

X= porcentagem de agregado miúdo que se deseja

Y= porcentagem de agregado graúdo

A= Módulo de finura de agregado graúdo

B= Módulo de finura que se busca

C=Módulo de finura do agregado miúdo

$$X= 100*[(A-B)/(A-C)] \text{ e } Y= 100-X \quad (1)$$

Em relação à quantidade de água, o método descreve que a umidade da mistura deve ficar entorno de 6,0 a 7,5% devendo ser ajustada quando forem feitos testes na máquina, podendo alterar esta porcentagem de acordo com o tipo de máquina usada e uso ou não de aditivos. Quanto à relação cimento agregado, esta vai variar de acordo com a resistência desejado.

### 3.3.2 Método ABCP

Este método foi publicado pela Associação Brasileira de Cimento portland (ABCP) em forma de boletim técnico e desenvolvido por Ferreira (1995) com título: Produção de Blocos de Concreto para Alvenaria Estrutural – Prática Recomendada.

O enfoque deste método é dado no proporcionamento entre agregados miúdos e graúdos objetivando a máxima compacidade possível, obtendo o menor índice de vazios na massa. Para isso devem ser feitas composições variadas entre agregados graúdos e miúdos ainda secos, determinando as massas unitárias para cada composição.

O procedimento de dosagem das misturas é:

- Retirar a umidade dos agregados
- Fazer composições entre os 2 agregados buscando a máxima compacidade
- Colocar os agregados misturados em um volume conhecido de 40 x 40 cm de boca, adensar e pesar a mistura
- Sendo necessária a adição de um terceiro agregado, deve se determinar a composição dos dois mais graúdos e depois adicionar o mais fino
- A composição que apresentar maior massa será a ideal.

Sendo determinada a melhor proporção entre os agregados deve-se partir para testes em escala real no equipamento para produção de blocos. A relação de cimento: agregado deve ser utilizado de 1: 10 a 1: 15 em traços mais pobres e 1: 6 para traços que exigem maior resistência. A a a quantidade de água deve ser a máxima possível, até que os blocos comecem a aderir as paredes dos moldes, Ferreira (1995).

### **3.3.3 Método proposto pela Columbia**

Este método foi proposto pelo fabricante de máquinas para fabricação de blocos Columbia, e foi baseado em estudos realizados por Wink Grand em 1948 e Menzel em 1934 apud Oliveira, 2004. Este método se preocupa principalmente com as características dos agregados e de que forma influenciam na produção e propriedades finais dos blocos como: resistência, textura, trabalhabilidade e porosidade (OLIVEIRA, 2004).

Esta metodologia é baseada na faixa granulométrica recomendada dos agregados que é baseado em experiência em seus equipamentos, obtendo bons resultados quanto à trabalhabilidade, resistência e textura superficial. O método recomenda ainda que os agregados utilizados não devam sofrer variações quanto a sua granulometria para que se não tenha comprometimento da qualidade final das peças.

A granulometria preconizada, é que a mistura dos agregados graúdos e miúdos obtenha um material 100% passante na peneira com abertura de malha 9,5 mm e cerca de 20 a 30% desta mistura fique retida na peneira 4,8 mm e a quantidade mínima de finos deve ser de 12 a 15% passante na peneira 0,3 mm da mistura total incluindo o cimento. A quantidade de água deve ser testada no próprio equipamento, variando de 5,0 a 5,5% podendo variar de acordo com os agregados (Buttler, 2007).

### **3.3.4 Comentários sobre os métodos**

#### Método Besser Company

Este método se apresenta de forma simples e fácil para ser testado, sendo necessárias basicamente para a elaboração da mistura, as curvas granulométricas dos agregados. A dificuldade apresentada por este método está na seleção dos agregados e controle dos lotes para que seja mantida a faixa granulométrica escolhida. No caso de não se ter essa disponibilidade de agregado com a granulometria desejada, pode-se fazer ajustes com um terceiro agregado.

#### Método ABCP

Este método também é relativamente fácil para obtenção da dosagem, mas observamos algumas dificuldades como não haver valores de referência e não levar em consideração a

granulometria nem as características e formas dos agregados. Na composição da mistura não se leva em consideração a adição do cimento, sendo este um fator importante na diminuição dos volumes de vazios e coesão da mistura.

### Método Columbia

Este método fixa quantidades mínimas de finos a serem utilizados não se preocupando apenas com a coesão e acabamento superficial, mas vemos neste método que além de oneroso e longo, por ser necessária realização de vários testes em escala real, deve se levar em consideração a capacidade de prensagem da máquina para a diminuição dos índices de vazios.

Em nossa pesquisa utilizaremos para a dosagem o método da Besser Company, por entendermos que é um método fácil de replicar com parâmetros pré estabelecidos e um método amplamente utilizado.

## **4 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA**

Está é uma pesquisa do tipo experimental, quantitativa e de corte transversal, aonde a associação do consumo de cimento e resistência do bloco de concreto.

#### **Materiais**

- Ficha para anotação;
- Balança de precisão aferida pelo Inmetro;
- Cimento CP IV Ari 40 da marca Nacional;
- Agregados;
- Aditivo para concreto da marca BASF Rheomix 610;
- Misturador planetário;
- Prensa hidráulica para fabricação de blocos de concreto da marca Menegotti MBP-4;
- Laboratório para análise de resistência dos blocos de concreto.

### **4.2 CIMENTO**

O cimento utilizado neste experimento foi o CP IV de alta resistência inicial (ARI) de 40 MPas, este da marca Nacional. Este tipo de cimento é amplamente usado na fabricação de pré-moldados de concreto que exigem resistências elevadas em baixas idades. O cimento foi ensaiado pelo fabricante e seguem todas as normas vigentes, conforme ensaio a seguir figura 1:

Figura 1 – Ensaio de cimento

**Certificado de ensaios em cimento**

**CP V-ARI MAX**  
Cimento Portland de Alta Resistência Inicial  
Setembro 2015

**ABNT NBR 5733/91**  
Resultados Parciais

**CIMENTO NACIONAL**  
Companhia Nacional de Cimento  
BR 040, km 474 - Zona Rural  
Sete Lagoas, MG - CEP 35.701-970  
www.cimentonacional.com.br  
tecnico@brennandcimentos.com.br

Ensaio Químicos				
ENSAIOS	METODOLOGIA	UN.	RESULTADO	EXIGÊNCIAS
Resíduo Insolúvel - RI	ABNT NM 15/12	%	0,83	≤ 1,0
Perda ao Fogo - PF	ABNT NM 18/12	%	3,90	≤ 4,5
Oxido de Magnésio - MgO	ABNT NM 14/12	%	1,23	≤ 6,5
Trióxido de Enxofre - SO <sub>3</sub>	ABNT NM 16/12	%	2,84	≤ 4,5
Anidrido Carbônico - CO <sub>2</sub>	ABNT NM 20/12	%	3,00	≤ 3,0

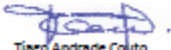
Ensaio Físicos				
ENSAIOS	METODOLOGIA	UN.	RESULTADO	EXIGÊNCIAS
Área Específica (Blaine)	ABNT NM 76/98	cm <sup>2</sup> /g	4.660	≥ 3.000
Massa Específica	ABNT NM 23/01	g/cm <sup>3</sup>	3,06	não aplicável
Índice de finura - # 75 µm (nº 200)	ABNT NBR 11579/13	%	0,02	≤ 6,0
Resíduo na peneira #325	ABNT NBR 9202/85	%	0,15	não aplicável
Água de consistência normal	ABNT NM 43/03	%	30,4	não aplicável
Início de pega	ABNT NM 65/03	minutos	152	≥ 60
Fim de pega	ABNT NM 65/03	minutos	210	≤ 600
Expansibilidade à quente	ABNT NBR 11582/12	mm	0,00	≤ 5,0

Ensaio Mecânicos				
ENSAIOS - ABNT NBR 7215/96	UN.	DESVIO PAD	RESULTADO	EXIGÊNCIAS
Resistência à Compressão - 1 Dia	MPa	1,19	29,9	14,0
Resistência à Compressão - 3 Dias	MPa	1,41	45,5	24,0
Resistência à Compressão - 7 Dias	MPa	1,45	51,0	34,0
Resistência à Compressão - 28 Dias	MPa	1,13	58,9	não aplicável

**Observações:**  
Ensaio aos 28 dias não concluído em função da idade de ruptura ser maior que a presente data.

Na<sub>2</sub>O: 0,07%    K<sub>2</sub>O: 0,76%    Na<sub>2</sub>O<sub>eq</sub>: 0,57%

Atualização: sexta-feira, 16 de outubro de 2015

  
Tiago Andre de Couto  
Gerente de Produtos e Assessoria Técnica

Fonte: Companhia Nacional de Cimento, 2015

#### 4.3 AGREGADOS

Para realização deste estudo, utilizaram-se agregados miúdos e graúdos compostos por grãos de minerais duros, compactos, estáveis, duráveis e limpos; materiais que seguem as exigências da NBR 721: 2009. Estes agregados foram fornecidos em lotes de uma pedra idônea da cidade de Anápolis que britados de rocha do tipo gnaiss e classificados de acordo com sua granulometria, utilizando a norma da ABNT NBR NM 248.

Após o recebimento do lote de agregados, foram separadas duas amostras para serem feitas suas composições granulométricas. A análise granulométrica destes agregados foi feita



por um laboratório na cidade de Goiânia, laboratório este reconhecido por sua competência neste tipo de análise.

O agregado graúdo usado foi o comercialmente chamado de pedrisco ou brita zero, aonde se espera a passagem deste material na abertura de peneira malha 9,5 mm e retenção na malha 4,75 mm (figura 2). Em nossa amostra a dimensão as dimensões encontradas com suas respectivas porcentagens foram: 9% na em abertura de peneira malha 9,5 mm; 42% na malha 6,3 mm; 29% na malha 4,8 mm; 17% na malha 2,4 mm e 3% abaixo de 2,4 mm (prato). O módulo de finura encontrado foi de 5,9 conforme laudo quadro 1 a seguir.

**Quadro 1 - Granulometria de agregado graúdo**

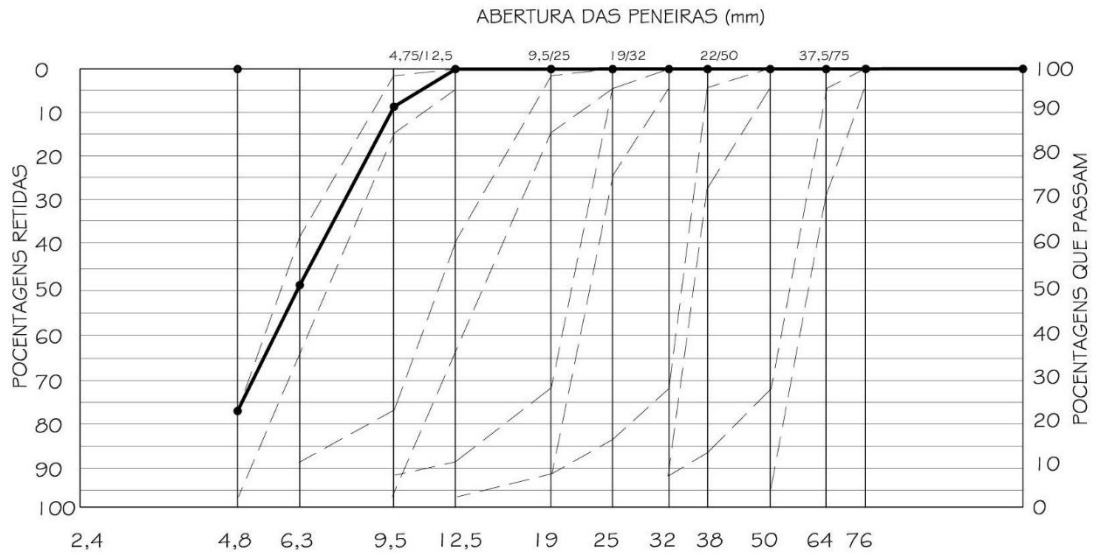
ABERTURA DAS PENEIRAS		PORCENTAGENS RETIDAS									
		ENSAIO					LIMITES RECOMENDADOS-NBR 7211-(ACUMULADAS)				
mm		Pesos (g)	Pesos (g)	Pesos (M)	Simples	Acumuladas	4,75/12,5	9,5/25	19/32	25/50	37,5/75
152	6"	0	0	0	0	0					
76	3"	0	0	0	0	0					0-5
64	2 1/2"	0	0	0	0	0					mai/30
50	2"	0	0	0	0	0				0-5	75-100
38	01 1/2"	0	0	0	0	0				5,-30	90-100
32	01 1/4"	0	0	0	0	0			0-5	75-100	95-100
25	1"	0	0	0	0	0		0-5	5,-25	87-100	
19	3/4"	0	0	0	0	0		2,0-15	65-95	95-100	
12,5	1/2"	0	0	0	0	0	0-5	40-65	92-100		
9,5	3/8"	202	173,9	188,1	9	9	2,0-15	80-100	95-100		
6,3	1/4"	890,7	821	855,9	42	51	40-65	92-100			
4,8	4	598,8	601,9	595,9	29	80	80-100	95-100			
2,4	8	316,9	386,1	351,5	17	97	95-100				
PRATO		38	53,7	45,9	3	400					
TOTAIS		2046,4	2036,6	2037,3	100	637					

Fonte: Os autores, 2015

**Figura 2 – Lote recebido de brita zero**



Fonte: Os autores, 2015

**Gráfico 1 – Granulometria da brita zero**

Fonte: Os autores, 2015

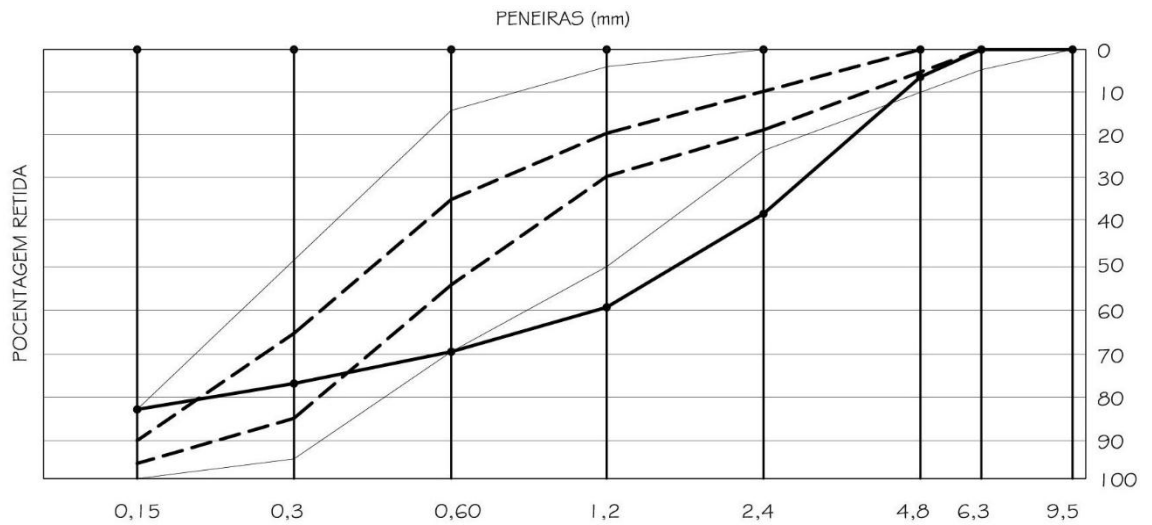
O agregado miúdo usado neste experimento como mostra o quadro 2, foi uma areia resultado da britagem de rocha do tipo gnaisse, e é considerada como areia grossa para a venda. Em nossa amostra as dimensões encontradas com suas respectivas porcentagens foram: 8% na abertura de peneira malha 4,8 mm; 31% na malha 2,4 mm; 21% na malha 1,2 mm; 10% na malha 0,6 mm; 7% na malha 0,3 mm; 6% na malha 0,15 mm e 17% abaixo da malha 0,15 (prato). O módulo de finura deste material foi de 3,37 conforme laudo quadro 2 a seguir.

**Quadro 2 – Granulometria agregado miúdo**

ABERTURA DAS PENEIRAS	PORCENTAGENS RETIDAS								
	ENSAIO					LIMITES RECOMENDADOS- NBR 7211(ACUMULADOS)			
	Pesos (G)	Pesos (G)	Pesos (M)	Simplex	Acumuladas	Limites In	Limites S	Limites In	Limites S
9,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6,3	0	0	0	0	0	0	7	0	0
4,8	38,3	36,9	37,6	8	8	0	10	0	5
2,4	163,9	150,9	157,4	31	39	0	25	10	20
1,2	105,4	107,2	106,3	21	60	5	50	20	30
0,6	52	53	52,5	10	70	15	70	35	55
0,3	37,2	35,1	33,9	7	77	50	95	65	85
0,15	27,1	30,3	28,7	6	83	85	100	90	95
PRATO	81,3	87,4	84,3	17	100				
TOTAIS	505,2	500,8	500,7	100	437				
MÓDULO DE FINURA					3,37				

Fonte: Os autores, 2015

**Gráfico 2 – Granulometria agregado miúdo**



Fonte: Os autores, 2015

Figura 3 – Lote recebido de areia grossa



Fonte: Os autores, 2015

#### 4.4 ADITIVO

Neste experimento o aditivo empregado foi um plastificante RHEOMIX 610 da marca Basf, aditivo este na forma líquida de cor laranja claro e densidade de 103 mais ou menos 0,02 g/m<sup>3</sup> e com base química saponácea. Esse produto é indicado para a fabricação de blocos de concreto, reduzindo água e melhorando a resistência e textura dos blocos

#### 4.5 ELABORAÇÃO DO TRAÇO

Para a elaboração do traço de concreto a ser usado neste programa experimental foi usado o método de dosagem proposto pela Besser Company, como descrito anteriormente este método é baseado no ajuste do traço pela granulometria final da mistura, este método estipula um proporcionamento inicial numa faixa de 40% para pedrisco e 60% para areia, podendo variar de acordo com a análise granulométrica. E a mistura final deve ficar com módulo de finura em torno de 3,60 a 3,75.

Na composição granulométrica dos nossos agregados o agregado graúdo obteve 5,9 de módulo de finura, já o agregado miúdo 3,37 de módulo de finura.

A fórmula a utilizar é

$$\text{Fórmula: } X = 100 * [ (A-B)/(A-C) ] \text{ e } Y = 100 - X \quad (2)$$

X= porcentagem de agregado miúdo que se deseja

Y= porcentagem de agregado graúdo

A= Módulo de finura de agregado graúdo

B= Módulo de finura que se busca

C= Módulo de finura do agregado miúdo

$$X = 100 * [(5,90 - 3,70) / (5,90 - 3,37)]$$

$$X = 86,9\%$$

$$Y = 100 - X$$

$$Y = 13,1\%$$

$$\text{Módulo de Finura da mistura} = (13,1 \times 5,90 + 86,9 \times 3,37) / 100$$

$$\text{Módulo de Finura da mistura} = 3,7$$

Na dosagem da mistura com a utilização dos agregados avaliados teremos 86,9% de agregados graúdos e 13,1% de agregados miúdos.

A umidade do traço será em torno de 7,0%

Como teremos 4 traços com consumos diferentes de cimento para verificarmos a correlação de consumo de cimento com a resistência do bloco, o traço terá uma relação de 1:12; traço 2 relação de 1:10; traço 3 relação de 1:8 e traço 4 relação de 1:6 (cimento: agregado).

O aditivo será adicionado na ordem 2,5% do peso de cimento em cada traço, conforme orientação do fabricante.



#### 4.6 MISTURADOR PLANETÁRIO

Com a finalidade de obter um concreto homogêneo e com abatimento de tronco de cone zero, utilizou-se um misturador do tipo planetário com capacidade de produção de 400 litros de concreto por ciclo. Equipamento este da marca Menegotti modelo MP – 7,5 (figura: 3) com potência instalada de 10 cv.

**Figura 4 – Misturador Planetário**



**Fonte: Os autores, 2015**

#### 4.7 PRENSA HIDRÁULICA MBP-4

Para a fabricação dos blocos de concreto, foi usada uma prensa hidráulica da marca Menegotti modelo MBP – 4 (figura: 4). Modelo automatizado com processos simultâneo de vibração e compressão, controlados através de CLP (controlador lógico programável) conforme figura 5. O tempo de alimentação, vibração e prensagem foram os mesmos para a produção dos quatro lotes com consumo diferente de cimento.

**Figura 5 – Vibroprensa hidráulica**



Fonte: Os autores, 2015

Figura 6 – Controlador lógico programável



Fonte: Os autores, 2015

#### 4.8 LABORATÓRIO

Para a análise da resistência dos blocos o Laboratório de Materiais Estrutura e Solos da Unievangélica forneceram os laudos técnicos logo após os blocos terem sido rompidos com prensa aferida pelo Inmetro, compondo este laudo a resistência de cada bloco.

#### 4.9 PROCEDIMENTOS

##### **Primeira Etapa:** Recebimento do Material

Os materiais deste experimento seguiram critérios no seu recebimento e armazenamento conforme NBRs citadas ou manuais de boas práticas:

Cimento: Foi recebido em embalagem dupla de papel craft com peso de 40 Kg sobre paletes (figura 6), a embalagem estava íntegra e não apresentou sinais de hidratação nem a presença de pedras ou grumos também foram transportadas em caminhões com cobertura de lonas ou similar. O cimento utilizado durante todo o experimento foi do mesmo lote e estava dentro da validade. Quanto ao armazenamento estes foram guardados em um depósito fechado e coberto, em paletes, seguindo as normas da NBR 5733.

**Figura 7 – Lote de cimento armazenado**



Fonte: Os autores, 2015

Aditivo: O aditivo foi recebido em embalagem de 200 litros e não apresentou avarias ou vazamentos e o recipiente estava lacrado. Em sua embalagem constou a identificação do lote, especificação do aditivo e data de validade conforme NBR 11768 – 1992.

Água: Esta foi fornecida pela estação de tratamento da cidade, seguindo as seguintes características: incolor, inodora e insípida. Esta ficou armazenada em tambor de plástico apresentando-se limpo e com tampa.

Agregados: Utilizou-se neste experimento agregados miúdos e graúdos, estes de origem natural resultantes de britagem de rocha do tipo gnaisse. O recebimento destes agregados foi feito por lote e o seu armazenamento em baias separadas por alvenaria, cobertas e com inclinação do solo para o escoamento do excesso de umidade.

Quanto à classificação, de acordo com a NBR 7211 – 2009, o agregado miúdo são aqueles grãos que passam pela peneira com abertura de 4,75 milímetros, e o agregado graúdo que foi utilizado ficou entre a abertura das peneiras entre 9,5 e 4,75 milímetros. A análise granulométrica destes agregados foi feita em laboratório comprovadamente idôneo e os resultados foram descritos acima. Todos os blocos foram feitos com o mesmo lote dos agregados.

### **Segunda Etapa:** Fabricação e cura dos blocos

Foram fabricados 4 lotes de blocos todos com dimensões de 140 x 190 x 390 milímetros com paredes internas de 15 milímetros e mísulas de raio 40 milímetros. Cada lote foi composto por 3 blocos, os lotes foram numerados de 1 a 4. O traço utilizado foi comum a todos os quartos lotes, assim como a quantidade de água. Como vimos anteriormente na elaboração do traço este consiste em 13,1% de brita zero ou pedrisco, 86,9% de areia de pedra e 7% de umidade na mistura o aditivo foi acrescido ao amassamento na ordem 2,5% do peso de cimento.

As variações feitas em cada um dos 4 lotes foram nas relações cimento: agregados utilizadas e como o aditivo estava vinculado ao peso de cimento este também apresentou variações, no lote número 1 a relação cimento: agregados foi de 1: 12, no lotes 2 esta relação foi de 1: 10, no lote 3 foi de 1: 8, e no lote 4 esta relação foi de 1 parte de cimento para 6 partes de agregados.

O tempo de mistura do concreto foi de 4 minutos para todos os 4 lotes, tempo este recomendado pelo fabricante do misturador.



Esta proporção dos agregados miúdos e graúdos assim como a relação cimento agregados, foi transformada em quilos para que com este traço fosse possível a produção de 11 a 12 blocos, como a amostra de cada lote é de apenas 3 blocos, foram selecionados sempre o quinto, sexto e sétimo blocos produzidos. Estes blocos selecionados foram identificados por lotes e colocados em gaiolas para a cura úmida, neste processo de cura a gaiola foi coberta por uma lona plástica e estes blocos nos 3 primeiros dias foram molhados 4 vezes ao dia, do quarto ao sexto dia molhados 2 vezes ao dia e no sétimo dia levados ao laboratório para serem ensaiados.

### **Terceira Etapa:** análise da resistência dos blocos

Após o período pré determinado da cura dos blocos, os mesmos foram enviados ao laboratório de materiais estrutura e solos da Unievangélica, e ensaiados para determinar a resistência a compressão axial seguindo os procedimentos preconizados pela NBR 12118 - 2007. Os resultados entregues pelo laboratório com o laudo da resistência das peças ensaiadas foram assinados pelo responsável técnico do laboratório.

#### 4.10 ANÁLISE DOS DADOS

Nesta pesquisa tem-se quatro lotes compostos cada por três blocos de concreto com dimensões de 14 x 19 x 39 centímetros, cada lote foi identificado por números de 1 a 4, sendo que o número um teve a menor porcentagem de cimento e o quatro a maior, foi rompido os três blocos de cada lote e utilizou-se a resistência medida dos três. Estes dados foram tabulados e os pares dos resultados, quantidade de cimento (KG) x resistência em MPa, colocados em planilha para melhor análise dos resultados.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os blocos moldados e rompidos foram divididos em 4 grupos, de acordo com a relação cimento agregado:

Grupo 1 – 1: 12

Grupo 2 – 1: 10

Grupo 3 – 1: 8

Grupo 4 – 1: 6

Para cada grupo foram fabricados 12 blocos e selecionados os o quinto, sexto e sétimo bloco produzido, após 7 dias de cura úmida eles foram rompidos no laboratório da Unievangélica apresentando os seguintes resultados: O grupo 1 foi o que apresentou menor resistência a compressão sendo 2,8 Mega pascal (Mpa), 2,9 Mpa e 3,0 Mpa apresentando uma média de 2,9 mega pascal. Este resultado já era esperado, pois este grupo foi o que apresentava menor relação cimento agregado, mesmo com 7 dias de idade e utilizando o cimento CP-V de alta resistência inicial (Ari), acreditamos que o resultado após os 28 dias seria maior, podendo todos ficar acima dos 3,0 Mpas exigidos pela norma.

Já o grupo 2 apresentou maior resistência que o grupo 1, na observação visual dos blocos este grupo apresentou maior formação de estrias, sinal de maior umidade na mistura, esta umidade entendemos que pode ser pelo maior volume de aditivo, pois este foi usados a 2,5% do peso de cimento. A resistência obtida para este grupo foi de 4,3 Mpa, 4,5 Mpa e 4,7 Mpa. Esta maior resistência foi devido a maior proporção de cimento para a mistura conforme estudos de Felipe em 2010. A média de resistência apresentada para este grupo foi de 4,5 Mpa, 55% maior que o grupo 1.

O grupo 3 apresentou resistência de 5,2 Mpa, 5,3 Mpa e 5,9 Mpa com média de 5,47 mega pascal e 21,55 % a mais de resistência que o grupo 2.

O grupo 4 visualmente se apresentou mais “fechado” com mais argamassa que os outros grupos isto pela maior proporção de cimento encontrado na mistura, as resistências encontradas foram: 6,1 Mpa, 6,5 Mpa e 6,8 mpa apresentando média de 6,47 mega pascal 18,8 % maior que o grupo 3 e 123,1% maior que o grupo 1. Conforme tabela 2.

**Tabela 2 – Resistência dos blocos e consumo de cimento**

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Resistência a Compressão	2,9 (Mpa)	4,5 (MPA)	5,47 (MPA)	6,47 (MPA)
Porcentagem Acumulada (resistência)	100%	155,17%	188,62%	223,10%
Porcentagem acumulada de Cimento	100%	120%	150%	200%

**Fonte: Os autores, 2015**

Um dos primeiros fabricantes de blocos a utilizarem o método de dosagem de Besser Company, mesmo que utilizamos em nosso trabalho, foi a extinta Encol lançando um manual chamado POLIENCOL em 1991 citado por Junior em 2000, descrevendo a forma de desenvolver traços e sugestões do consumo de cimento para a resistência esperada. Neste manual a relação de cimento em função da resistência tabela 3 é:

**Tabela 3 – Resistência do bloco com consumo de cimento**

Resistência a compressão MPA	a	4,5	6,0	8,0	9,0
Cimento: Agregado		1: 12	1: 10	1:9	1:8
		a	a	a	a
		1: 9	1: 8	1:7	1:6

**Fonte: Junior, 2000**

No manual lançado pela Encol observamos que estes conseguiram uma maior resistência a compressão de acordo com a relação cimento agregado que neste trabalho, acreditamos que isto é devido a largura da parede do bloco, 2,0 centímetros do trabalho realizado pela Encol contra 1,5 centímetro de parede deste trabalho.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Neste trabalho observou-se que com o aumento da relação cimento agregado, aumentamos progressivamente a resistência dos blocos, vimos também que este aumento se dá com maior facilidade em baixas resistências, à medida que a resistência do bloco aumenta é necessário um maior percentual de cimento para o mesmo ganho de resistência da peça.

E sugere-se trabalhos futuros aonde possam observar não só a resistência dos blocos, mas também outros aspectos como a densidade, permeabilidade e índice de vazios na peça, relacionando com a resistência encontrada.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10837: Cálculo de alvenaria estrutural de blocos vazados de concreto.** Rio de Janeiro, 1989.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248: Agregados – Determinação da composição granulométrica – Especificação.** Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5733: Cimento Portland de alta resistência inicial.** Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211: Agregados para concreto – Especificação.** Rio de Janeiro, 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768: Aditivos para concreto de cimento Portland – Especificação.** Rio de Janeiro, 1992.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118: Bloco vazado de concreto simples para alvenaria estrutural- Métodos de ensaio.** Rio de Janeiro, 2007.
- BUTTLE A. M. **Uso de agregado reciclado de concreto em blocos de alvenaria estrutural.** 2007. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- FERREIRA JUNIOR, Sylvio. **Peças de concreto para pavimentação.** 25ª Reunião Anual de Pavimentação. São Paulo, Outubro, 1991, p. 837 – 849.
- FRASSON JUNIOR, Artemio. **Proposta de metodologia de dosagem e controle produtivo de blocos de concreto para alvenaria estrutural.** 2000. 145p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Estruturas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- KALIL, Sílvia. **Alvenaria Estrutural.** Porto Alegre, 2007. 86p. Apostila de estruturas mistas – PUCRS.
- MEDEIROS, Jonas Silvestre. **Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto.** 1993. 144p. Dissertação (Mestrado em engenharia) apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- MENDES, Paulo de Tarso Cronemberge. **Alvenaria estrutural com blocos estruturais cerâmicos. Coletânea Habitare.** Piauí, 1998.
- MELO, A.B (2000) **Influencia de cura térmica (vapor) sob pressão atmosférica no desenvolvimento da microestrutura dos concretos de cimento Portland.** 245f. Tese (Doutorado) – Interunidade em Ciências e Engenharia de Materiais, EESC / IQSC / IFSC, Universidade de São Paulo. São Carlos.

NASCIMENTO NETO, Joel. **Investigação das solicitações de cisalhamento em edifícios de alvenaria estrutural submetidos a ações horizontais.** São Carlos, 1999. 127p. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, Alexandre Lima de. **Contribuição para a dosagem e produção de peças de concreto para pavimentação.** 2004. 21p. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Estruturas , Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PRUDÊNCIO, L. R. J.; OLIVEIRA A. L.; BEDIN, C. A. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto.** Florianópolis: Gráfica Pallotti, 2002.

REDDY BV, Gupta A.. **Influence of sand grading on the characteristics of mortars and soil-cement block masonry.** Construction and Building Materials. 22 (2008) 1614-1623.

SBRRIGUI NETO, C.. **A importância dos conceitos tecnológicos na seleção de agregados para argamassas e concretos.** ANEPAC – Associação Nacional das Entidades de Produtores de Agregados para Construção Civil. Revista Areia e Brita n°12. dez 2000.

SILVA, Sousa. **A evolução dos edifícios em alvenaria autoportante.** São Paulo, 2004. Escola Politécnica Da Universidade de São Paulo.

TANGO, Carlos E. de S.. **Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estruturais.** (International Seminar On Structural Masonry For Developing Countries) - IPT, São Paulo, 1994. p. 22 – 32.

TAUIL, C. A. **Construção Fácil.** Revista Técnica, 24 maio 2010. Entrevista. Disponível em <<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/158/artigo174020-1.asp>>. Acesso em: 20 out. 2015.