

INFLUÊNCIA DO PROCESSO PRODUTIVO NAS RESISTÊNCIAS DOS BLOCOS DE CONCRETO

FRASSON JR., A. (1); OLIVEIRA, A. L. (2); PRUDÊNCIO JR., L.R. (3)

(1) Eng. Civil, Mestre em Engenharia Civil, CPGEC-UFSC – ecv3afj@ecv.ufsc.br

(2) Eng. Civil, Doutorando em Engenharia Civil, CPGEC-UFSC – ecv3alo@ecv.ufsc.br

(3) Prof. Titular do Departamento de Engenharia Civil – UFSC – ecv1lfp@ecv.ufsc.br

RESUMO

Os blocos de concreto são produzidos com os chamados “concretos secos”. Estes concretos diferenciam-se dos convencionais (concretos plásticos) em muitas propriedades. As diferenças mais marcantes entre eles são: o consumo de cimento, trabalhabilidade, umidade e granulometria das misturas.

As resistências dos concretos secos não seguem à risca a Lei de Abrams tão conhecida e aplicada aos concretos plásticos. No caso dos primeiros, o ar incorporado às misturas é função do proporcionamento e umidade dos traços, bem como da capacidade de compactação dada pelas máquinas utilizadas na fabricação dos blocos, chamadas de vibro-prensas. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho é mostrar a influência de alguns parâmetros ligados ao processo produtivo na resistência de blocos de concretos, tais como, a umidade das misturas, regulagem dos tempos de ciclo de produção e problemas ligados à desuniformidade no preenchimento das formas dos blocos.

Resultados experimentais mostraram que estas influências são significativas, principalmente quando analisados os dados referentes à problemas ligados ao maquinário (regulagem e alimentação das formas). Regulagens inadequadas levaram a quedas de resistência na ordem de 40%.

Palavras chave: processo produtivo, blocos de concreto, máquinas vibro-prensas, concreto seco.

ABSTRACT

Concrete blocks are produced by mixtures known as “dry concretes”. These mixtures are different from conventional plastic concretes in several properties. The main differences are: cement content, workability, humidity and aggregate grading.

The strength of such concretes can't be explained by “Abrams water/cement ratio rule”, well known and applied to plastic concretes. In dry concretes, air is entrapped to the mixtures due to their humidity and proportioning. The performance of the production machines also influence the amount of entrapped air. This paper aims to show the influence of some characteristics linked to the productive process in concrete plants in the compressive strength of concrete blocks, such as mixture humidity, equipment properties and problems related to the non uniform filling of the moulds.

Experimental results showed that those influences are reliable, mainly those related to the equipment performance. Unsuitable performances of the equipment led to strength decreases of up to 40%.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de produzidos a partir de uma mistura de cimento portland, agregados miúdo e graúdo (bruta zero) e água, os blocos de concreto possuem uma tecnologia de produção bastante peculiar e, até certo ponto, complexa que faz com que os parâmetros influentes na sua qualidade, principalmente na resistência à compressão, sejam bastante específicos. Para exemplificar, enquanto que nos concretos plásticos tradicionais a relação água/cimento governa a resistência do material, é conhecido o fato de que, fixado um traço, quanto mais água se utiliza na fabricação dos blocos de concreto, maior é a resistência alcançada (MEDEIROS, 1993, 1994). Este fato, a princípio contraditório, pode ser facilmente explicado. No caso dos concretos plásticos, a resistência é determinada pela relação água/cimento porque, durante a hidratação do cimento portland, apenas uma parte da água da mistura reage para formar os compostos responsáveis pelo desempenho mecânico do material endurecido. O restante da água fica incorporado ao material ou sai por secagem gerando poros. Portanto, não é a relação água/cimento baixa que impõe diretamente uma alta resistência ao material e sim a baixa porosidade associada à sua presença nos concretos plásticos.

Sendo a presença de poros nos materiais a grande responsável pela redução de sua resistência mecânica, é óbvio que qualquer procedimento empregado na produção de artefatos de cimento que consiga reduzir o volume de vazios do concreto resultará em ganho de resistência mecânica.

Na produção de blocos de concreto, o material empregado possui duas características específicas: É produzido a partir de misturas geralmente pobres em cimento e com uma consistência bastante elevada. Esta consistência típica é conseguida com uma baixa quantidade de água adicionada às misturas, com o objetivo de permitir a desforma imediata das peças após ser submetida a um processo de vibro-prensagem, cuja finalidade é conformar o bloco na geometria estabelecida pela forma e adensar ao máximo o material, reduzindo sua porosidade e possibilitando a obtenção de resistências mecânicas adequadas. Assim sendo, se a quantidade de água é reduzida demais, o processo de adensamento pelo equipamento de vibro-compressão fica dificultado e a quantidade de poros resultantes no material cresce, diminuindo sua resistência mecânica. Em outras palavras, apesar da redução da relação água/cimento, não ocorre um aumento de resistência no material invalidando, de certa forma, a clássica lei de Abrams. Desse modo, o uso de métodos clássicos de dosagem como o do IPT/EPUSP (HELENE, P.; TERZIAN, P., 1993), fica invalidado.

Como visto anteriormente, a resistência dos blocos de concreto depende de uma combinação favorável de fatores ligados à mistura (traço, umidade) e do equipamento (energia de compactação). Para melhor entender este fenômeno, será feita uma breve descrição das fases de produção de um bloco e dos principais fatores intervenientes na sua resistência.

2. PRODUÇÃO DOS BLOCOS DE CONCRETO

A produção de blocos de concreto exige equipamentos e controles no processo produtivo bastante apurados para que seja possível fabricar produtos com economia, qualidade e confiança nas características principais dos artefatos, como resistência à compressão, absorção, textura, entre outros, que estejam de acordo com as especificações da NBR 6136.

De uma forma bastante resumida, a seguir serão descritas as etapas que compõem o processo de fabricação dos blocos de concreto.

2.1 Seleção e armazenagem dos materiais constituintes

Os agregados empregados na produção de blocos são comuns aos concretos convencionais, diferenciando-se apenas no agregado graúdo, que, na maioria dos casos, é dosado com brita “0”. O cimento mais empregado para a produção destes pré-moldados é o cimento ARI, em virtude da elevada resistência inicial que proporciona, acelerando a etapa de desforma e paletização do material. Os agregados miúdos geralmente utilizados são areias média grossas especificadas pela NBR7211, de módulo de finura em torno de 3,0. Em certos casos, como na produção de blocos de vedação, onde o consumo de cimento é muito reduzido, é necessário o uso de areias finas para melhorar a coesão da mistura e sua textura superficial.

A armazenagem dos agregados deve ser feita em baías com separação bem determinada para que não haja contaminação entre os diferentes tipos de materiais utilizados. No caso da utilização de cimentos a granel, estes devem ser armazenados em silos metálicos com boa vedação e capacidade compatível com o volume de produção da fábrica. Quando utilizados em sacos, devem ser estocados sobre estrados de madeira ao abrigo de umidade e observada a altura máxima de estocagem (pilhas de até 10 sacos).

2.2 Proporcionamento

Uma vez definida a dosagem dos materiais constituintes do concreto, através de métodos específicos, como por exemplo o proposto por TANGO (1994), deve ser procedido o seu proporcionamento. Preferencialmente, é recomendável que os agregados e o cimento sejam dosados em massa, através de balanças com acionamento manual ou automático. A água deve ser adicionada em volume através de dispositivos que corrijam automaticamente a umidade do concreto (sensores acoplados no interior do misturador ou nos silos dos agregados).

2.3 Mistura

Os misturadores mais indicados para a homogeneização do concreto são os de eixo horizontal (queda livre) ou de eixo vertical (forçado). A quantidade e o tempo de permanência do concreto no misturador devem ser compatíveis com as características do próprio equipamento. Porém, deve ser ressaltado que a sua capacidade deve ser dimensionada em função da produção como um todo, de modo a evitar interrupções por falta de material.

2.4 Alimentação e Vibro-compressão

Realizada a mistura, o material é conduzido à cuba de alimentação da vibro-prensa. Esta máquina é de fundamental importância nas características das peças pré-moldadas de concreto, pois possuem a propriedade de imprimir elevado grau de compactação aos concretos “secos”, interferindo significativamente nas resistências à compressão, absorção e textura do material.

As máquinas vibro-prensas podem ser de funcionamento mecânico ou hidráulico. Elas diferenciam-se pelo grau de compactação que imprimem e sua capacidade de produção, que normalmente é medida por blocos/hora. Máquinas que permitem graus de compactação superiores são potencialmente capazes de produzir blocos e pavimentos de elevadas resistências e que podem mais facilmente atingir os outros requisitos normativos pertinentes a estes tipos de peças pré-moldadas.

O funcionamento da máquina consiste basicamente no posicionamento de uma forma sobre uma chapa metálica, sendo que sobre as mesmas desliza uma gaveta que tem como função transportar o concreto da cuba da máquina até a forma. Durante a passagem da gaveta sobre a forma são acionados agitadores e vibradores que possibilitam a alimentação e acomodação do concreto dentro da forma. A duração desta etapa é denominada tempo de alimentação/pré-vibração, que deve ser fixado de acordo com as características do equipamento e misturas empregadas. Após esta fase a gaveta é recolhida e ocorre a descida do contramolde, responsável pela compactação do material. Este processo é acompanhado de uma vibração da forma. O tempo decorrido nesta etapa é denominado tempo de vibro-prensagem e tem seu

término quando a peça atinge a altura especificada. Em seguida é realizada a desforma com a ascensão consecutiva da forma e contramolde.

2.5 Transporte, cura e armazenamento

Terminada a moldagem das peças, deve-se proceder o transporte para o local da cura. Esta operação deve ser cautelosa para evitar vibrações que possam danificar as peças recém produzidas. A cura, definida como o conjunto de procedimentos necessários à correta hidratação do cimento, dever ser preferencialmente acelerada, feita em câmaras de vapor, à temperaturas de 60 a 70°C, por no mínimo 6 horas. Neste caso, deve ser precedida de um período de descanso de 2 horas para evitar fissurações nas peças. O processo de cura é o responsável pelo ganho de resistência das peças e a diminuição de sua retração potencial. Se não for feita cura acelerada, as peças devem ser mantidas úmidas por um período de 7 dias para posteriormente ser entregue. Após a cura, as peças devem ser paletizadas e armazenadas de forma a constituírem um lay-out que facilite sua identificação e carregamento dos caminhões, que levarão o produto até as obras. A paletização facilita a operação de transporte e minimiza as quebras do produto, reduzindo os custos de reposição.

3. INFLUÊNCIA DO PROCESSO PRODUTIVO NAS RESISTÊNCIAS DOS BLOCOS DE CONCRETO

3.1 Características das máquinas vibro-prensas

Várias características ligadas ao projeto da máquina vibro-prensa podem afetar de forma significativa a resistência dos blocos produzidos. Entre elas pode-se citar: força de compressão, frequência e amplitude de vibração e posicionamento dos vibradores. Isto ocorre porque a resistência à compressão dos blocos está intimamente ligada a sua compacidade, que é conseguida através de uma perfeita adequação das características da máquina. Como exemplo deste fato, pode-se citar um estudo realizado em uma fábrica para identificar a fonte de variabilidade da resistência dos blocos estruturais de concreto de 14x19x39cm de 6MPa. Analisando-se as massas dos blocos em relação a sua posição nas chapas (figura 1), constatou-se uma diferença bastante acentuada (tabela 1 e figura 2).

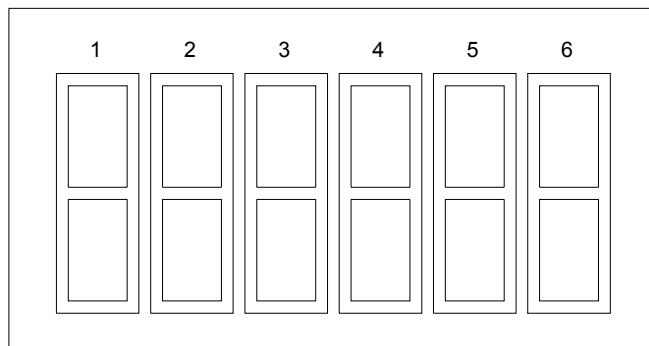


Figura 1: Posição dos blocos na chapa

Tabela 1: Massa dos blocos em diferentes chapas e posições

Chapa	1	2	3	4	5	6	Média	Sd
1	12,650	12,300	12,250	12,320	12,280	12,950	12,458	0,282
2	12,400	12,050	12,150	12,180	12,230	12,980	12,332	0,338
3	12,400	12,150	12,250	12,350	12,320	12,950	12,403	0,282
4	12,400	12,200	12,250	12,360	12,220	12,920	12,392	0,271
5	12,550	12,100	12,150	12,240	12,270	13,000	12,385	0,339
6	12,250	11,950	12,050	12,220	12,240	12,920	12,272	0,340
7	12,400	12,050	12,050	12,160	12,200	12,800	12,277	0,287
8	12,350	12,100	12,100	12,200	12,270	13,020	12,340	0,347
9	12,700	12,150	12,200	12,260	12,260	12,930	12,417	0,320
10	12,450	12,250	12,250	12,360	12,240	12,830	12,397	0,228
Média	12,455	12,130	12,170	12,265	12,253	12,930	12,367	0,298
Sd	0,138	0,103	0,082	0,077	0,034	0,069	0,080	0,035

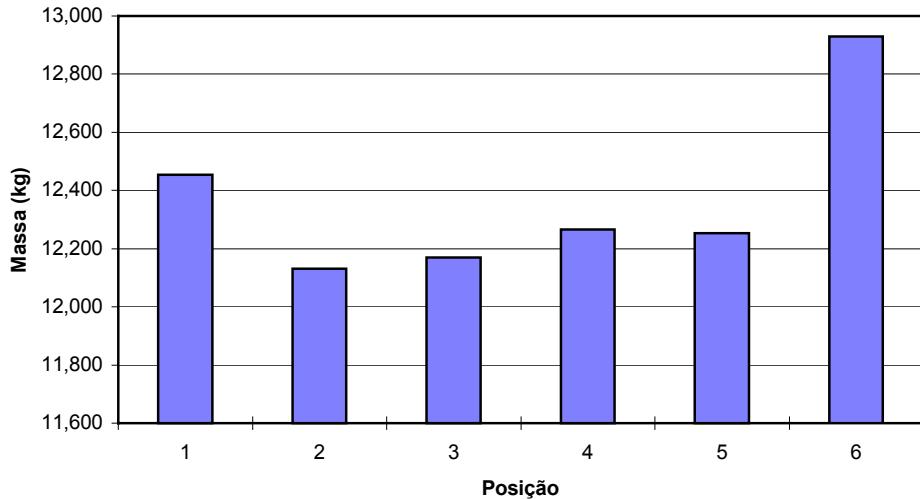


Figura 2 : Média das massas dos blocos produzidos em diferentes chapas e posições

Constatou-se que a variabilidade das massas dos blocos de uma mesma chapa era significativamente maior do que a variabilidade verificada entre os blocos de diferentes chapas, mas retirados de uma mesma posição. Isto indicou a existência de um problema de má distribuição do concreto na forma causado pelo desgaste diferencial dos coxins de apoio da mesa vibratória. Para verificar a influência desta variação de massa na resistência dos blocos, procedeu-se um programa experimental onde variou-se os traços abrangendo uma ampla faixa de resistência. Dos blocos produzidos, foram ensaiados à compressão aqueles retirados das posições 1 e 6, que proporcionaram uma variação na média das massas de aproximadamente 500 gramas. Os valores obtidos do ensaio estão apresentados na figura 3.

Constata-se que os blocos da posição 6, tanto para 7 quanto para 28 dias, apresentaram uma resistência sensivelmente superior aos blocos da posição 1 para todos os traços, confirmando que a variação de massa era a causa da variabilidade das resistências dos blocos. Depois de corrigido o problema mecânico, a diferença de massa dos blocos produzidos em diferentes posições diminuiu juntamente com a variabilidade das resistências.

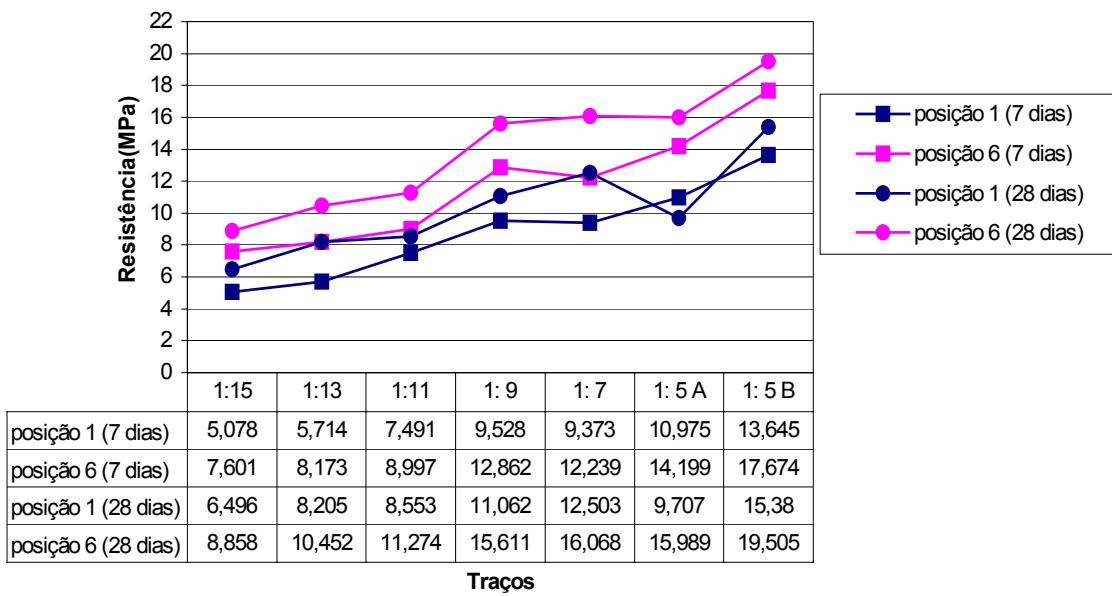


Figura 3 - Influência dos traço e das posições dos blocos na chapa sobre a resistência à compressão

3.2 Umidade do Concreto

Um dos fatores que mais influencia a resistência dos blocos de concreto é a umidade empregada durante a sua produção. Como já foi citado na introdução deste trabalho, ela é determinante do grau de compacidade que pode ser alcançado durante a vibro-prensagem do produto. Além disso, interfere no tempo de alimentação/pré-vibração do processo, ou seja, misturas mais úmidas, principalmente aquelas com alto teor de cimento, apresentam uma maior dificuldade de acomodação nas formas. Assim sendo, se o tempo de alimentação/pré-vibração não for aumentado convenientemente, haverá um decréscimo na massa dos blocos produzidos, reduzindo assim sua resistência. Resumidamente, a umidade de fabricação dos blocos deve ser a mais alta possível, compatível com o tipo de equipamento empregado, mas cuidados devem ser tomados durante a produção para proporcionar uma alimentação adequada das formas.

3.3 Tempos de alimentação/prévibração e vibro-prensagem

Como mencionado anteriormente, o abastecimento das formas dos blocos é diretamente proporcional ao tempo de alimentação/pré-vibração. Uma vez abastecida a forma e feita a rasadura pela gaveta, o material que comporá o bloco já estará definido pois o papel da vibro-prensagem será o de apenas conformar o bloco na altura desejada. Este tempo, por sua vez, sofre influência direta não só das características do material (umidade, teor de finos e granulometria dos agregados) mas também de parâmetros ligados ao funcionamento do equipamento (freqüência e amplitude de vibração, força de compressão) precisando ser estudado para cada situação específica. Uma vez fixado este tempo, e não havendo variação significativa do material da mistura, estará definido o tempo de vibro-prensagem que também depende do porte do equipamento. Na maioria das situações, este tempo poderá servir para controlar a adequação da alimentação das formas pois, se houver um decréscimo neste tempo, por exemplo, pode-se concluir que o bloco possuirá uma menor massa e, consequentemente, uma menor resistência. Os dados apresentados na Figura 4, retirados de um estudo realizado em fábrica de blocos, demonstram este fato.

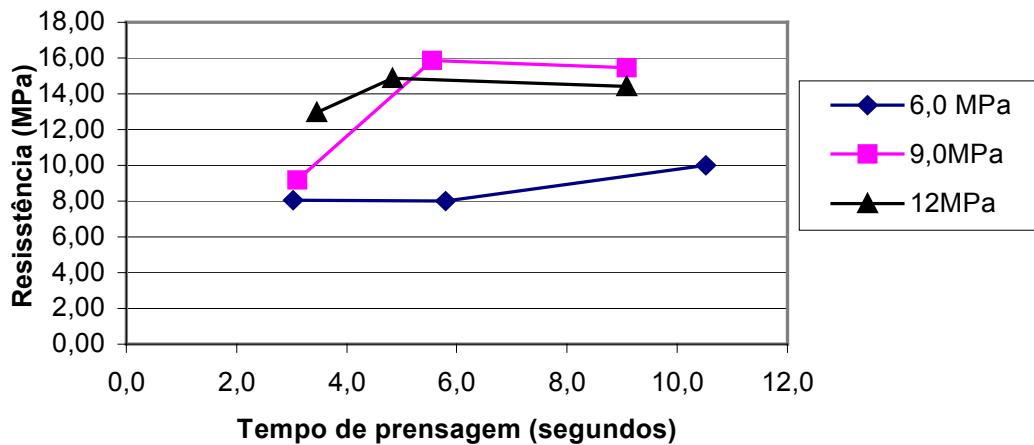


Figura 4 - Influência do tempo de vibro-prensagem na resistência dos blocos de concreto
(bloco 14x19x39 cm)

Como pode ser visto, com o aumento do tempo de vibro-prensagem, a resistência dos blocos aumentou em até 73% (bloco de 9MPa, quando o tempo de vibro-prensagem foi aumentado de 3 para 5,5 segundos). Esse comportamento foi observado para as todas séries. Além disso, observa-se que, a partir de um certo tempo, já não se obtêm ganhos significativos de resistência, ou seja, tempos muito elevados são desaconselháveis pois implicam em menor produtividade e maior desgaste do equipamento.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como pode ser visto neste trabalho, para atingir-se resistências mecânicas desejadas, o proporcionamento entre os constituintes do concreto não é o único fator a ser controlado e considerado. O conhecimento da interação entre traços e equipamento é fundamental para se garantir as resistências desejadas, com uma variabilidade baixa com uma otimização da produtividade e economia do processo. Isto é vital para a produção de blocos estruturais de concreto, que são os principais responsáveis pela segurança das construções em alvenaria estrutural.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT/NBR 6136 - Blocos Vazados de Concreto Simples para Alvenaria Estrutural - Especificação.
- HELENE, P.; TERZIAN, P. Manual de dosagem e controle do concreto. Brasília, Pini, 1993.
- MEDEIROS, J. S. Alvenaria estrutural não armada de blocos de concreto: produção de componentes e parâmetros de projeto. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – 1993.
- MEDEIROS, J. S.; DORNELLES, V.P.; FRANCO, L. S. Blocos de Concreto para alvenaria estrutural: Avaliação de parâmetros básicos para produção. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Brasil. Proceedings – 5th International Seminar on Structural Mansory for Developing Countries – Florianópolis – Brazil – 1994.
- TANGO, C. E. S. Fundamentos de dosagem de concreto para blocos estruturais IPT- São Paulo. Proceedings – 5th International Seminar on Structural Mansory for Developing Countries – Florianópolis - Brazil – 1994.

